



NUKUS BRANCH OF TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES NAMED AFTER MUHAMMAD AL- KHWARIZMI

«МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЛЕСТИРИЎ ҲАМ ИНФОРМАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ АКТУАЛ МАСЕЛЕЛЕРИ» ХАЛЫҚ АРАЛЫҚ
ИЛИМИЙ-ӘМЕЛИЙ КОНФЕРЕНЦИЯ

ТЕЗИСЛЕР ТОПЛАМЫ

Топлам №2

«МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ДОЛЗАРБ
МАСАЛАЛАРИ» ХАЛҚАРО ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАН

ТЕЗИСЛАРИ ТЎПЛАМИ

Тўплам №2

ABSTRACTS

OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
«ACTUAL PROBLEMS OF MATHEMATICAL MODELING AND
INFORMATION TECHNOLOGY»

Volume №2

ТЕЗИСЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Том №2

NUKUS, MAY 2-3, 2023



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ИМЕНИ МУХАММАДА АЛ-ХОРАЗМИЙ

НУКУССКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛ-
ХОРАЗМИЙ

«МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЛЕСТИРИЎ ХӘМ ИНФОРМАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ АКТУАЛ МӘСЕЛЭЛЕРИ» ХАЛЫҚ АРАЛЫҚ
ИЛИМИЙ-ӘМЕЛИЙ КОНФЕРЕНЦИЯ

Т Е З И С Л Е Р Т О П Л А М Ы

НӨКИС 2-3 МАЙ, 2023

«МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ДОЛЗАРБ МАСАЛАЛАРИ» ХАЛҚАРО
ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАН

Т Е З И С Л А Р И Т Ў П Л А М И

НУКУС 2-3 МАЙ, 2023

A B S T R A C T S

OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
«ACTUAL PROBLEMS OF MATHEMATICAL MODELING AND
INFORMATION TECHNOLOGY»

NUKUS 2-3 MAY, 2023

Т Е З И С Ы

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

NUKUS, MAY 2-3, 2023.

Международная научно-практическая конференция «Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий». – Нукус, Нукусский филиал ТУИТ имени Мухаммада аль-Хоразмий, 2023 г. Том №2 – 373 с.

Сборник содержит труды участников международной конференции «Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий» и предназначен для студентов, магистров, докторантов, преподавателей ВУЗов, специалистов в области математики, прикладной математики и информационных технологий.

Редакционная коллегия:

Главный редактор	– профессор, д.э.н. Б.Ш. Махкамов
Заместители главного редактора	– профессор, д.т.н. Б.Т. Каипбергенов
Ответственные секретари	– профессор, д.т.н. К.А. Ташев
	– доцент, к.т.н. Б.Ш. Айтмуратов
	– доцент, д.т.н. Р.И. Отениязов

Члены редакционной коллегии:

Садуллаев Азимбай Садуллаевич, д.ф.-м.н., академик, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Фазилов Шавкат Хайруллаевич, д.т.н., профессор, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Шадиметов Холмат Махкамбаевич, д.ф.-м.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Ашуров Равшан Раджабович, д.ф.-м.н., профессор, Институт математики имени В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Кабулов Анвар Васильевич, д.т.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Маматов Нарзулла Солиджанович, д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

Кудайбергенов Каримбай Кадирбергенович, д.ф.-м.н., профессор, Каракалпакское отделение Академия наук Республики Узбекистан, Нукус, Узбекистан

Отемуратов Байрам Пердебаевич, д.ф.-м.н., доцент, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус, Узбекистан

Утебаев Даулетбай, д.ф.-м.н., доцент, Каракалпакский государственный университет, Нукус, Узбекистан

Бурханов Шаяхмет, к.-ф.м.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Абдалиева Гулистан, к.ф.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Сейтназаров Кууаныш, д.т.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Техническая редакция:	PhD, доцент Х. Сейткамалов
	PhD, доцент Г. Джайков
	PhD, доцент А. Сеидуллаев
	PhD, доцент П. Нуримов
	PhD, доцент М. Артикбаев
	к.ф.-м.н., доцент А. Бекиев
	PhD, доцент А. Халкназаров
	PhD, доцент А. Алауатдинов

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатели

Махкамов Бахтиёр Шухратович, д.э.н., профессор, Ректор Ташкентского университета информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Каипбергенов Батырбек Тулепбергенович, д.т.н., профессор, Директор Нукусского филиала ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Сопредседатели

Ташев Комил Ахматович, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Айтмуратов Бахберген Шарипбаевич, к.т.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Отениязов Рашид Идирисович, д.т.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Члены организационного комитета

Сейткамалов Хайратдин, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Бурханов Шаяхмет, к.-ф.м.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Абдалиева Гулистан, к.ф.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Сейтназаров Кууаныш, д.т.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Абылова Гулбахар, д.п.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Файзуллаев Байрам, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Бердимбетов Тимур, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Турениязова Асия, к.ф.-м.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Арзуова Шаригул, к.э.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Алламуратов Шарапат, к.ф.-м.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Кутлимуратов Юсуп, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Кудайназарова Дилноза, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Джайков Гафур, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Алламбергенов Аймурза, к.и.н., доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Бабажанов Элмурад, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Сеидуллаев Абат, PhD, доцент, Каракалпакский государственный университет, Нукус, Узбекистан

Бегилов Бахадир, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Пиримбетов Азамат, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Артикбаев Махкам, PhD, доцент, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Ядгаров Шерзод, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Орынбаев Аймурат, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Калмуратов Бекбосын, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Сагидуллаев Нурсултан, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Жарылканов Бахтияр, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

Даулетназаров Жаксылык, Нукусский филиал ТУИТ, Нукус, Узбекистан

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Арипов Мерсаид Мирсиддинович, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Члены программного комитета

Аюпов Шавкат Абдуллаевич, д.ф.-м.н., академик, Институт математики имени В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан

Камилов Мирзоян Мирзаахмедович, д.т.н., академик, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович, д.т.н., академик, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Алимов Шавкат Арифжанович, д.ф.-м.н., академик, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Садуллаев Азимбай Садуллаевич, д.ф.-м.н., академик, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Худайберганов Гулмирза, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Азамов Абдуллажан Азамович, д.ф.-м.н., академик, Институт математики имени В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан

Игамбердиев Хусан Закирович, д.т.н., академик, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Марахимов Авазжон Рахимович, д.т.н., профессор, Термезский государственный университет, Термез, Узбекистан

Бобомуродов Озод Жураевич, д.т.н., профессор, филиал Казанского федерального университета в Джизаке, Ташкент, Узбекистан

Жабборов Насридин Мирзоодилович, д.ф.-м.н., профессор, Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, Ташкент

Фазилов Шавкат Хайруллаевич, д.т.н., профессор, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Мионов Валентин Васильевич, д.ф.-м.н., профессор, Рязанский государственный радиотехнический университет, Рязан, Россия

Мирзаев Иброхим, д.ф.-м.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Холмухаммедов Олимжон Рахимович, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Хасанов Акназар Бекдурдиевич, д.ф.-м.н., профессор, Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

Хужаяров Бахтияр Хужаярович, д.ф.-м.н., профессор, Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Алоев Рахматулло Джураевич, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Ашуров Равшан Раджабович, д.ф.-м.н., профессор, Институт математики имени В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан

Кабулов Анвар Васильевич, д.т.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Равшанов Нормакмад, д.т.н., профессор, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Шадиметов Холмат Махкамбаевич, д.ф.-м.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Нормурадов Чори Бегалиевич, д.ф.-м.н., профессор, Термезский государственный университет, Термез, Узбекистан

Зайнидинов Хакимжон Насиридинович, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Каримов Маджит Маликович, д.т.н., профессор, Агентства по оценке знаний и квалификаций при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

Азимов Бахтиёр, д.т.н., профессор, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Холмухаммедов Олимжон Рахимович, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Исмоилов Мирхалил, д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

Бегматов Акрам Хасанович, д.ф.-м.н., профессор, Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, Ташкент, Узбекистан

Имамназаров Холматжон Худайназарович, д.ф.-м.н., профессор, Институт вычислительной математики и математической геофизики, Новосибирск, Россия

Дхананжай Сингх, PhD, профессор, Hankuk University of Foreign Studies, Сеул, Корея

Фаязов Кудратилло Садридинович, д.ф.-м.н., профессор, Туринский политехнический университет в Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

Абдушукуров Абдурахим Ахмедович, д.ф.-м.н., профессор, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

Нишанов Акрам Хасанович, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Игнатъев Николай Александрович, д.ф.-м.н., профессор, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Холмуродов Абдулхамид Эркинович, д.ф.-м.н., профессор, Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан

Маматов Нарзулла Солиджанович, д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

Нуралиев Фахриддин Муродиллаевич, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Садуллаева Шахло Азимбаевна, д.т.н., профессор, Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, Ташкент, Узбекистан

Анарова Шахзода Аманбаевна, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Назирова Элмира Шодмонкуловна, д.т.н., профессор, Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Уринбаев Эркин, д.ф.-м.н., доцент, Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

Норматов Иброхим, д.ф.-м.н., доцент, Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Кудайбергенов Каримбай Кадирбергенович, д.ф.-м.н., профессор, Каракалпакское отделение Академия наук Республики Узбекистан, Нукус, Узбекистан

Отемуратов Байрам Пердебаевич, д.ф.-м.н., доцент, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус, Узбекистан

Пренов Барлыкбай Баракбаевич, д.ф.-м.н., доцент, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус, Узбекистан

НАУЧНАЯ И ТВОРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УТЕУЛИЕВА НИЕТБАЯ УТЕУЛИЕВИЧА



«Заслуженный деятель науки Республики Каракалпакстан», «Отличник народного образования Республики Каракалпакстан», доктор физико-математических наук, профессор Утеулиев Ниетбай Утеулиевич является крупнейшим ученым, широко известным специалистом в области математического моделирования и стохастической оптимизации эколого-экономических задач.

Утеулиев Ниетбай Утеулиевич родился 1 апреля 1953 года в Кунградском районе. В 1970 году он окончил среднюю школу №2 в Кунградском районе. В 1972 году он поступил на математический факультет Ташкентского государственного университета (ныне Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека), а в 1977 году окончил кафедру «Математический анализ» по специальности «Теория функций комплексного переменного».

Н.У. Утеулиев в 1977-1978 годах работал инженером-программистом в «Вычислительном центре» Статистического управления Республики Каракалпакстан.

В 1978-1982 годах работал лаборантом, затем преподавателем на кафедре «Вычислительной математики» Нукусского государственного университета. Н.У.Утеулиев был стажером - исследователем Киевского государственного университета в 1982-1984 гг.

В 1984-1987 гг. аспирантом Киевского государственного университета. В 1987 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Соотношения двойственности и условия оптимальности для некоторых задач стохастического программирования с операторными ограничениями» на Ученом совете Д068.18.10 при Киевском государственном университете имени Т.Г.Шевченко по специальности: 01.01.09 – «Математическая кибернетика». В 1988-1991 гг. - преподаватель кафедры вычислительной математики Нукусского государственного университета. В 1991-1992 гг. - доцент кафедры вычислительной математики Нукусского государственного университета.

1992-1995 гг. докторант Киевского государственного университета. В 1995 году защитил докторскую диссертацию на тему «Математические модели и методы структуризации водопользования в регионе со сложной экологической обстановкой» по специальности «Математическое моделирование и вычислительные методы в научных исследованиях» на учёном совете Д01.39.02 при Институте кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины.

Н.У.Утеулиев в 1993 году получил ученое звание доцента по специальности «Вычислительная математика», в 2006 году - ученое звание профессора по специальности «Информатика и информационные технологии».

Профессор Н.У.Утеулиев является автором более 220 научных и научно-методических работ в области математического моделирования и стохастической оптимизации эколого-экономических задач; математического моделирования, алгоритмизации и программирования; исследования и применения задач интегральной геометрии; исследования многокритериальных задач стохастического программирования. Из них 5 монографий и 15 учебных пособий, более 30 учебно-методических пособий. Под руководством проф. Н.У. Утеулиева 4 исследователя из Нукусского филиала ТУИТ и Каракалпакского государственного университета имени Бердаха защитили диссертации по специальностям: «физико-математические науки» и «технические науки» на степень доктора философии (PhD). Более 50 магистерских диссертаций было защищено в Каракалпакском государственном университете, Нукусском государственном педагогическом институте, ТУИТ и Нукусском филиале ТУИТ под руководством проф. Н.У.Утеулиева.

Н.У. Утеулиев является членом специализированных советов по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD) и доктора наук (DSc) и членом редакционной коллегии трех научных журналов:

- Член специализированного совета DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 по присуждению ученых степеней в Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека;
- Член специализированного совета DSc.03/26.05.2022.T.10.05 по присуждению ученых степеней в Ташкентском институте ирригации и инженеров механизации сельского хозяйства;
- Член научно-технического совета (НТС) по «Развитию информатизации и информационно-коммуникационных технологий» при Министерстве высшего образования, науки и инноваций;
- Член научно-технического совета (НТС) по Республике Каракалпакстан при Министерстве высшего образования, науки и инноваций»;
- Научно-методический журнал «Наука и общество», издаваемый в Нукусском государственном педагогическом институте имени Ажинияза;
- Научно-практический электронный журнал «tecНика» Навоийского горного института;
- Журнал «Вестник» Каракалпакского государственного университета имени Бердаха

Организационный комитет

СЕКЦИЯ №4. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ, МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ON AN OPTIMAL QUADRATURE FORMULA IN A HILBERT SPACE OF PERIODIC FUNCTIONS

Abdikayimov Botir

Tashkent State Transport University

e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru

The present work is devoted to construction of optimal quadrature formulas for the approximate calculation of the integrals $\int_0^{2\pi} e^{i\omega x} \varphi(x) dx$ in the Sobolev space $\widetilde{H}_2^m$. Here $\widetilde{H}_2^m$ is the Hilbert space of periodic and complex-valued functions whose m -th generalized derivatives are square integrable. Here, firstly, in order to obtain an upper bound for the error of the quadrature formula, the norm of the error functional is calculated. For this, the extremal function of the considered quadrature formula is used. Then, by minimizing the norm of the error functional with respect to the coefficients, an optimal quadrature formula is obtained. Using the explicit form of the optimal coefficients, the norm of the error functional of the optimal quadrature formula is calculated. The convergence of the constructed optimal quadrature formula is investigated and it is shown that the rate of convergence of the optimal quadrature formula is $O(h^m)$ for $|\omega| < N$ and $O(|\omega|^{-m})$ for $|\omega| \geq N$. Finally, at the end of the paper we present numerical results of comparison for absolute errors of the optimal quadrature formula with $\exp(i\omega x)$ weight in the case $m=2$ and the Midpoint formula. There one can see the advantage of the optimal quadrature formulas.

CONSTRUCTION OPTIMAL QUADRATURE FORMULA USING PHI- FUNCTION METHOD

Abduakhadov A.A.

Bukhara state university

e-mail: alibekabduaxadov@gmail.com

In the theory of quadratures, there are various methods that allow one to approximately calculate integrals using a finite number of values of a function or its derivatives. In this paper, we discuss the φ -function method for numerical integration of functions and calculate the error estimate for one optimal quadrature formula for the approximate calculation of definite integrals of these functions.

We consider the following quadrature formula

$$\int_0^1 u(x) dx = \sum_{h=1}^n A_h u(x_h) + R[u], \quad (1)$$

where A_h are coefficients and x_h are the nodes of the formula (1).

Here we construct optimal quadrature formula of the form (1) using the procedure given in the work [1]. We assume that a function $u(x)$ belongs to the Hilbert space of differentiable functions which are square integrable with second derivative and equipped with the norm

$$\|u\| = \sqrt{\int_0^1 (u''(x) + u(x))^2 dx}. \quad (2)$$

At the end of the work, we present the error estimate for the constructed optimal quadrature formula.

References

[1] Lanzara F. On optimal quadrature formulae, Journal of inequalities and applications, 2000, vol. 5, pp. 2010225.

HILBERT FAZOSIDA ALGEBRAIK-GIPERBOLIK NATURAL SPLAYNNI QURISH

Abdullayeva G.

I.V.Romanovskiy nomidagi Matematika Instituti

e-mail: gulruxshukurillayevna@gmail.com

Biror φ funksyaning taqribiy ko'rinishini biror chekli fazo elementlari yordamida topish uchun bu funksyani biror chekli sondagi $x_\beta, \beta = 0, 1, \dots, N$ nuqtalar to'plamidagi qiymatlaridan foydalanish mumkin. Bunda interpolatsiya masalasini qarash mumkin. U holda x_β interpolatsiya tugun nuqtalari deyiladi. Polinomial va splayn interpolatsiyalar mavjud. Ma'lumki polinom yordamida yaqinlashtirish ma'lum kamchiliklarigaa ega. Shuning uchun splaynlar bilan ishlashga to'g'ri keladi. Splayn funksyani amaliyotda qo'llash juda qulaydir.

Agar $[a, b]$ kesmada noma'lum φ funksyaning $x_\beta \in [a, b]$ tugun nuqtalar to'plamidagi $\varphi(x_\beta)$ qiymatlari ma'lum bo'lsa, u holda odatda φ ni interpolatsiyalovchi funksiyalar to'plamida

$$\int_a^b (g^{(m)}(x))^2 dx$$

integralga minimum qiymat beruvchi $g(x)$ funksiya bilan Sobolevning $L_2^{(m)}(a, b)$ fazosida yaqinlashtirish qaraladi. Bunda $\varphi(x_\beta) = g(x_\beta), \beta = 0, 1, \dots, N$ interpolatsiya shartlari. Bu yerda $L_2^{(m)}(a, b)$ bu m -tartibli hosilasi kvadrati bilan integrallanuvchi funksiyalar fazosi. Yuqoridagi masalaning yechimi $x_0, x_1, \dots, x_N$ nuqtalar uchun $(2m-1)$ darajali interpolatsion natural D splayndir. Bu masala dastlab $m=2$ hol uchun Holladay tomonidan yechilgan va bu yechim natural kubik splayn ekanligi ko'rsatilgan. Holladayning natijasi C. de Boor tomonidan $m \geq 2$ hol uchun umumlashtirilgan.

Ushbu ishda biz quyidagi Hilbert fazosini qaraymiz

$$K_2(P_3) = \{ \varphi : [0,1] \rightarrow R, \varphi'' - \text{absolyut uzluksiz va } \varphi''' \in L_2(0,1) \}.$$

Ushbu fazoda funktsiyaning normasi quyidagicha aniqlangan

$$\| \varphi \|_{K_2(P_3)} = \left(\int_0^1 (\varphi'''(x) - \omega^2 \varphi'(x))^2 dx \right)^{1/2}, \quad (1)$$

Bu yerda $\omega \in R, \omega \neq 0$ hamda $\int_0^1 (\varphi^{(3)}(x) - \omega^2 \varphi'(x))^2 dx < \infty$. Ushbu Hilbert fazosining har bir elementlari bu biri ikkinchisidan o'zgarmas son va $\text{sh}(\omega x)$, $\text{ch}(\omega x)$ larning chiziqli kombinatsiyasiga farq qiluvchi φ funktsiyalarning ekvivalent sinflaridan iborat. Xususan, bu fazoning nol elementi ushbu

$$O(x) = p_0 + C_1 \text{sh}(\omega x) + C_2 \text{ch}(\omega x)$$

ko'rinishida bo'ladi.

Ushbu fazoda biz quyidagi interpolatsiya masalasini qaraymiz.

1-masala. $K_2(P_3)$ fazosida (1) normaga minimum beruvchi va

$$S_3(x_\beta) = \varphi(x_\beta), \beta = 0, 1, \dots, N$$

Interpolatsiya shartlarini qanoatlantiruvchi $S_3(x)$ funktsiyani toping.

Ushbu masalaning yechimi uchun quyidagi analitik formula o'rinni

$$S_3(x) = \sum_{\gamma=0}^N C_\gamma G_3(x - x_\gamma) + e_1 \text{sh}(\omega x) + e_2 \text{ch}(\omega x) + p_0, \quad (2)$$

bunda $C_\gamma, \gamma = 0, 1, \dots, N, e_1, e_2, p_0$ lar haqiqiy sonlar va $G_3(x)$ bu

$\frac{d^6}{dx^6} - 2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{d^4}{dx^4} + \omega^4 \cdot \frac{d^2}{dx^2}$ operatorning fundamental yechimi.

1-masalaning $S_3(x)$ ko'rinishdagi yechimi $N \geq 2$ da yagona bo'lib, uning koeffitsientlari quyidagi sistemaning yechimidir

$$\begin{cases} \sum_{\gamma=0}^N C_\gamma G_3(x - x_\gamma) + e_1 \text{sh}(\omega x) + e_2 \text{ch}(\omega x) + p_0 = \varphi(x_\beta), \beta = 0, 1, \dots, N, \\ \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda \text{sh}(\omega x_\gamma) = 0, \\ \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda \text{ch}(\omega x_\gamma) = 0, \\ \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda = 0. \end{cases}$$

Ushbu ushda biz oxirgi sistemaning yechimi uchun analitik formulalar olamiz. Natijada (1) normaga minimum beruvchi (2) ko'rinishdagi natural splayn uchun oshkor ko'rinishni olamiz. Hosil qilingan natural splay o'zgarmas son va $\text{sh}(\omega x)$, $\text{ch}(\omega x)$ giperbolik funktsiyalarning har qanday chiziqli kombinatsiyasiga aniq bo'ladi. Bunday splaylar algebraik-giperbolik splaylar deyiladi va amaliy masalalarda juda keng qo'llaniladi. Bunday splaynlarning yaqinlash tartibi $O(h^3)$ ga tengdir.

TAQSIMOT FUNKSIYASINING TURLI BAHOLARINI TAQQOSLASH

¹Abdushukurov A.A., ²Bozorov S.B., ³Sagidullayev K.S.

¹Moskva davlat universiteti Toshkent shahridagi filiali

²Gulistan Davlat Universiteti

³Toshkent Kimyo xalqaro universiteti

e-mail: a_abdushukurov@rambler.ru

$X_1, X_2, \dots$ va $Y_1, Y_2, \dots$ bog'liq bo'lmagan bir-xil taqsimlangan tasodifiy miqdorlar ketma-ketligi bo'lib, ularning taqsimot funksiyalari (*t.f.*) mos ravishda uzluksiz F va G lar bo'lsin. Bu yerda biz X ning taqsimot funksiyasi F ni baholashimiz kerak. Ammo Y o'zining G taqsimot funksiyasi bilan bizga halaqit beradi. F ni baholashimiz uchun quyidagi tanlanmani tuzib olamiz:

$$C^{(n)} = \{(Z_j, \delta_j), 1 \leq j \leq n\},$$

bu yerda n -tanlanma hajmi, $Z_j = \min(X_j, Y_j)$ va $\delta_j = I(X_j \leq Y_j) = I(Z_j = X_j) - (I(A) - A \text{ hodisaning indikatorini})$. Tanlanmaning tuzilishidan tushunarliki:

- Agar $X_j \leq Y_j$ bo'lsa, ya'ni $Z_j = \min(X_j, Y_j) = X_j$ bo'lganda $\delta_j = 1$ bo'ladi va biz X ni kuzata olamiz;
- Agar $Y_j \leq X_j$ bo'lsa, $Z_j = \min(X_j, Y_j) = Y_j$ va $\delta_j = 0$ bo'ladi. Bu esa senzurlanishli holat bo'ladi.

Shu sababli kuzatilayotgan $C^{(n)}$ tanlanmada bizni qiziqtirayotgan X_j larning soni tasodifiy, ya'ni $\nu_n = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n$ tasodifiy sondagi 1 larning yig'indisi bo'lganda bu **Binomial** taqsimotga ega bo'lgan tasodofiy miqdordir.

Demak (Z_j, δ_j) juftliklardan iborat bo'lgan $C^{(n)}$ tanlanmada F ni baholashdan iborat bo'ladi.

Kaplan va Meier [1] birinchi bo'lib F ning **Product – Limit (PL)** bahosini taklif qilgan:

$$F_n^{PL}(t) = \begin{cases} 1 - \prod_{\{j: Z_{(j)} \leq t\}} \left(1 - \frac{\delta_{(j)}}{n - j + 1}\right), & t \leq Z_{(n)}, \\ 1, & t > Z_{(n)}, \quad \delta_{(n)} = 1, \\ \text{aniqlanmagan}, & t > Z_{(n)}, \quad \delta_{(n)} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Bu yerda $Z_{(1)} \leq Z_{(2)} \leq \dots \leq Z_{(n)}$, $Z_{(j)}$ – tartiblangan statistika, $\delta_{(j)}$ – har bir $Z_{(j)}$ ga mos kelgan $\{(Z_{(j)}, \delta_{(j)}); 1 \leq j \leq n\}$ indikatoridir.

A. A. Abdushukurov F uchun boshqa, **Relativ-Risk Power (RRP)** bahosini taklif qilgan [2, 3]:

$$F_n^{RRP}(t) = 1 - \left(1 - H_n(t)\right)^{R_n(t)} = \begin{cases} 0, & t < Z_{(1)}, \\ 1 - \left(\frac{n-j}{n}\right)^{R_n(t)}, & Z_{(j)} \leq t < Z_{(j+1)}, \quad 1 \leq j \leq n-1, \\ 1, & t \geq Z_{(n)}, \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda $H_n(t) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I(Z_j \leq t)$, $t \in \mathbb{R}^1 \equiv (-\infty; +\infty)$ empirik taqsimot funksiya. $H(t)$ ning empirik bahosi. $R_n(t) = (\Lambda_n(t))^{-1} \cdot \Lambda_{1n}(t)$ va $R(t) = (\Lambda(t))^{-1} \cdot \Lambda_1(t)$, $t \in \mathbb{R}^1$. $R_n(t)$ esa $R(t)$ ning relativ-risk funksiyasi bahosi.

Abdushukurov-Cheng-Lin (ACL) bahosi:

$$F_n^{ACL}(t) = 1 - \left(1 - H_n(t)\right)^{p_n}, t \in \mathbb{R}^1, \quad (3)$$

bo'lib, $p_n = \frac{V_n}{n}$ ifoda $p = P(\delta_j = 1)$ ehtimollikning bahosi bo'lib, relativ-risk funksiyasi $R(t) \equiv p$ o'zgarmas bo'lgan holdir $p = \Lambda_1(t) \cdot \Lambda^{-1}(t)$, $t \in \mathbb{R}^1$.

Quyida zenzurlanishga uchramagan tanlanmalarning qiymatini hisobga olgan holdagi shartli ehtimolligi

$$p(t) = P(\delta_j = 1 / Z_j = t) = E[\delta_j / Z_j = t], t \in \mathbb{R}^1, \quad (4)$$

muhim funksiya bo'lib, bu PHM da o'zgarmas $p(t) = \frac{1}{1+\beta}$, $t \in \mathbb{R}^1$ bo'ladi. (4)

funksiya integral intensivlik funksiyasi Λ_1 ni Λ orqali ifodalaydi:

$\Lambda_1(t) = \int_{-\infty}^t p(u) d\Lambda(u)$, $t \in \mathbb{R}^1$. Buni e'tiborga olgan holda quyidagi ko'rinishdagi

relativ-risk funksiyasiga ega bo'lamiz: $R(t) = \frac{\Lambda_1(t)}{\Lambda(t)} = \frac{\int_{-\infty}^t p(u) d\Lambda(u)}{\Lambda(t)}$, $t \in \mathbb{R}^1$. (4)

ehtimollik Z_j ning δ_j ga regressiyasidir. Shunday ekan, uni ba'zi regressiya statistikolari yordamida baholab olinishi mumkin. Biz quyidagi Nadaraya [4] va Uotson [5] ning noparametrik regressiya bahosini qo'lladik:

$$p_n(t) = \left[\frac{1}{nh(n)} \sum_{j=1}^n k\left(\frac{t - Z_j}{h(n)}\right) \right]^{-1} \cdot \left[\frac{1}{nh(n)} \sum_{j=1}^n \delta_j k\left(\frac{t - Z_j}{h(n)}\right) \right], \quad (5)$$

bu yerda $p_n(t)$ baho $p(t)$ ning yadroviy-silliqlangan regressiya bahosini aniqlaydi. $k(t)$ – biror tanlangan zichlik funksiyasi va $\{h = h(n), n \geq 1\}$ – manfiy bo'lmagan va $n \rightarrow \infty$ da nolga intiluvchi sonlar ketma-ketligidir (oyna kengligi). Product – Limit bahosidagi $\delta_{(j)}$ ni (5) ning berilgan nuqtadagi qiymati bilan almashtirish natijasida olingan:

Yadroviy-Silliqlangan Regressiya (PR) bahosi:

$$F_n^p(t) = 1 - \prod_{\{j: Z_{(j)} \leq t\}} \left(1 - \frac{p_n(Z_{(j)})}{n - j + 1} \right), t \in \mathbb{R}^1. \quad (6)$$

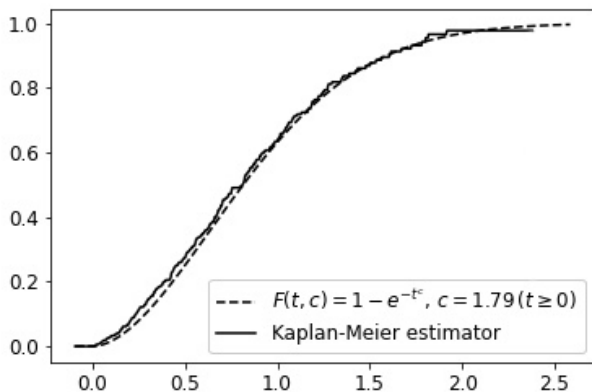
Presmoothed Relative-Risk Power (PRRP) bahosini taklif qilamiz:

$$F_n^{PRRP}(t) = 1 - \left(1 - H_n(t)\right)^{R_n^p(t)} = \begin{cases} 0, & t < Z_{(1)}, \\ 1 - \left(\frac{n-j}{n}\right)^{R_n^p(t)}, & Z_{(j)} \leq t < Z_{(j+1)}, \quad 1 \leq j \leq n-1, \\ 1, & t \geq Z_{(n)}, \end{cases} \quad (7)$$

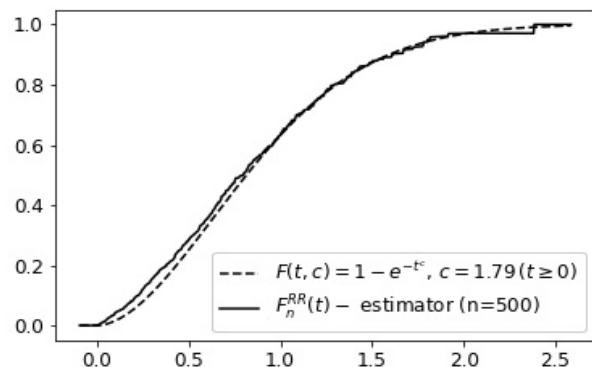
bu yerda $R_n^p(t) = (\Lambda_n(t))^{-1} \cdot \Lambda_{1n}^p(t) = (\Lambda_n(t))^{-1} \cdot \int_{-\infty}^t p_n(u) d\Lambda_n(u), t \in \mathbb{R}^1$, $R_n(t)$ bahosining qisman oldindan silliqlangan analogi. (4) funksiya o'rniga uning silliqlangan (5) bahosini olish natijasida kelib chiqdi.

Baholarni sonli tadqiq qilish

Biz ushbu Relativ-Risk Power bilan Product – Limit bahosini taqqoslab ko'ramiz. Buning uchun python programmalash tili yordamida senzurlanish bo'lgan tanlanma hosil qilib olamiz. Bosh to'plam taqsimoti sifatida $F(t, c) = 1 - e^{-t^c}$, $c = 1.79 (t \geq 0)$ ni tanlab, undan hajmi $n = 500$ bo'lgan tanlanma olamiz. Bu tanlanmani o'ng tomondan $G(t) = 1 - e^{-t} (t \geq 0)$ taqsimot funksiyaga ega bo'lgan tanlanma yordamida senzurlaymiz. Hosil bo'lgan tanlanma 47% senzurlanish darajasiga ega bo'ldi. Endi hosil bo'lgan tanlanma yordamida quyidagi chizmalarni chizib olamiz:



Rasm1: Product – Limit bahosi



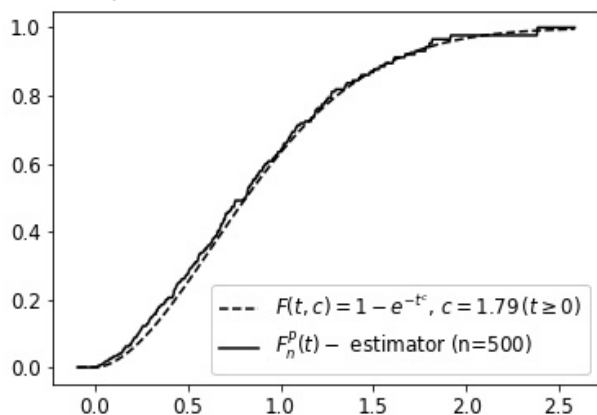
Rasm2: Relativ-Risk Power bahosi

Rasmdagi uzuk-uzuk chiziq nazariy $t.f.$ $F(t; c)$ va qora chiziq bilan Product – Limit bahosi ko'rsatadi (1-rasm). Ushbu bahoning bir kamchiligi shundaki, bu so'nggi nuqtada sezuvchan emas va u 1 ga yetib kelmaydi. Endi Abdushukurov tomonidan taklif etilgan (2) bahoni chizamiz. Rasmda uzuk-uzuk chiziq bilan nazariy $t.f.$ $F(t, c)$, qora chiziq bilan Relativ-Risk Power bahosi ko'rsatadi. Bu baho esa butun to'g'ri chiziqda aniqlangan (2-rasm). Chizilgan grafiklardan ko'rinib turibdiki, ikkala baho ham juda yaxshi. Ammo amalda grafikada qaysi baho yaxshiroq ekanligini ko'rish uchun $\sum_{i=1}^{n-1} (F_n(Z_i) - F(Z_i))^2$ yig'indisini o'rganamiz. Buning uchun tegishli jadvallarni tuzamiz.

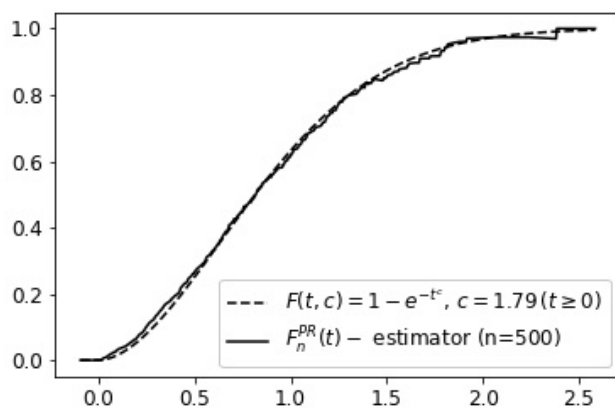
Summa	$\sum_{i=1}^{n-1} (F_n^{PL}(Z_i) - F(Z_i))^2$	$\sum_{i=1}^{n-1} (F_n^{RRP}(Z_i) - F(Z_i))^2$	Yaqinligi
-------	---	--	-----------

Qiymati	0.204858	0.123901	0.604814
---------	----------	----------	----------

Yuqoridagi jadvaldan Abdushukurov tomonidan taklif qilingan Relativ–Risk Power baho (2) *t.f.* $F(t,c)$ ga yaqinroq ekan. Endi biz (6) va (7) darajali baholarni hisoblaymiz.



Rasm 3: F_n^p – bahosi



Rasm 4: F_n^{PRRP} – Presmoothed Relative-Risk Power bahosi

Grafiklardan ko‘rinib turibdiki, (3-, 4-rasm) tsenzuraning yuqori darajasiga qaramay, ikkala baho ham nazariy *t.f.* $F(t,c)$ ga juda yaqin ekan. Quydagi jadval baholar aslida oyna kengligiga tanlangan qiymatiga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

Tarmoqli kengligi	$\sum_{i=1}^{n-1} (F_n^p(Z_i) - F(Z_i))^2$	$\sum_{i=1}^{n-1} (F_n^{PRRP}(Z_i) - F(Z_i))^2$	Yaqinligi
$h(n) = 1/\sqrt{n}$	0.294402	0.277757	0.943462
$h(n) = 1/\sqrt[3]{n}$	0.23152	0.210734	0.910219
$h(n) = 1/\sqrt[5]{n}$	0.181307	0.178650	0.985345

Oxirgi hisoblardan, F_n^{PRRP} – baho F_n^p – dan yaxshiroq ekan.

Mualliflarni O‘zbekiston-Hindiston Qo‘shma ilmiy loyihasi qo‘llab-quvvatlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] E. L. Kaplan and P. Meier, “Nonparametric estimation from incomplete observation,” J. Am. Stat. Assoc. **53**, 457-481 (1958).
- [2] A. Abdushukurov, “Nonparametric estimation of the distribution function based on relative-risk function,” Commun. Stat.: Theory Meth. **27**, 1991-2012(1998).
- [3] A. Abdushukurov, “On nonparametric estimation of reliability indices by censored samples,” Theory Probab. Appl. **43**, 3-11 (1999).
- [4] E.A. Nadaraya, “On estimating regression,” Probab. Theor. Relat. Fields **61**, 405-415 (1964).

[5] G.S. Watson, "Smooth regression analysis," Sankhya, Ser. A **26**, 359-372 (1964).

OPTIMAL QUADRATURE FORMULAS WITH DERIVATIVE FOR HADAMARD TYPE HYPERSINGULAR INTEGRALS

Akhmedov D.M.

V.I.Romanovskiy Institute of mathematics, Uzbekistan Academy of Sciences
e-mail: dilshodaxmedov@gmail.com

There are many problems, both in physics and technology, and directly in various sections of mathematics, the solution of which requires to calculate hypersingular integrals. Since direct computations of such integrals is possible only in exceptional cases, it becomes necessary to develop new approximate methods. This paper is devoted to construction of an approximate method for calculating hypersingular integrals. Particular attention is paid to investigation of connection between methods for calculating singular and hypersingular integrals.

We consider the following hypersingular integral

$$Hf = \int_a^b \frac{f(x)dx}{(x-t)^p}, \quad a < t < b, p = 2, 3, \dots \quad (1)$$

We construct an optimal quadrature formula for approximate integration of the integral (1) for the case $a = 0, b = 1, p = 2$. In this case integral (1) becomes as follows

$$I(f, t) = \int_0^1 \frac{f(x)dx}{(x-t)^2}, \quad 0 < t < 1, \quad (2)$$

where its kernel has a higher order singularity than the dimension of the integral. A sufficient condition for f to be finite-part integrable is that the derivative of f is a Holder continuous function.

Several methods are developed for calculation of the hypersingular integrals. They are the Gaussian method, the Newton-Cotes method, the transformation method and other numerical quadrature methods. If the function f is smooth enough, the Gaussian method and the transformation method are efficient. However, in many physical applications hypersingular integral equations coupled with some domain equations are required to be solved, where f is less smooth or even unknown. Since the integrals are often approximated at Gaussian points, to use of the Gaussian method is restricted by the mesh selection. The Newton-Cotes method is invalid when the singular point is close to the nodes of quadrature formula. It is even totally invalid if the singular point coincides with the nodes. The analysis show that the mesh selection significantly influences the accuracy of the integral. In the early stage, many researchers selected meshes very carefully to make sure that the singular point is located at the center of some subinterval. One of the best algebraic approximate methods of the hypersingular integral is cubic spline method. In paper [1], it was presented a cubic spline rule for evaluation of the Hadamard finite-part integral. Both theoretical analysis and numerical experiments confirm that the error estimate has the same order with the Hermite

rule, while the cubic spline rule requires no information about the derivatives of the integrand functions. Here was obtained the superconvergence rate of the cubic spline rule. At the non-superconvergence point, the convergence order is $O(h^3)$. But this method is not an optimal approximation technique. In the present paper, an optimal quadrature formula in the space $L_2^{(m)}(0,1)$ is constructed. It should be noted that, in particular, when $m=2$ from our results we get the results of [1].

References

[1]. Gu Gendai, An Sheng, Zhao Meiling, The cubic spline rule for the Hadamard finite-part integral on an interval. Numer. Math. Theor. Math. Appl. vol 12, 2019, pp. 906-922.

ON THE BEHAVIORS OF SOLUTIONS OF A NONLINEAR DIFFUSION SYSTEM WITH A SOURCE AND NONLINEAR BOUNDARY CONDITIONS

¹Alimov A. A., ²Urunbaev J.E.

¹National university of Uzbekistan

²Tashkent branch of the G.V. Plekhanov Russian University of Economics

e-mail: akram.alimov18@gmail.com, jasururunbayev@gmail.com

1. Introduction. In this article, it is dealt with the doubly degenerate parabolic equations with the source.

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \right|^{m-1} \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \right) + u_i^{p_i}, \quad x \in R^+, t > 0, i = 1, 2 \quad (1)$$

coupled through nonlinear boundary flux.

$$-\left| \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \right|^{m-1} \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \Big|_{x=0} = u_{3-i}^{q_i}(0, t), \quad t > 0, i = 1, 2 \quad (2)$$

where $m > 1, k \geq 1$ and $q_i, p_i > 0$ are numerical parameters. The following initial data should be taken into account

$$u_i|_{t=0} = u_{i0}(x), \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

moreover, they are expected to be continuous, non-negative, and compact in R_+ .

Parabolic equations with nonlinearity (1.1) are found in population dynamics, heat transfer, chemical reactions and so forth. The functions $u_1(t, x)$, $u_2(t, x)$ serve as two populations' densities in terms of biology while a migration progresses or the thickness of two types of chemical reagents within a chemical process and two different types of materials' temperatures during propagation. Most of all, equations (1.1) can be used to characterize unsteady flows in a liquid medium with a power-law dependence of shear stress on displacement velocity under polytropic conditions.

It has already established that the local existence of weak solutions for the problem (1.1)-(1.3) is determined by the usual integration method and can be

easily established as well as the comparison principle (review [9-13] and books [1-5]).

Global existence and blow-up conditions of nonlinear parabolic systems are intensively studied. (see [1-3, 5, 11] and references therein). In particular, there is a great interest in critical Fujita exponents for various non-linear parabolic equations in mathematical physics. (see [3, 10, 11, 13] and references therein).

This article was inspired by the aforementioned works and has two goals. In order to determine the (1.1)–(1.3) system's critical global existence curve, firstly one should to build the self-similar super- and subsolutions. On the other hand, with the help of some fresh findings, the critical curve of the Fujita type is hypothesized. Being faced with a system as opposed to a single equation compels us to create some novel strategies.

Degenerate equations don't necessarily need to have classical solutions, as is common knowledge. As a result, its solution is comprehended in a broad way, see [7].

Definition. $u(x, t)$ is seen as the inadequate remedy function for (1.1) – (1.3)

in $\Omega = \{(0, +\infty) \times (0, T)\}$, if $0 \leq u_i(x, t) \in C(\Omega)$, $\left| \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \right|^{m-1} \frac{\partial u_i^k}{\partial x} \in C(\Omega)$, $i = 1, 2$ and if it

complies with (1.1)-(1.3) in the sense of distribution in Ω , where $T > 0$ is the longest possible time, see [6].

Main results. This paragraph is intended to build self-similar sub- and super-solutions to (1.1)-(1.3), to establish the theorems of Global existence and nonexistence solutions. The first theorem is about the conditions in which the problem (1.1)-(1.3) has the global solution. The global existence of solution draws conclusions from the comparison principle.

Theorem 1. If $q_1 q_2 \leq \left(\frac{m}{m+1} \right)^2 (k+1-p_1)(k+1-p_2)$, then every nonnegative solution of the problem (1.1)-(1.3) is global in time.

Remark 1. Theorem 1 demonstrates that $q_1 q_2 = \left(\frac{m}{m+1} \right)^2 (k+1-p_1)(k+1-p_2)$ is crucial global existence of the problem (1.1)-(1.3)

Theorem 2. If $0 < p_i \leq 1$ and $q_i \geq \frac{m(p_{3-i}-1)(p_i+k)}{(p_i-1)(m+1)}$ or $p_i > 1$ and $q_i \leq \frac{m(p_{3-i}-1)(p_i+k)}{(p_i-1)(m+1)}$ then, each of the solutions to (1.1)–(1.3) blows up.

It is accomplished to acquire the diffusive system's solution of the type Zeldovich-Barenblatt. It is demonstrated that the nonlinear diffusion issue characterized that global solutions may not exist for degenerate parabolic systems coupled via nonlinear boundary conditions for specific values of numerical parameters. Using the comparison approach, it is possible to study the finite speed properties of the problem diffusion with a source.

REFERENCES

- [1] Samarskii A A, Galaktionov V A, Kurdyumov S P, Mikhailov A P. Blow-up in Quasilinear Parabolic Equations. Berlin: Walter de Gruyter, 1995
- [2] Wu Z Q, Zhao J N, Yin J X, Li H L. Nonlinear Diffusion Equations. River Edge, NJ: World Scientific Publishing Co Inc, 2001
- [3] Kalashnikov A S. Some problems of the qualitative theory of nonlinear degenerate parabolic equations of second order. Uspekhi Mat Nauk, 1987, 42: 135–176; English transl: Russian Math Surveys, 1987, 42: 169–222
- [4] Deng K, Levine H A. The role of critical exponents in blow-up theorems. The sequel J Math Anal Appl, 243, 2000, 85-126.
- [5] Galaktionov V A, Levine H A, On critical Fujita exponents for heat equations with nonlinear flux conditions on the boundary. Israel J Math, 1996, 94: 125–146
- [6] Z.R.Rakhmonov, A.I.Tillaev, On the behavior of the solution of a nonlinear polytropic filtration problem with a source and multiple nonlinearities. Nanosystems: Physics, Chemistry
- [7] Rakhmonov Z.R., Khaydarov A., Urunbaev J.E. Global Existence and Nonexistence of Solutions to a Cross Diffusion System with Nonlocal Boundary Conditions. Mathematics and Statistics 8.4 (2020) 404 - 409. doi:10.13189/ms.2020.080405.
- [8] Rakhmonov Z. On the properties of solutions of multidimensional nonlinear filtration problem with variable density and nonlocal boundary condition in the case of fast diffusion // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics 2016, 9(2), 236-245.
- [9] Zhaoyin Xiang, Chunlai Mu and Yulan Wang. critical curve of the non-newtonian polytropic filtration equations coupled via nonlinear boundary flux. Rocky mountain journal of mathematics. Number 2, Volume 39, 2009
- [10] Levine H A. The role of critical exponents in blow up theorems. SIAM Rev, 32, 1990, 262–288
- [11] Li Z P, Mu C L, Cui Z J. Critical curves for a fast diffusive polytropic filtration system coupled via nonlinear boundary flux. Z angew Math Phys, 2009, 60: 284–296
- [12] Chen Botao, Mi Yongsheng, Mu Chunlai. Global existence and nonexistence for a doubly degenerate parabolic system coupled via nonlinear boundary flux. Acta Mathematica Scientia, 31B(2), 2011, 681–693.
- [13] Yongsheng Mi, Chunlai Mu, and Botao Chen. Critical exponents for a doubly degenerate parabolic system coupled via nonlinear boundary flux. J. Korean Math, No. 3, 48 (2011), pp. 513–527

QOZOQ VA O'ZBEK TILLARI SIFATLARINING ONTOLOGIK MODEL I

Allaberdiyev B.B., Raxmonov Z.R.

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti

e-mail: allaberdiyev_91@mail.ru , zraxonov@inbox.ru

Qozoq va o'zbek tillarida sifatdoshlarning yasalishi bosh sifatlarga kuchaytiruvchi bo'g'in qo'shish orqali yasaladi. Qozoq va o'zbek tilida kuchli harf “-” belgisi bilan ajratilib yoziladi[2-3].

Kelishuv: Avval qozoq va o'zbek tillardagi sifatlar qoidalarini rasmiylashtirish uchun quyidagi yozuvlarni (notatsiyalarni) kiritamiz:

V_k – qozoq tilining unli tovushlari to'plami

V_u – o'zbek tilining unlilar to'plami;

C_k – qozoq tilining undoshlari to'plami;

C_u – o'zbek tilining undoshlar to'plami;

A_k – qozoq tilining sifatlar to'plami;

A_u – o'zbek tilining sifatlar to'plami;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – qiymatlari qozoq yoki o'zbekcha “.” harflarini birlashtirish orqali hosil qilingan uzunlikdagi 1 dan katta ketma-ketliklar bo'lgan o'zgaruvchilar;

Υ – tanlash (ajratish) operatsiyasi..

Ushbu belgidan foydalanib, biz tabiiy tilda quyidagi qoidalarga muvofiq rasmiy qoidalarini $\frac{A}{B}$ ketma-ketlik shaklida yozamiz.

1-qoida qozoq tili uchun. Asosiy sifat unli bilan boshlansa, sifatning ortirma shaklida birinchi unlining birinchi unlisidan keyin **п** undoshi va “-” defis qo'yiladi.

$$\frac{\delta \in A_k, \delta = \alpha \cdot \beta, \alpha \in V_k}{\alpha \cdot \text{п} \cdot - \cdot \delta \in A_k};$$

1-qoida o'zbek tili uchun. Asosiy sifat unli bilan boshlansa, sifatning ortirma shaklida sifat birinchi unlisidan keyin **ppa** undoshi va “-” defis qo'yiladi.

$$\frac{\delta \in A_u, \delta = \alpha \cdot \beta, \alpha \in V_u}{\alpha \cdot \text{ppa} \cdot \delta \in A_u};$$

1-misol, chap tomonda qozoq tili, o'ng tomonda o'zbek tili:

01X!((01p)-X)-**ап**-ащы 01X!((01p)X)-**appa**-achchiq

01X!((01p)-X)-**ап**-аз 01X!((01p)X)-**oppa**-oz

01X!((01p)-X)-**ұп**-ұзын 01X!((01p)X)- **uppa**-uzun

01X! ((01p)-X)-**ып**-ыстық 01X!((01p)X)-**ippa**-issiq

02X! ((02p)-X)-**еп**-ескі 02X! ((02p)X)-**eppa**-eski

02X! ((02p)-X) - **үп**-үлкен 02X! ((02p)X)-**oppa**-og'ir

2-qoida qozoq tili uchun. Agar qozoq tilida asosiy sifat undosh bilan boshlansa, sifatning ortirma shaklida birinchi ikki harfdan keyin “p” undoshi qo'shiladi.

$$\frac{\delta \in A_k, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, \alpha \in C_k, \beta \in V_k}{\alpha \cdot \beta \cdot \text{п} \cdot - \cdot \omega \in A_k};$$

2-qoida o‘zbek tili uchun. Agar o‘zbek tilda sifat undosh bilan boshlansa, sifat birinchi unlisidan keyin **p, m, s** undoshlaridan biri qo‘shiladi.

$$\frac{\delta \in A_u, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, \alpha \in C_u, \beta \in V_u}{\alpha \cdot \beta \cdot (p \vee m \vee s) \cdot \omega \in A_u};$$

2- misol, chap tomonda qozoq tili, o‘ng tomonda o‘zbek tili:

0301X!((0301p)-X)- моп -момын	0301X!((0301p)X)- mup -muloyim
0602X!((0602p)-X)- бип -биік	0602X!((0602m)X)- ko‘m -ko‘k
0601X!((0601p)-X)- дап -дайын	0601X!((0601p)X)- tap -tayyor
0602X!((0602p)-X)- дәп -дәл	0602X!((0602m)X)- dum -dumaloq
0701X!((0701p)-X)- жап -жаңа	0702X!((0702p)X)- yap -yangi
0702X!((0702p)-X)- жіп -жіңішке	0702X!((0702m)X)- yam -yashil
0702X!((0702p)-X)- жеп -жеңіл	0702X!((0702p)-X)- yep -yengil
1101X!((1101p)-X)- тап -таза	1101X!((1101p)X)- top -toza
1101X!((1101p)-X)- сап -сары	1101X!((1101p)X)- sap -sariq

Xulosa: Qozoq va o‘zbek tillarini kompyuterda qayta ishlash uchun yaratilgan ontologik modellar ikki turkiy tilni qiyosiy o‘rganishda muhim qadamdir. Bir-biriga o‘xshash qozoq va o‘zbek tillarining morfologiyasi, sintaktik tuzilishi va ma’nolarini o‘rganish va qiyoslash natijalari mashina tarjimasiz tizimi va tabiiy tilni qayta ishlash tizimlarini yaratish uchun foydalidir.

Tillar o‘rtasidagi o‘xshashliklar bir tilni kompyuterlashtirishda hal etilmagan muammolarni boshqa tildagi yutuqlar bilan to‘ldirishga yordam beradi va birgalikda ishlash, tillar o‘rtasidagi farqlarni aniqlay olish boshqa tilda bunday usulni amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Tilning o‘ziga xos xususiyatlariga ko‘ra bir tilda amalga oshirib bo‘lmaydi.

Ushbu ish natijalari NLP muammolarini hal qilish uchun ishlatilishi mumkin, masalan, o‘quv tizimlarida, ma’lumot qidirish tizimlarida, savol-javob tizimlarida, mashina tarjimasida, qozoqcha-o‘zbekcha matnni avtomatik umumlashtirishda, shuningdek, ma’lumot-ma’lumotnoma va morfologik va sintaktik qoidalarining ontologik modellarini yaratishda turkiy tillar bilan bir qatorda o‘quv tizimlaridan ham foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Sharipbay A., Bekmanova G. Turkiy tilning so‘z shakllarining semantik neyron tarmoqlar yordamida sintezi. Amaliy matematika va axborot texnologiyalarining zamonaviy muammolari: tezislari - Al Xorazmiy, 2009.- B.145.
- [2] Qozoq tili grammatikasi. Fonetika, so‘z yasalishi, morfologiya, sintaksis, Ostona, 2002. – 784 bet.
- [3] Matlatipov G., Zygmunt V. Representation of Uzbek Morphology in Prolog // Asp. Nat. Lang. Process. / ed. Marciniak M., Mykowiecka A. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. Vol. 5070. P. 83–110.

TASVIRLASH TIZIMLARIDA FRAKTAL O'LCHOVNI QO'LLASHNING AHAMIYATI

Anarova Sh., Bekmurodova M.

Toshkent axborot texnologiyalari iuniversiteti

e-mail: anorova@tuit.uz, muhayyo.shukurullayevna.89@gmail.com

“Fraktal” va “fraktal tahlil” tushunchalari an'anaviy bo'lmagan matematik qurilmalar bilan ko'plab hodisalarni o'rganishda sezilarli darajada rivojlanishga imkon beradi [1,2]. Tasvirni qayta ishlashda fraktallardan foydalanish – yangi va istiqbolli yo'nalish bo'lib, tasvirlarni fraktal xususiyatlari [3,4] yordamida aniqlash hisoblanadi.

Tasvirlarning fraktal xususiyatlari ko'rinish masshtabiga o'zgarmas bo'lib, tasvirdagi obyektning fazoviy holatiga va yo'nalishiga invariantdir. Ular obyektlar ichki tuzilishining lokal xususiyatlari hisoblanadi.

Fraktallarning asosiy xususiyatlaridan biri o'ziga-o'zi o'xshashlikdir. Ammo, bu xususiyatni aniqlash uchun algoritm mavjud emas. Shuning uchun raqamli tasvirlar uchun ushbu xususiyatni baholash algoritmalarini, tasvir bo'yicha taqsimotni vizual tasvirlash algoritmalarini ishlab chiqish maqsadga muvofiq [5,6,7].

Hozirgi vaqtda tasvirlash tizimlarida material yuzasining fraktal tahlilini olish uchun mikroskopik tasvirlardan foydalaniladi. Fraktal xususiyatlar yordamida materialning tuzilishi [8], yuzalarning holati darajasi [9], materiallarning deformatsiyasi darajasi aniqlanadi [8]. Multifraktal xususiyatlar yordamida materiallar tuzilishi va mexanik xususiyatlari aniqlanadi [10].

Ma'lumki, obyektlarning deformatsiyalanish paytida uning yuzasida fraktal o'lchovlari bilan tavsiflanishi mumkin bo'lgan relyef paydo bo'ladi. Kuchlanish ortishi bilan fraktal o'lchovning qiymatlari chiziqli ravishda oshadi, ya'ni, sinish joyidan masofa bilan material yuzasining fraktal o'lchovi kamayadi.

Obyektlarning fraktal o'lchovidagi kuzatilgan o'zgarishlar to'liq silliq kristalli strukturaning parametrlari bilan belgilanadi. Obyekt yuzasida paydo bo'ladigan relyef va uning fraktal o'lchovi o'rtasida aniq bog'liqlik mavjudligi aniqlandi [9]. Bundan tashqari, hozirda fraktal geometriya obyektlar tuzilishidagi yoriqlarning haqiqiy konfiguratsiyasini aniqlash imkonini beradi. Fraktal o'lchamdan foydalanib, yoriqlarning haqiqiy o'lchovlari aniqlanadi, bu esa materiallarning tuzilishini nuqsonli o'zgarishlarni yetarli darajada baholash imkonini beradi [9].

Obyektlarning yuza qismi an'anaviy oddiy ravishda belgilanadi. Shu bilan birga, sirt oddiy va obyektning sirt qatlami ierarxik fraktal yoki multifraktal tuzilish sifatida qaralishi mumkin. Obyektlarning sirt tuzilishini o'rganish multifraktal parametrlari tahlillari yordamida ham amalga oshiriladi [10].

Multifraktalning asosiy xususiyatlar Renyening umumiy o'lchovlari spektri - D_q va multifraktal spektr funksiyasi - $f(q)$ hisoblanadi [10]. Ushbu parametrlarga asoslanib, quyidagi informatsion parametrlar olinadi:

D_0 -fraktal o'lchov.

D_1 -axborot tuzilishi hajmi.

D_2 -tuzilishining korrelyatsion hajmi.

D_q - ($q \gg 1$ bo'lganda) barqarorlik chegarasi.

$\Delta_\infty = |D_1 - D_q|$, ($q \gg 1$ bo'lganda) - yashirin davriy tuzilish parametri.

$f_\infty = f(\alpha(q))$, ($q \gg 1$ bo'lganda) - bir xillik parametri.

Multifraktal xususiyatlardan foydalanish metall tuzilishidagi o'zgarishlarni kuzatish imkonini beradi. Bu o'zgarishlar bir xillik va tuzilish parametrlarida aks etadi.

Xulosa. Obyektlar yuzasidagi tasvirlarni fraktal tahlillari olinganda fraktal o'lchovga ega bo'lamiz. Ushbu fraktal o'lchov uchun fraktal tuzilishning miqdoriy xususiyatlari va tashqi ta'sir parametrlari o'rtasidagi munosabatlar obyektlarni fraktal tavsiflash va baholash uchun ishlatiladi. Bu esa o'z navbatida tasvirlash tizimlarida tasvir sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Потапов А.А. Фрактальные методы исследования флуктуаций сигналов и динамических систем в пространстве дробной размерности. Москва, 2017.

[2]. Nazirov Sh.A., Anarova Sh.A., Nuraliyev F.M. Fraktallar nazariyasi asoslari. Monografiya. –T.: “Navruz” nashriyoti, 2017. 128 b.

[3]. Привезенцев Д.Г., Жизняков А.Л., Баранов А.А. Применение фрактальных методов в обработке изображений и сигналов. // МИ ВЛГУ. – 2009. – Вып. 14. – С.133-141.

[4]. Потапов и др. Новейшие методы обработки изображений. // Под ред. А.А. Потапова. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С.496.

[5]. Павлов А.Н., Анищенко В.С. Мультифрактальный анализ сложных сигналов. // Успехи физических наук, 2007. – Том 177 – №8. – С.859 – 876.

[6]. Короленко П.В., Маганова М.С., Меснянкин А.В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. // Фрактальные и мультифрактальные методы, Учебное пособие. – М.: 2004. – С.82.

[7]. Востровский Г.В. Фрактальная параметризация структур в металлах и сплавах. // автореф. дис. ...д-ра физ.-мат. наук. - М. : [s. n.], 2011. –С.59.

[8]. Кульков С.Н. Фрактальные характеристики поверхностей деформируемых твердых тел.// Фундаментальные проблемы современного материаловедения, 2007. – Т.4. – Вып.1 – С.96-103.

[9]. Сырякин В.И. и др. Диагностика материалов опико-телевизионными методами. Вестник томского государственного университета, 2007. – №301. – С.101-107.

[10]. Анваров А.Д., Маминов А.С., Булкин В.А., Востровский Г.В. Использование мультифрактальной параметризации для исследования связи структуры и механических свойств элементов оборудования опасных производств из сталей перлитного класса. // –2010.–№5. – С.38-43.

FRAKTAL O'LCHOVLAR

Anarova Sh.A., Ismailova S.N.

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

e-mail: anarova@tuit.uz, ismailovasaodat3006@gmail.com

Fraktal o'lchov fraktallarning asosiy xususiyatlardan biri hisoblanadi. Evklid geometriyasida o'lchov tushunchasi mavjuddir. Ya'ni kesmaning o'lchovi bir, aylananing o'lchovi ikki, sharning o'lchovi esa uchdir. Masalan, kesma uzunligining o'lchovini bo'laklarga bo'lsak, unda kesmaning o'lchovi N , kesmani ikkiga bo'lsak $2N$, kesmani o'nta bo'lakka bo'lsak $10N$ ga teng. Bu holatda to'g'ri proporsional bog'lanish kuzatiladi. Biz maydonni o'lchash vaqtida quyidagi qiymatlarni olamiz: $4N$, $100N$ ya'ni bu yerda bog'liqlik kvadratikdir. Uch o'lchovli shaklning hajmi kubning chiziqli o'lchovlariga proporsionaldir. Agar bu qoidani fraktal ob'ektlarga qo'llasak kasr sonlardan iborat paradoks holat nomayon bo'ladi.

Doimo o'lchov tushunchasi intuiativ ravishda tushunarli deb hisoblanib, matematik jihatdan oson aniqlangan. Chiziqli fazoning o'lchami tushunchasi elementar geometriya va chiziqli algebradan ma'lumdir. Ko'pxillilik o'lchovi - bu Evklid sharlaridan biriktirilgan o'lchovdir [1,2,4].

Fraktal chiziqlar hali ham bir o'lchovli shakllanishlar bilan bog'liq, shuning uchun Mandelbrot-Richardson formulasi :

$$D = \lim_{\chi \rightarrow 0} \frac{\ln N(\chi)}{\ln 1/\chi}$$

bilan aniqlangan fraktal o'lchov D_1 sifatida belgilanishi mumkin. Tog'lar va qiradirliklar hosil qilgan sirt ham fraktal obyekt hisoblanadi. Uning fraktal o'lchovi D_2 sifatida belgilanadi. Fraktal sirtning butun hajmini to'ldirish uchun akkordeon kabi buklash, shunda D_2 o'lchovidan D_3 qiymatini olishi mumkin. Agar sirt teshiklari bilan nuqta bo'lsa, unda uning fraktal o'lchovi birlikdan kamroq bo'lishi mumkin ya'ni $0 < D_2 < 3$. Agar hajmga ega shakl tinch holatda bo'lsa, uning o'lchovi 3 ga teng. Ko'p hollarda bunday shakl butun hajmda olinadi va kichikroq joyni egallaydi, u endi $D_3 < 3$ o'lchovli fraktal obyektga aylanadi [3]. O'lchov nolga intiladi. Shunday qilib, biz har qanday fraktal obyekt uchun quyidagicha ko'ramiz :

$$0 < D_E < 3,$$

bu erda E - Evklid fazosining o'lchovini bildiradi va $u \in E = 1, 2, 3$.

Fraktal sirtning S maydonini $\chi \times \chi = \chi^2$ maydoni bo'lgan kataklar bilan o'lchash mumkin. Agar ular $N(\chi)$ talab qilinsa, u holda S maydon quyidagicha bo'ladi:

$$S = N(\chi) \cdot \chi^2.$$

Chunki (1) ga ko'ra , $N = C \cdot \chi^{-D}$, bu yerda D allaqachon D_2 ni anglatishi kerak, u holda

$$S = C \cdot \chi^{2-D_2}. \quad (1)$$

Ushbu formula fraktal sirt maydonini o'lchash uchun zarur bo'lgan ko'p masshtablilikni anglatadi. Fraktal sirtning o'ziga o'xshashligi uchun χ ni $n\chi$ bilan almashtirish kerak. Bunda ikki o'lchovlilik tufayli maydon $\eta^2 \cdot S$ bilan almashtiriladi. Shunday qilib, ikki o'lchovli fraktal obyektlar uchun o'ziga o'xshashlik quyidagi ramziy ko'rinishni oladi:

$$\eta^2 S = C \cdot (\eta\chi)^{2-D_2}.$$

Fraktal sirtning η marta cho'zamiz yoki siqamiz, uning S maydoni quyidagiga teng bo'ladi:

$$S^* = \eta^2 S.$$

Sirtning istalgan qismi butun sirtga o'xshash bo'lgani uchun maydonni quyidagi shkala yordamida o'lchash mumkin:

$$\chi^* = \eta\chi.$$

Kichraytirishda perimetr cheksiz ravishda o'sishi mumkin; perimetrning ichiga o'ralgan raqam chekli maydonga ega. $C \cdot \chi^{1-D}$ ning L perimetri bo'lganligi sababli formula $S = L(\chi) \cdot \chi$ ko'rinishini oladi va $\chi \rightarrow 0$ bilan maydon chekli bo'lib qoladi.

Fraktal obyekt hajmga ega bo'lsin. Ko'rib chiqilayotgan obyektning hajmini o'lchash uchun biz hajmi $\chi \times \chi \times \chi = \chi^3$ ga teng kubni olamiz. Agar N dona so'ralgan bo'lsa, fraktal shaklning V hajmi quyidagicha bo'ladi:

$$V = N(\chi) \chi^3 = C \cdot \chi^{3-D_3}.$$

3 o'lchovli fraktal shaklning o'ziga o'xshashligi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\eta^3 V = C \cdot (\eta\chi)^{3-D_3}.$$

Fraktal geometriyaning vazifalaridan biri turli Evklid fazolarida o'lchovlar o'rtasida bog'lanishni o'rnatishdir. Biz χ^n uchun $n=0, 1$ va 3 qiymatlarini ko'rib chiqdik. n ning har bir qiymati uchun χ^n qiymatlari ma'lum o'lchov shkalasini - uzunlik, maydon yoki hajmni ifodalaydi.

Xulosa. Qat'iy ravishda aytadigan bo'lsak ixtiyoriy topologik fazo uchun turli o'lchovlar tushunchalarini aniqlasa bo'ladi. Ammo ko'pxillilik tegishli bo'lgan fazolar uchun bu sonlar (o'lchovlar) ustma-ust tushadi. Biroq biz murakkab, ekzotik (ba'zida qandaydir ma'noda "patologik" bo'lgan) ob'ektlarni qaraydigan bo'lsak, turli o'lcham tushunchalari uchun turli sonlarga ega bo'lamiz. Ilgari bu asosan amaliyotda kam uchraydigan fazolar sinfi uchun o'rinli deb hisoblanar edi. Hozir bunday obyektlar matematikaning klassik sohalarida doimo uchraydi. Bular fraktallardir.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1]. Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. -М.: Институт компьютерных исследований, 2002. С - 656.
- [2]. Nazirov Sh.A., Anarova Sh.A., Nuraliyev F.M. Fraktallar nazariyasi asoslari. Monografiya. -T.: Navruz nashriyoti, 2017. -128 b.

[3]. Балханов В.К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления. / Отв. ред. Ю.Б. Башкуев. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2013. – 224 с.

[4] Anarova Sh.A. Fraktallar nazariyasi va fraktal grafika. Darslik. -T.: “Universitet”, 2021. -289 b.

UCH QATLAMLI STERJENLARNING KUCHLANGANLIK- DEFORMATSIYALANGAN HOLATINI TADQIQ ETISH MASALASI

¹*Anarova Sh.A.,* ²*Shokirov D.A.*

¹ *Toshkent axborot texnologiyalari universiteti*

² *Namangan muhandislik-qurilish instituti*

e-mail: shahzodaanarova@gmail.com, shokirov1004@gmail.com

Nisbatan past og‘irlikdagi qatlamli tuzilishga ega bo‘lgan sterjenlar, plitalar va qobiqlar kerakli kuch, mustahkamligini ta‘minlashga va boshqa bir qator jismoniy ta‘sirga bardosh berishga qodir. Shu munosabat bilan, turli kinematik farazlar va murakkab termal-kuchli yuklardan foydalangan holda, uch qatlamli sterjenlarning hisoblash modellarini yaratish dolzarb vazifaga aylandi.

Dunyoda uch qatlamli tuzilmalar bilan ko‘plab olimlar ish olib borganlar va hozirgi kunda ham ulardan ko‘plari ushbu yo‘nalishda tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar. Jumladan uch qatlamli sterjenlar va plitalar bilan Yevropa olimlaridan, E.I. Grigolyuk, A.G. Gorshkov, E.I. Starovoitov, M.A. Juravkov, A.A. Dudchenko, Yu.M. Pleskachevskiy, N.Tsybin, N. Cybin, L. Škeclar uch qatlamli sterjenlarning statik va dinamik muammolarini analitik yechish orqali tadqiq qilganlar [1, 2].

Respublikamizda fazoviy yuklanishlarda sterjenlar, uch qatlamli sterjenlar hamda ko‘p qatlamli sterjenlarni kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatlarini tadqiq qilishda V.K. Kabulov, T. Bo‘riyev, T. Yuldashev, A. Xoldjigitov B.B. Babajanov, M. Olimov, Sh.A. Anarovalar va ularning shogirlari ilmiy tadqiqotlarini amalga oshirmoqdalar [3].

Elastik jismlar tebranishlarining umumiy nazariyasida siljishlar $u_1^{(k)}, u_2^{(k)}$ va $u_3^{(k)}$ to‘rtta o‘zgaruvchi koordinatalar x_1, x_2, x_3 va t vaqtga bog‘liq.

Sterjen tebranishlari tenglamalari Ostrogradskiy-Gamilton prinsipi asosida olingan. Ostrogradskiy – Gamilton prinsipini qo‘llangan holda Koshi munosabatlari, Guk qonuning teskari shaklidan foydalaniladi. Umumiy olganda, Ostrogradskiy-Gamilton variatsion prinsipini quyidagi holatda yozamiz:

$$\delta \int_t (K - \Pi + A) = 0, \quad (1)$$

Uch qatlamli sterjen nuqtalarining siljishini quyidagicha yozib olamiz [2]:

$$\begin{cases} u_1^{(1)} = u_1 - \left(z - c - \frac{h_1}{2} \right) \frac{\partial w^{(1)}}{\partial x}, & w^{(1)} = w_1 (c \leq z \leq c + h_1); \\ u_1^{(2)} = u_2 - \left(z + c + \frac{h_2}{2} \right) \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x}, & w^{(2)} = w_2 (-c - h_2 \leq z \leq -c); \\ u_1^{(3)} = \left(1 + \frac{z}{c} \right) \left(\frac{1}{2} u_1 + \frac{h_1}{2} \frac{\partial w^{(1)}}{\partial x} \right) + \left(1 - \frac{z}{c} \right) \left(\frac{1}{2} u_2 - \frac{h_2}{4} \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x} \right), \\ w^{(3)} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{z}{c} \right) w_1 + \left(1 - \frac{z}{c} \right) w_2, & (-c \leq z \leq c). \end{cases} \quad (2)$$

Uch qatlamli sterjenning kinetik energiyasining o'zgarishini aniqlash.
Kinetik energiyaning o'zgarishini hisoblashda quyidagi munosabatdan foydalanamiz:

$$\int_t \delta K dt = \int_t \int_v \rho \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_1^{(k)}}{\partial t} \delta u_1^{(k)} dv dt + \int_t \int_v \rho \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_3^{(k)}}{\partial t} \delta u_3^{(k)} dv dt. \quad (3)$$

Kerakli matematik hisob – kitoblarni amalga oshirib, uch qatlamli sterjenning kinetik energiyasining variatsiyasini hosil qilamiz.

Uch qatlamli sterjenning potentsial energiyasining variatsiyasini aniqlash.
 x_1, x_2, x_3 koordinata tizimidagi kuchlanish va deformatsiya komponentlari uchun kuchlanish tenzorining $\sigma_{11}^{(k)}, \sigma_{22}^{(k)}, \sigma_{33}^{(k)}, \sigma_{12}^{(k)}, \sigma_{23}^{(k)}, \sigma_{31}^{(k)}$ va deformatsiyaning $\varepsilon_{11}^{(k)}, \varepsilon_{22}^{(k)}, \varepsilon_{33}^{(k)}, \varepsilon_{12}^{(k)}, \varepsilon_{23}^{(k)}, \varepsilon_{31}^{(k)}$ elementlari olinadi. G.Yu. Djanelidze gipotezasiga ko'ra: $\sigma_{22}^{(k)} = 0, \sigma_{33}^{(k)} = 0, \sigma_{23}^{(k)} = 0$ [3].

$$\int_t \Pi = \int_t \int_v \sum_{k=1}^3 \sigma_{11}^{(k)} \delta \varepsilon_{11}^{(k)} dv dt + \int_t \int_v \sum_{k=1}^3 \sigma_{13}^{(k)} \delta \varepsilon_{13}^{(k)} dv dt. \quad (4)$$

Uch qatlamli sterjen potentsial energiyasining variatsiyasini aniqlash uchun tegishli hisob-kitoblarni amalga oshirib: sterjenning har bir qatlamida ifodalarni o'xshash xadlarini umumlashtirish, integrallash, differensiallash kabi amallarni bajaramiz va natijada sterjen qatlamlari ustidagi potentsial energiyaning variatsiyasini hosil qilamiz.

Uch qatlamli sterjenning tashqi va sirt kuchlari ishining o'zgarishini aniqlash.

Tashqi kuchlar ishining variatsiyalarini quyidagicha hisoblaymiz:

$$\int_t \delta A dt = \int_t \sum_{i=1}^3 P_i^{(k)} \delta u_i^{(k)} dV + \int_t \sum_{i=1}^3 q_i^{(k)} \delta u_i^{(k)} ds + \int_t \sum_{i=1}^3 f_i^{(k)} \delta u_i^{(k)} ds_1, \quad (4)$$

Tashqi kuchlar ishining variatsiasida (2) dan $u_i^{(k)}$ ko'chish ifodalarini (4)-formalaga qo'yib almashtiramiz va bizda quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\begin{aligned} \int_t \delta A dt = & \int_t \int_v \sum_{k=1}^3 P_1^{(k)} \delta u_1^{(k)} dv dt + \int_t \int_v \sum_{k=1}^3 P_3^{(k)} \delta u_3^{(k)} dv dt + \int_t \int_s \sum_{k=1}^3 q_1^{(k)} \delta u_1^{(k)} ds dt + \\ & + \int_t \int_s \sum_{k=1}^3 q_3^{(k)} \delta u_3^{(k)} ds dt + \int_t \int_{s_1} \sum_{k=1}^3 f_1^{(k)} \delta u_1^{(k)} ds_1 dt + \int_t \int_{s_1} \sum_{k=1}^3 f_3^{(k)} \delta u_3^{(k)} ds_1 dt. \end{aligned}$$

Variatsiyani aniqlash uchun uch qatlamli sterjen tashqi va sirt kuchlarining ishi hisob-kitoblarni bajarish orqali amalga oshiriladi, o'xshash xadlarini umumlashtirish, integrallash, differensiallashlarni amalga oshirgan holda sterjen qatlamlari ustidagi potentsial energiyaning variatsiyalarini aniqlaymiz.

Uch qatlamli sterjenning kinetik, potentsial energiyalari, tashqi va sirt kuchlari ishining variatsiyasi Ostrogradskiy-Gamiltonning variatsion prinsipi bilan almashti-riladi. Natijada uch qatlamli sterjenning variatsion tenglamasini hosil qilamiz.

Xulosa

Ushbu maqola kinetik va potentsial energiyadagi variatsiyalarini, shuningdek, uch qatlamli sterjenning tashqi hajmiy va sirt kuchlari ishidagi variatsiyalarni belgilaydi. Kinetik va potentsial energiyaning variatsiyasini va tashqi hajm hamda sirt kuchlarining ishini aniqlash uchun Ostrogradskiy-Gamilton prinsipi qo'llanildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Старовойтов Э.И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.

[2]. Плескачевский Ю.М. Деформирование трехслойного упругого стержня нагрузками различных форм в температурном поле // Теоретическая и прикладная механика: международный научно-технический сборник. – Вып. 32. –2017. – С. 5-12.

[3]. Кабулов В.К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности. Ташкент: Фан, -1966. 395 с.

JULIA FRAKTALINI QURISH

Anarova Sh.A., Kholikova S.K.

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

e-mail: shahzodaanarova@gmail.com, xoliqovasarvinoz@gmail.com

Algebraik fractal hisoblangan Julia to'plamlari XX asrning boshlarida matematiklar Gaston Moris Julia va Pyer Joze Lui Fatu tomonidan o'rganilgan [4].

Oddiy matematik funktsiyani murakkab songa qayta-qayta qo'llash natijasida hosil bo'lgan fractal turi. Julia to'plami – bu funktsiya qayta-qayta qo'llanilganda cheksiz ketmaydigan murakkab sonlar to'plamining chegarasi hisoblanadi. Fraktallar Julia to'plamiga tegishli bo'lgan murakkab tekislikdagi nuqtalarni chizish orqali hosil bo'ladi va har bir nuqta cheksiz bo'lmagan takrorlashlar sonini ko'rsatish uchun turli xil ranglar yoki soyalardan foydalanadi.

Julia to'plamlari juda ko'p qiziqarli va murakkab xususiyatlarga ega va ularning murakkab naqshlari o'nlab yillar davomida matematiklar, fiziklar va rassomlarni hayratda qoldirdi. Julia fraktallari fraktallarning eng mashhur va keng o'rganilgan turlaridan biri bo'lib, kompyuter grafikasi, xaos nazariyasi va kompleks tahlil kabi ko'plab sohalarda qo'llaniladi. Juliya to'plamlari oddiy polinomlar bilan bog'langan. Julia umumiy ifodalarning takrorlanadigan

xususiyatlariga, boshqa soʻzlar bilan aytganda $z^4 + z^3 / (z-1) + z^2 / (z^3 + 4z^2 + 5) + c$ bilan bogʻlangan.

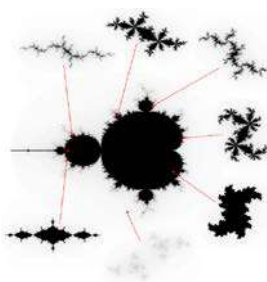
Juliya toʻplami $z_{n+1} = z_n^2 + c$ qator cheksiz boʻlmagan murakkab tekislikdagi $z = x + iy$ nuqtalari bilan bogʻlangan. c - murakkab konstanta va har bir c uchun Juliyaning turli toʻplamlari olinadi. Seriyaning boshlangʻich qiymati z_0 tasvir tekisligidagi har bir nuqtadir. Kengroq maʼnoda iterativ funktsiyaning aniq shakli har qanday boʻlishi mumkin, umumiy shakli $z_{n+1} = f(z_n)$ va chiziqli boʻlmagan funktsiyalar bilan qiziqarli toʻplam $f(z)$ paydo boʻladi.

Odatiy qoʻllaniladigan funktsiyalar quyidagilarni oʻz ichiga oladi:

$$\begin{aligned} z_{n+1} &= c \sin(z_n) & z_{n+1} &= c \exp(z_n) \\ z_{n+1} &= c i \cos(z_n) & z_{n+1} &= c z_n (1 - z_n) \end{aligned}$$

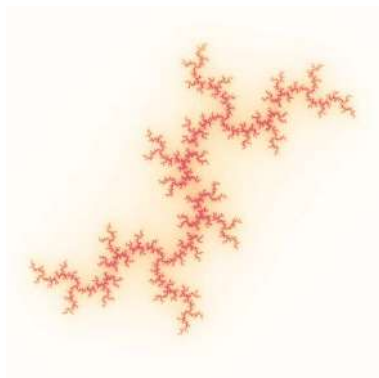
Julia toʻplamini bu yerda keltirilgan toʻla tanlov (brute force) usulidan foydalangan holda, kompyuterda hisoblash oson. Tasvirlar har bir pikselni murakkab tekislikdagi toʻrtburchaklar maydoniga joylashtirish orqali yaratiladi. Keyin har bir piksel z_0 seriyasining boshlangʻich nuqtasini ifodalaydi. Seriya har bir piksel uchun hisoblab chiqiladi va agar u cheksizlikka yoʻnalsa oq rangga, aks holda qora rangga chiziladi. Bu konvergensiya har doim ham aniq emas va uni hal qilish uchun koʻp takrorlash kerak boʻlishi mumkin, shuning uchun divergentsiyani aniqlash uchun qaror qabul qilish tartibi kerak. Agar qator maʼlum sonli hadlardan keyin ajralmasa, u ham xuddi shunday toʻplamning bir qismi sifatida tayinlanadi.

Mashhur Mandelbrot toʻplami Julia toʻplamining oʻziga xos indeksini tashkil qiladi. Julia toʻplamlari bogʻlangan yoki uzilgan, Mandelbrot toʻplami ichida tanlangan c qiymatlari bogʻlangan va Mandelbrot toʻplamidan tashqaridagi qiymatlar bogʻlanmagan. Ajratilgan toʻplamlar koʻpincha “chang” deb ataladi va ularni qanday holatda koʻrishingizdan qatʼiy nazar, alohida nuqtalardan iborat (1-rasm).

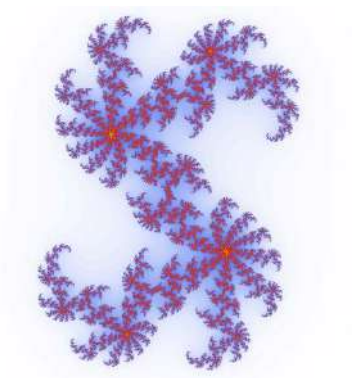


1 – rasm. Mandelbrot toʻplami.

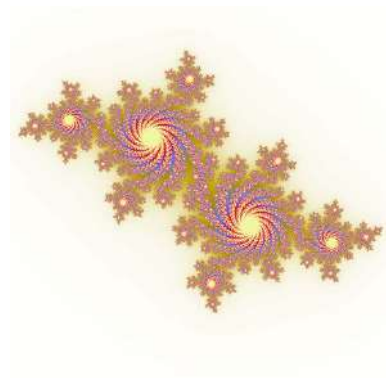
Xulosa oʻrnida Julia toʻplami c ning turli domenlari bilan bogʻliq. Agar c haqiqiy boʻlsa, Julia toʻplami haqiqiy oʻq atrofida aks ettiriladi. Nolga teng boʻlmagan xayoliy komponentli c ning boshqa har qanday qiymati 180 daraja aylanish simmetriyasiga ega (2 - rasm).



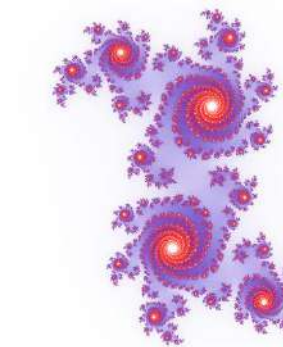
$$c = 0 + 0.8i$$



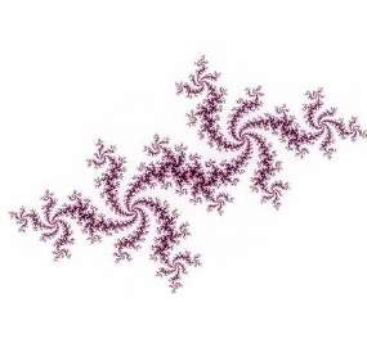
$$c = 0.37 + 0.1i$$



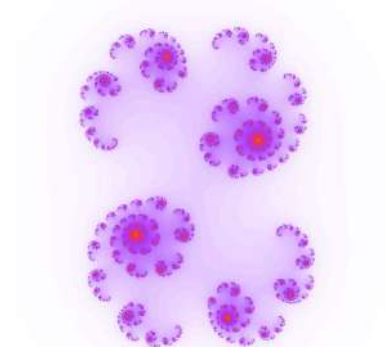
$$c = -0.4 + -0.59i$$



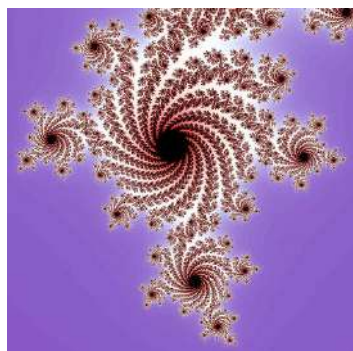
$$c = 0.355 + 0.355i$$



$$c = -0.54 + 0.54i$$



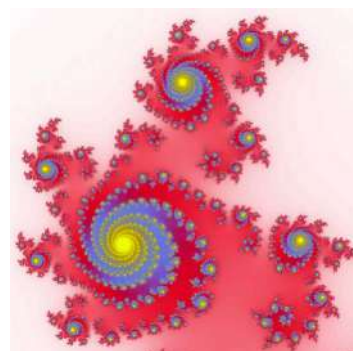
$$c = 0.34 + -0.05i$$



$$c = -0.4 + -0.59i$$



$$c = 0.355534 - 0.337292i$$



$$c = 0.355 + 0.355i$$

2 – rasm. Julia to‘plami.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. -М.: Институт компьютерных исследований, 2002. С - 656.
- [2] Anarova Sh.A. Fraktallar nazariyasi va fraktal grafika. Darslik. -T.: “Universitet”, 2021. 289-b.

SANOATNING INTELLEKTUAL TIZIMLARI UCHUN UCH VA BESH BOSHQICHLI ARXITEKTURA TAHLILI

Babadjanov E.S., Samandarov B.S., To‘liyev X.I.
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Chorvachilik mahsulotlariga talab ortib borayotganligi sababli, sanoat mahsuldorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish va hayvonlar sharoitini yaxshilash chorvachilik sanoatidagi dolzarb muammolariga aylanmoqda. Shu

sababli qishloq xo'jaligida aqlli chorvachilikning ahamiyati ortib bormoqda. Aqlli chorvachilik arxitekturasi sanoatni optimallashtirish uchun sensorlar, IoT qurilmalari va avtomatlashtirilgan tizimlar kabi texnologiyalarni birlashtirishni o'z ichiga oladi[1].

Aqlli ishlab chiqarish tizimlari arxitekturasining xilma-xilligi ularda foydalaniladigan texnologiyalar va komponentlarning turfaligi bilan ajralib turadi. Sensorlar, mexanizmlar, hisoblash serverlari va aloqa tarmog'i aqlli ishlab chiqarishning asosiy infratuzilmasini tashkil qiladi. Eng keng tarqalgan arxitektura modellari bular qatlamli arxitektura, bulutli arxitektura va reprezentativ arxitektura, ammo ba'zi tadqiqotlarda turli xil arxitektura modellarining qorishmasidan foydalanilganini ham ko'rish mumkin.

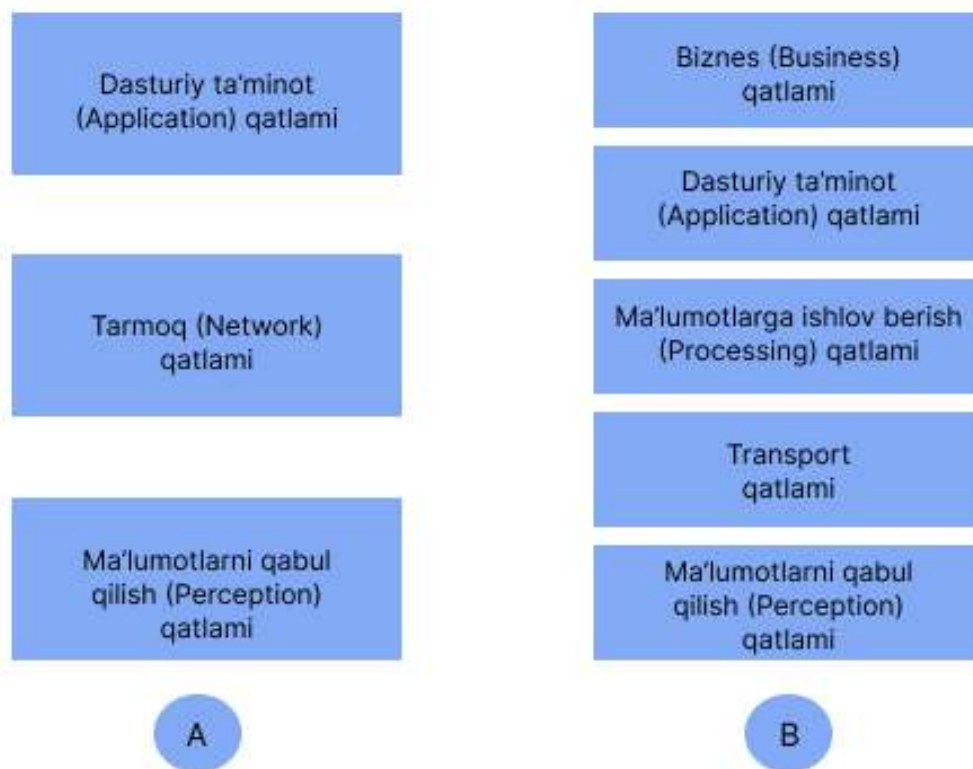
Uch va besh qatlamli arxitekturalar. Eng oddiy arxitektura 1-rasmda ko'rsatilgan uch qatlamli arxitekturadir [3]. Uch qatlamli arxitektura ushbu sohadagi tadqiqotlarning dastlabki bosqichlarida joriy qilingan. U ma'lumotarni qabul qilish(perception), tarmoq va dasturiy ta'minot qatlamlaridan iborat.

Ma'lumotarni qabul qilish(perception)- bu atrof-muhitni sezish va ma'lumot to'plash uchun sensorlar mavjud bo'lgan jismoniy qatlam. Sensorlar ZigBee, Bluetooth Low Energy va Sub-Gigahertz RF kabi turli xil qisqa masofali simsiz texnologiyalarni qo'llab-quvvatlaydigan simsiz ulanish moduliga ega. Ushbu qurilmalar ma'lumotlarni aniqlash uchun javobgardir va to'plangan ma'lumotlarga asoslanib boshqa qurilmalarni ishga tushirishga yordam beradi.

Tarmoq qatlami boshqa aqlli buyumlar, tarmoq qurilmalari va serverlarga ulanish uchun javobgardir. Tarmoq qatlami aqlli sanoat tizimining muhim tarkibiy qismidir, chunki u ma'lumotlarni qabul qilish(perception) qatlamidan arxitekturaning yuqori qatlamlariga uzatish uchun javobgardir. Tarmoq qatlami sensorlar va mexanizmlarni tizimning qolgan qismiga ulash uchun ishlatiladi.

Dasturiy ta'minot qatlami arxitekturaning eng yuqori qatlami bo'lib, oxirgi foydalanuvchi aqlli ishlab chiqarish tizimiga ulanishini ta'minlash uchun javobgardir. Bu qatlam foydalanuvchilarga o'z xo'jaliklarini masofadan turib kuzatish va boshqarish imkonini beruvchi veb va mobil ilovalarni o'z ichiga oladi.

Uch qatlamli arxitektura buyumlar Internetining asosiy g'oyasini belgilaydi, ammo bu IoT bo'yicha tadqiqotlar uchun yetarli emas. Shuning uchun ba'zi adabiyotlarda qatlamli arxitekturaning boshqa modellari ham keltirilgan. Ulardan biri besh qatlamli arxitektura bo'lib, u uch qatlamli arxitekturaga qo'shimcha ravishda ma'lumotlarga ishlov berish va biznes qatlamlarini o'z ichiga oladi[3]. Besh qatlam bular: ma'lumotlarni qabul qilish, transport, ma'lumotlarga ishlov berish, ilova va biznes qatlamlari (1-rasm). ma'lumotlarni qabul qilish va dasturiy ta'minot qatlamlarning vazifasi uchta qatlamli arxitektura bilan bir xil. Qolgan uchta qatlamning vazifasi quyida ko'rsatilgan.



1-rasm. A) uch qatlamli arxitektura; B) Besh qatlamli arxitektura

Transport qatlami sensor ma'lumotlarini WiFi, 3G, LAN, Bluetooth, RFID va NFC kabi tarmoqlar orqali idrok etish qatlamidan ishlov berish qatlamiga yoki aksincha uzatadi.

Ma'lumotlarga ishlov berish qatlami(o'rta dastur qatlami sifatida ham tanilgan) transport qatlamidan keladigan katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlaydi, tahlil qiladi va qayta ishlaydi. U pastki qatlamlarga turli xil xizmatlarni boshqarishi va taqdim etishi mumkin. Bu qatlamda ma'lumotlar bazasi, bulutli hisoblash va katta ma'lumotlarni qayta ishlash modullari kabi ko'plab texnologiyalardan foydalaniladi[2].

Biznes qatlami butun IoT tizimini, shu jumladan ilovalarni, biznes va foyda modellarini hamda foydalanuvchilarning maxfiyligini boshqaradi. Biznes qatlami tizimni boshqaradigan biznes mantig'i va qoidalarini aniqlash va amalga oshirish, tizim tomonidan yaratilgan ma'lumotlarni boshqarish, tizim bilan o'zaro ishlash uchun foydalanuvchi interfeyslarini ta'minlash va tashqi tarmoq bilan integratsiyani ta'minlash orqali tizimning samarali ishlashini ta'minlashga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1]. Babadjanov E.S. , Samandarov B.S. Qoramol kasallik belgilari bilan sensorlararo aloqalar // Journal of Advances in Engineering Technology Vol.3(7) 2022. –P. 64-67

[2]. B.S.Samandarov, B.Y.Geldibayev, “Chorva komplekslarida ma'lumotlar oqimiga ishlov berishning arxitekturaviy texnologiyalari tahlili”, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

“Raqamli texnologiyalar: sohalarda amaliy joriy etishning yechimlari va muammolari” mavzuidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjumani;

[3]. M. Wu, T.-J. Lu, F.-Y. Ling, J. Sun, and H.-Y. Du, “Research on the architecture of internet of things”. Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, vol. 5, pp. V5-484–V5-487, IEEE, Chengdu, China, August 2010.

AN OPTIMAL QUADRATURE FORMULA FOR NUMERICAL INTEGRATION THE RIGHT RIEMANN–LIOUVILLE FRACTIONAL INTEGRAL

^{1,2}**Babaev S.S., ²Idieva Sh. Sh.**

¹*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics*

²*Bukhara State University*

e-mail: bssamandar@gmail.com

When working with problems derive from real-world applications, it is as little as uncommonly possible to evaluate the solution of a given fractional differential or integral equation in closed form, and even if such an analytical solution exists, it is typically too complicated to be used in practice. Therefore, it is vital to have several numerical methods at hand so that one is able to compute numerical solutions with sufficient accuracy in a reasonable time. It can be seen that the issue of numerical integration of Riemann–Liouville integrals with high accuracy is one of the so urgent issues. Much researches have been devoted to the numerical integration of the right Riemann–Liouville integral, especially the problems of numerical integration using quadrature formulas have been studied a lot.

In this work, we construct a quadrature formula in $W_2^{(2,1)}(t, 1)$ space for the numerical calculation of the right Riemann–Liouville fractional integral

$$D_{t,1}^{-\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_t^1 (x-t)^{\alpha-1} f(x) dx.$$

This $W_2^{(2,1)}(t, 1)$ space is defined as

$$W_2^{(2,1)}(t, 1) = \{\varphi: [t, 1] \rightarrow \mathbb{R} | \varphi' \text{ is abs. cont., and } \varphi' \in L_2(t, 1)\}.$$

The inner product of two functions $\varphi(x)$ and $\psi(x)$ in the space $W_2^{(2,1)}(t, 1)$ is defined as

$$\langle \varphi, \psi \rangle = \int_t^1 (\varphi''(x) + \varphi'(x))(\psi''(x) + \psi'(x)) dx.$$

And the norm of the function in this space is defined as

$$\|\varphi\|_{W_2^{(2,1)}} = \sqrt{\int_t^1 (\varphi''(x) + \varphi'(x))^2 dx}.$$

We consider a quadrature formula of the following form

$$\int_t^1 \frac{\varphi(x)}{(x-t)^{1-\alpha}} dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(x_\beta), \quad (1)$$

where $0 < \alpha < 1$, $h = \frac{1-t}{N}$, $t < 1$, $x_\beta = h\beta + t$ and a function φ belongs to the Hilbert space $W_2^{(2,1)}(t, 1)$. The following difference is called the error of the quadrature formula (1)

$$(\ell, \varphi) = \int_t^1 \frac{\varphi(x)}{(x-t)^{1-\alpha}} dx - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(x_\beta) = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) \varphi(x) dx. \quad (2)$$

The corresponding error functional for this quadrature formula has the form

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[t,1]}(x)}{(x-t)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x - x_\beta). \quad (3)$$

Here, C_β are coefficients of the quadrature formula (1), $\varepsilon_{[t,1]}(x)$ is the characteristic function of the interval $[t; 1]$, and $\delta(x)$ is Dirac's delta-function. By the Cauchy-Schwarz inequality the absolute value of the error (2) is estimated as follows

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\varphi\|_{W_2^{(2,1)}} \|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}},$$

where

$$\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}} = \sup_{\varphi, \|\varphi\| \neq 0} \frac{|(\ell, \varphi)|}{\|\varphi\|}.$$

Therefore, in order to estimate the error of the quadrature formula (1) on functions of the space $W_2^{(2,1)}(t, 1)$ it is required to find the norm of the error functional ℓ in the conjugate space $W_2^{(2,1)*}(t, 1)$.

Problem 1. Find the norm of the error functional ℓ of the interpolation formula (1) in the space $W_2^{(2,1)*}(t, 1)$.

It is natural to estimate the error of the quadrature formula (1) on the unit ball of the Hilbert space $W_2^{(2,1)}(t, 1)$, that is, using the norm of the functional

$$\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}} = \sup_{\|\varphi\|_{W_2^{(2,1)}}=1} |(\ell, \varphi)|$$

we get that $|(\ell, \varphi)| \leq \|\ell\|$.

The main task of this work is as follows.

Problem 2. Find the coefficients C_β that give minimum value to $\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}}$ and calculate

$$\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}}^\circ = \inf_{C_\beta} \|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}}$$

Obviously, the norm of the error functional depends on coefficients C_β . We consider the problem of minimization of the quantity $\|\ell\|$ by coefficients C_β . If equality (6) holds, then the functional ℓ is said to correspond to the optimal quadrature formula in $W_2^{(2,1)}(t, 1)$.

In this work, the aforementioned Problem 1 and Problem 2 are solved.

TENG ORALIQLARDA TAJRIBA NATIJASIDA OLINGAN GEOFIZIK SIGNALLARNI MODELLASHTIRISH VA RAQAMLI ISHLOV BERISH.

Baxromov S.A., Berdiyev Sh.Sh., Karimov D.Q., Tulyaganova N. B.

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitet

e-mail: baxromovsayfiddin@gmail.com

Kirish:

Geofizika sohasida olib borilayotgan tadqiqotlarda olimlar duch keladigan bazi muammolar borki ularni hal qilish uchun matematik modellarni qo'llash muhim sanaladi. Shu boisdan geofizik signallarga raqamli ishlov berish va ularni qayta tiklash masalasida bugungi kunda ko'plab olimlar ish olib bormoqda. Olimlarning izlanishlari foydali qazilmalar joylashgan joylar to'g'risida ma'lumotlar beradigan darakchilar (predvestniklar)ni qidirishga yo'naltirilgan bo'ladi. Aynan shu masalada qaralayotgan muammolarni tahlil qilish uchun Nyuton interpolatsion funksiyasi hamda Lokal interpolatsion kubik splayn funksiyalari tanlab olindi [1-5].

Biz taklif etayotgan lokal interpolatsion kubik splayn funksiya $[x_i, x_{i+1}]$ kesmada quyidagi ko'rinishga ega:

$$S_3(f, x) = \sum_{k=1}^4 \phi_k(t) f(x_{i+k-2}), \quad t = (x - x_i) / h_i, \quad h_i = x_{i+1} - x_i, \quad x \in [x_i, x_{i+1}],$$
$$t \in [0, 1]$$

Bu yerda :

$$\begin{aligned} \phi_1(t) &= \frac{11t^2}{12} - \frac{5t}{12} - \frac{t^3}{2}, & \phi_2(t) &= 1 - \frac{9t^2}{4} - \frac{t}{4} + \frac{3t^3}{2} \\ \phi_3(t) &= \frac{7t^2}{4} + \frac{3t}{4} - \frac{3t^3}{2}, & \phi_4(t) &= \frac{t^3}{2} - \frac{5t^2}{12} - \frac{t}{12} \end{aligned}$$

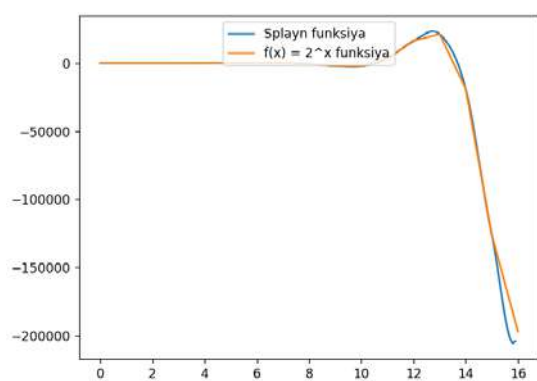
Bu yerda ushbu $\sum_{k=1}^4 \phi_k(t) = 1$ tenglikni turg'unligini tekshirish qiyin emas.

Ushbu ishda quyidagi

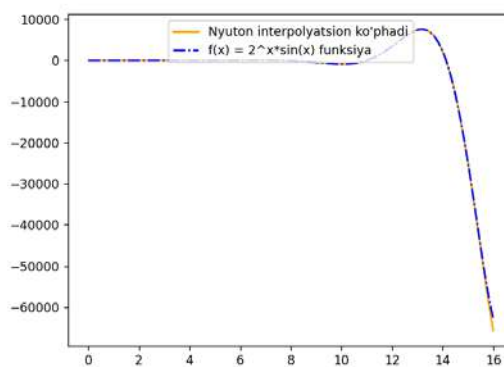
$$\begin{aligned} H(x) &= y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h}(x - x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2}(x - x_0)(x - x_1) + \\ &\frac{\Delta^3 y_0}{3!h^3}(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n}(x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_{n-1}) \end{aligned}$$

Nyutonning interpolatsion formulasi asosida raqamli ishlov berish masalalari qilindi.

Quyida Nyuton interpolatsion funksiyasi hamda Lokal interpolatsion splayn funksiyalari orqali analitik funksiyalarni interpolatsiya qilishning grafik tahlili keltirilgan.



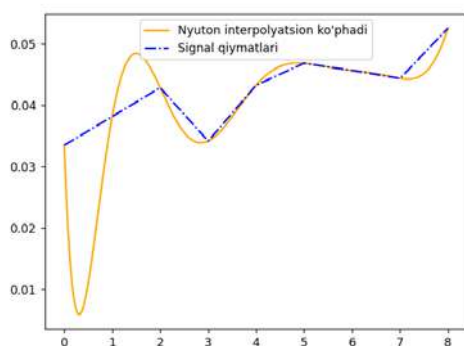
1-rasm



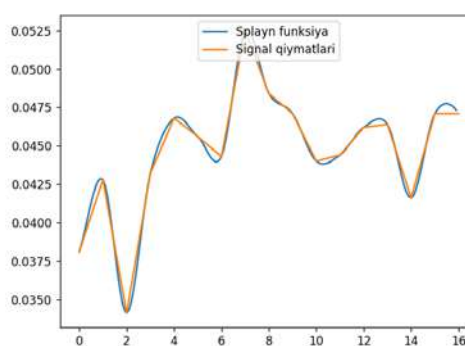
2-rasm

1,2-grafiklarda Nyuton interpolatsion funksiyasi hamda lokal interpolatsion splayn funksiyalari yordamida aniq berilgan analitik funksiyalarni interpolatsiya qilish grafigi keltirilgan.

Yuqorida oldidan tanlab olingan $f(x)$ funksiyani interpolatsiya qilish jarayonining grafigini tahlil qildik. Keyingi o'rinda biz eksperiment sifatida olingan geofizik signallarni interpolatsiya qilish va raqamli tahlil qilishni boshlaymiz. Dastlab olingan signal qiymatlaridan foydalangan holda ularni Nyuton interpolatsion funksiyasi va Lokal interpolatsion splayn funksiyalari yordamida grafik ko'rinishini hosil qilib olamiz. Bu bizga cheklangan ma'lumotlardan foydalangan holda o'rganilayotgan sohani to'liq tiklash va bu soha haqida kerakli ma'mumotlarni hosil qilishga imkon beradi[4,5].



3-rasm



4-rasm

3,4-rasmlarda Nyuton interpolatsion funksiyasi va lokal interpolatsion kubik splayn funksiyalari yordamida eksperiment sifatida olingan geofizik signallarni tiklashning grafik tahlili ko'rsatilgan.

Yuqorida qurilgan grafiklardan ko'rinib turibdiki Nyuton interpolatsion funksiyasiga nisbatan lokal interpolatsion kubik splayn funksiyalari yordamida geofizik signallarni interpolatsiya qilishda splayn modelning samarali va aniqligi yuqoriligi ko'rinib turibdi.

Yuqorida qaralgan masalani raqamli ishlov berish tahlili quyidaga jadvalda ko'rsatilgan.

N	Signal	Nyuton	Splayn	Signal-Nyuton R(x)	Signal-splayn R(x)
1	0.0341	0.0341	0.0341	0	0
2	0.03501	0.03458	0.03431	0.00043	0.0007
3	0.03592	0.03525	0.03487	0.00067	0.00105
4	0.03683	0.03608	0.03569	0.00075	0.00114
5	0.03774	0.03703	0.03672	0.00071	0.00102
6	0.03865	0.03806	0.03788	0.00059	0.00077
7	0.03956	0.03913	0.0391	0.00043	0.00046
8	0.04047	0.04021	0.04031	0.00026	0.00016
9	0.04138	0.04127	0.04145	0.00011	0.00007
10	0.04229	0.04227	0.04243	0.00002	0.00014
11	0.0432	0.0432	0.0432	0	0
12	0.04356	0.04404	0.0438	0.00048	0.00024
13	0.04392	0.04477	0.04435	0.00085	0.00043
14	0.04428	0.04539	0.04484	0.00111	0.00056
15	0.04464	0.04589	0.04527	0.00125	0.00063
16	0.045	0.04628	0.04564	0.00128	0.00064
17	0.04536	0.04656	0.04597	0.0012	0.00061
18	0.04572	0.04674	0.04625	0.00102	0.00053
19	0.04608	0.04683	0.04648	0.00075	0.0004
20	0.04644	0.04684	0.04666	0.0004	0.00022

1-jadval. Nyuton interpolatsion funksiyasi va lokal interpolatsion kubik splayn funksiyalari yordamida geofizik signallarni raqamli ishlov berish tahlili

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki Lokal interpolatsion kubik splayn funksiya Nyuton interpolatsion funksiyasiga nisbatan xatoligi kam va aniqligi yuqori. Bu esa bizga splaynlarning qanchalik samarali matematik apparat ekanligini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar

- [1]. Bahramov S.A., Jovliev S. Modeling of Multidimensional Signals by Systems Bicubic Splines. "International Conference of KIMICS 2011" June 28-29, 2011 Tashkent, Uzbekistan(Uzbekistan Hotel), p. 46-49
- [2]. Zaynidinov H.N, Bakhromov S.A, Azimov B.R, Makhmudjanov S.U. Comparative analysis spline methods in digital processing of signals. // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. United states, Vol. 5, №6. 2020. – P.1499-1510. (№3; Scopus; IF=0.655).
- [3]. Zaynidinov H.N., Azimov B.R. Biomedical signals interpolation spline models // «International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)». – Tashkent, 2019. – P. 1-3.
- [4]. Zaynidinov H.N., Bakhromov S.A., Azimov B.R., Kuchkarov M.A. Local Interpolation Bicubic Spline Method in Digital Processing of Geophysical Signals // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. United states, Vol. 6, №. 1, 2021. – P. 487-492. (№3; Scopus; IF=0.655). 3.1
- [5]. Zaynidinov H.N., Bakhromov S.A., Azimov B.R., Sadritdinov N.H. Non-dependent cubic spline function and its use in digital processing of signals // Chemical technology. Control and management. International scientific and technical journal. №5-6, 2020. Tashkent. – P. 94-103. (05.00.00; №12

LAGRANJ INTERPOLYATSION KO'PHADI ASOSIDA LOKAL INTERPOLYATSION KUBIK SPLAYN FUNKSIYA QURISH

Baxromov S.A., Berdiyev Sh.Sh., Kabilova O.A., Qahhorov A. O'.

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti

e-mail: baxromovsayfiddin@gmail.com

Bugungi kunda fan va texnika masalalarini yechishning samarali usullaridan biri bu matematik modellash usullardir. Qo'yilgan masalalarni yechishda matematik modellarning qurilishida hamda qo'llanilishida splayn funksiyalardan keng foydalaniladi. Splaynlarning xisoblash matematikasida keng qo'llanilayotganligi sabablaridan ya'na biri ularning qiymatlarini EHM larda hisoblashning qulayligi va ular yordamida interpolyasiyalash kabi jarayonlarning keng sinfdagi to'rlar uchun yaxshi yaqinlashishligidir[1-4].

Shuning uchun interpolyasiyalash masalasida splayn funksiyalarni qo'llanilishi hisoblash matematikasi fanida dolzarb masalalar hisoblanadi.

Ushbu ishda aniq berilgan ma'lumotlar asosida splayn funksiyalarning qurilishi va python dasturi asosida tahlili ko'rsatilgan.

Aniq berilgan $A(0; 4)$ va $B(1; 1)$ hamda $B(1; 1)$ va $C(2; -1)$ nuqtalardan o'tuvchi Lagranj interpolyasiyon ko'phadlari quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$f_1(x) = -3x + 4; \quad f_2(x) = -2x + 3$$

Dastlab biz qurmoqchi bo'lgan uchinchi darajali lokal interpolyasiyon splayn funksiyaning 2 – tartibli hosilasi ikki nuqtadan o'tuvchi to'g'ri chiqiz asosida qurilgan chiziqli interpolyasiyon splayn funksiya bo'lsin.

$$S_{3_1}''(x) = -3x + 4 \quad x \in [0,1] \quad (1)$$

$$S_{3_2}''(x) = -2x + 3 \quad x \in [1,2] \quad (2)$$

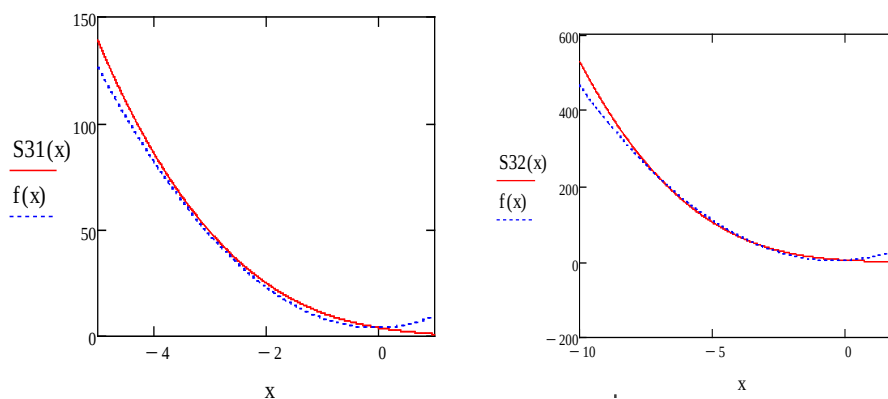
(1), (2) - funksiyalarni ikki marta integrallab, ma'lum hisoblashlar asosida quyidagi interpolyasiya shartini qanoatlantiruvchi uchinchi darajali lokal interpolyasiyon splayn funksiyalar hosil bo'ladi:

$$S_{3_1}(x) = -\frac{1}{2}x^3 + 2x^2 - \frac{9}{2}x + 4 \quad x \in [0,1]$$

$$S_{3_2}(x) = -\frac{1}{3}x^3 + \frac{3}{2}x^2 - \frac{25}{6}x + 4 \quad x \in [1,2]$$

$S_{3_1}(x)$ va $S_{3_2}(x)$ splayn funksiyalar grafigi aniq berilgan $f(x)$ funksiya grafigiga qay darajada yaqinlashishi hamda qaralgan splayn funksiyalarning ulanish tugun nuqtasidagi uzluksizligi Python dasturida ko'rsatildi va tahlil qilindi.

$$f(x) := 5x^2 + 0.5x + 4 \quad \text{bo'lganda}$$



Adabiyotlar

- [1]. Zaynidinov H.N, Bakhromov S.A, Azimov B.R, Makhmudjanov S.U. Comparative analysis spline methods in digital processing of signals. // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. United states, Vol. 5, №6. 2020. – P.1499-1510. (№3; Scopus; IF=0.655).
- [2]. Zaynidinov H.N., Azimov B.R. Biomedical signals interpolation spline models // «International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)». – Tashkent, 2019. – P. 1-3.
- [3]. Zaynidinov H.N., Bakhromov S.A., Azimov B.R., Kuchkarov M.A. Local Interpolation Bicubic Spline Method in Digital Processing of Geophysical Signals // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. United states, Vol. 6, №. 1, 2021. – P. 487-492. (№3; Scopus; IF=0.655). 3.1
- [4]. Zaynidinov H.N., Bakhromov S.A., Azimov B.R., Sadritdinov N.H. Non-dependent cubic spline function and its use in digital processing of signals // Chemical technology. Control and management. International scientific and technical journal. №5-6, 2020. Tashkent. – P. 94-103. (05.00.00; №12)

DUZ HÁM IGALLILIQTIN KÓSHIW PROCESSIN OPTIMALLASTIRIWDA INFORMACIYALIQ TEXNOLOGIYALARDI QOLLANIW

Berdimuratov M.Q., Xamitova Q.M.

Berdaq atındaǵı Qaraqalpaq mámleketlik univesiteti

e-mail: mirzamuratovaqalbiyke@gmail.com

Házirgi waqıtta Aral basseyini ekologiyalıq apatshılıq zonasına kiredi. Aymaqtın gidrogeologiyalıq qásiyetlerin esapqa almadan jerlerdi intensiv suwǵarıw, ayırım suwsızlıq jılları suwǵarıw suwı shorlanıwınıń artıwı hám kollektor-drenaj suwlarınan suwǵarıwda qayta paydalanıw suwǵarılatuǵın topıraqtın keń kólemli jerleriniń shorlanıwın baslap berdi hám topıraqtın ekilemshi shorlanıw processlerin kúsheytti. Bul processlerdi basqarıw ushın matematikalıq modellestiriw apparatınan paydalanǵan maqul, sebebi bul modellerdi optimal basqarıw hám boljaw imkaniyatına iyemiz.

Bul ushın jerlerdi suwǵarıw rejimin optimizaciyalaw ushın matematikalıq usıllar hám sáykes programmalıq támiynatlar qollanıw kerek. Bunday usıllar hám

programmaliq paketlerden paydalanıw dúz hám ıǵallılıqtıń kóshiw máselesin optimizaciyalawda dál sheshimge júdá jaqın bolǵan juwıq sheshimdi kerekli dállikte alıwǵa imkaniyat beredi.

Shorlanǵan topıraqlardıń payda bolıwınıń tiykarǵı sebebi aeraciya zonasındaǵa ıǵallılıqtıń minerallasqan jer astı suwları menen tikkeley baylanısı, bul zonada ıǵallılıqtıń intensiv parlanıwı hám usınıń nátiyjesinde dúzlardıń kapilyar aǵımlar menen topıraқтаǵı háreketi bolıp tabıladı. Juwıp suwǵarıw rejimi aeraciya zonasın dúzsızlandırıwdıń tiykarǵı faktorı boladı.

Házirgi waqıtta zamanagóy joqarı tezliktegi elektron esaplaw mashinalarınan paydalanıwǵa tiykarlanǵan sanlı usılları eń aktual usıllardıń biri boladı. Bunday esaplawlardı orınlaw ushın arnalǵan usıllarǵa gradientlik proekciya usılı, shártli gradient usılı, Galerkin usılı, shekli ayırmalar usılı hám taǵı basqa usıǵan uqsas usıllardı mısál etip keltiriwimizge boladı. Ádette bunday usıllardı tuwrı usıllarǵa qollanıw alınǵan sheshimge qosımsha iteraciyalıq jetilistiriwdi talap etedi hám alınǵan juwıq sheshimniń qáteliginiń úlken bolıwına alıp keledi.

Joqarıda keltirilgen máselelerdi zamanagóy informaciyalıq texnologiyalar járdeminde sheshiw, atap aytqanday pascal, C++, C#, Java hám taǵı basqa tillerde sheshiw múmkin. Biraq bunday jaǵdayda insannan júdá kóp aqıl miyneti hám waqıt talap etiledi. Sonday aq, bul programmalaştırıw tilleri járdeminde alınǵan juwıq sheshimniń dál sheshimge qanshelli jaqın ekenligin kóriw hám juwıq sheshim dálligin qálegenshe úlkeytiw yamasa kishireytiw múmkinshiliklerine iye bolmaymız.

Búgingi kúnde ilim menen texnikanıń rawajlanıwı menen insan aqıl miyneti hám waqtın tejegen halda joqarıdaǵı berilgen máselelerdiń dál sheshimine júdá jaqın bolǵan juwıq sheshimlerin alıw hám alınǵan sheshimniń dál sheshimge qanshelli jaqın ekenligin kóriw múmkinshiligin jaratatuǵın ámeliy programmalar paketleri oylap tabılǵan. Bularǵa mısál retinde Mathlab, Mathcad, Maple, Matematica hám taǵı basqa bir qansha ámeliy programmalar paketlerin keltiriwimiz múmkin. Bul atap ótilgen programmalar paketleri bir birinen jazılıw stilleriniń ápiwayılıǵı hám birinde bolǵan múmkinshiliktiń basqasında eleda jetilistirilgen halda dúslasıwı menen parq etedi.

PAYDALANILǵAN ÁDEBIYATLAR:

- [1]. Бутковский А.Г. Методы управления системами с распределенными параметрами. - М.: Наука, 1975. - 568 с.
- [2]. Ляшко С.И., Маньковский А.А., Управляемость параболических систем с импульсным воздействием // ДАН. - 1989. - 306, № 2.- С, 276 - 279.
- [3]. Lions J.-L. Exact controllability, stabilization and perturbations for distributed systems // SIAM. Revierv. – 1988. – vol. 30 N 1. – P. 1- 68.
- [4]. Niane M.T. Controlability exacte de l`equation des plaques vibrantes dans un polygone// Comptes Rendus de l`academie des sciences. – 1988. – tone 307, serie 1. N 10. P. 517 – 521.

ON AN EXTREMAL FUNCTION OF INTERPOLATION FORMULA

¹**Boltaev A.K.,** ²**Atamuradova B.M.**

¹*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics*

²*Tashkent Vocational School No.1 people with disabilities*

e-mail: aziz_boltayev@mail.ru, bashi86@mail.ru

Consider the following interpolation formula

$$\varphi(x) \cong P_\varphi(x) = \sum_{\beta=0}^N C_\beta(x) \varphi(x_\beta) \quad (1)$$

where $P_\varphi(z) = \sum_{\beta=0}^N C_\beta(z) \varphi(x_\beta)$ is an interpolation formula, $C_\beta(z)$ are coefficients and x_β are the nodes of the interpolation formula $P_\varphi(z)$, $x_\beta \in [0,1]$, δ is Dirac's delta-function, function φ belongs to the Hilbert space $W_2^{(m,0)}(0,1)$. The norm of functions in this space is defined as follows

$$\|\varphi\|_{W_2^{(m,0)}} = \left[\int_0^1 \left(\varphi^{(m)}(x) + \varphi(x) \right)^2 dx \right]^{1/2}. \quad (2)$$

The difference

$$(\ell, \varphi) = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\delta(x-z) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta(z) \delta(x-x_\beta) \right) \varphi(x) dx, \quad (3)$$

of the interpolation formula (1) and

$$\ell(x, z) = \delta(x-z) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta(z) \delta(x-x_\beta) \quad (4)$$

is called *the error functional* of this interpolation formula.

By the Cauchy-Schwarz inequality, the absolute value of the error (3) is estimated as follows $|(\ell, \varphi)| \leq \|\varphi\|_{W_2^{(m,0)}} \cdot \|\ell\|_{W_2^{(m,0)*}}$, where $\|\ell\|_{W_2^{(m,0)*}} = \sup_{\varphi, \|\varphi\| \neq 0} \frac{|(\ell, \varphi)|}{\|\varphi\|_{W_2^{(m,0)}}}$.

Therefore, to estimate the error of the interpolation formula (1) over the functions of the space $W_2^{(m,0)}$, we need to find the norm of the error functional ℓ in the conjugate space $W_2^{(m,0)*}$. From here we get

Problem 1. Find the norm of the error functional ℓ of the interpolation formula (1) in the space $W_2^{(m,0)*}$.

It is clear that the norm of the error functional ℓ depends on the coefficients $C_\beta(z)$ and the nodes x_β . Here we consider the problem of minimizing the quantity $\|\ell\|$ by coefficients $C_\beta(z)$ when nodes x_β are fixed.

The coefficients $\overset{\circ}{C}_\beta(z)$ (if there exist) satisfying the following equality

$$\|\overset{\circ}{\ell}\|_{W_2^{(m,0)*}} = \inf_{C_\beta(z)} \|\ell\|_{W_2^{(m,0)*}} \quad (5)$$

are called *the optimal coefficients*. Thus, in order to construct the optimal interpolation formula in the space $W_2^{(m,0)}$ we need solve the next problem.

Problem 2. Find the coefficients $\overset{\circ}{C}_\beta(z)$ which satisfy equality (5) when the nodes x_β are fixed.

Now we solve the first part of this problem, i.e. calculate the norm $\|\ell\|$ of the error functional ℓ for even m . Here we use extremal function of this functional.

The function ψ_ℓ which satisfies the equality

$$(\ell, \psi_\ell) = \|\ell\|_{W_2^{(m,0)*}} \cdot \|\psi_\ell\|_{W_2^{(m,0)}} \quad (5)$$

is called the extremal function of the error functional ℓ [1-3]. The following holds

Theorem. The extremal function ψ_ℓ of the error functional ℓ of the interpolation formula (1) has the form:

$$\psi_\ell(x) = (\ell * G_m)(x) + Y_m(x),$$

where

$$G_m(x) = \frac{\text{sign} x}{2m^2} \cdot \sum_{k=1}^m \left[(1-m) e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \cos \left(x \sin \left(\frac{(2k-1)\pi}{m} \right) + \frac{(2k-1)\pi}{m} \right) \right. \\ \left. + x e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \cos \left(x \sin \left(\frac{(2k-1)\pi}{m} \right) + \frac{2\pi \cdot (2k-1)}{m} \right) \right]$$

and $Y_m(x) = \sum_{k=1}^{\frac{m}{2}} e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \left[r_{1,k} \cos \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right) + r_{2,k} \sin \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right) \right]$, m is an even natural number, r_{1k} and r_{2k} are constants.

Since the error functional (4) is defined on the space $W_2^{(m,0)}$ as shown in [4], it is necessary to impose the following conditions

$$\left(\ell, e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \cos \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right) \right) = 0, \quad k = 1, \overline{\frac{m}{2}}, \\ \left(\ell, e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \sin \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right) \right) = 0, \quad k = 1, \overline{\frac{m}{2}},$$

which mean that the interpolation formula (1) is exact for linear combinations of functions $e^{x \cos \frac{(2k-1)\pi}{m}} \cos \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right)$, $e^{x \cos \frac{2\pi k}{m}} \sin \left(x \sin \frac{(2k-1)\pi}{m} \right)$, $k = 1, \overline{\frac{m}{2}}$.

References

- [1]. Sobolev S.L. Introduction to the Theory of Cubature Formulas, Nauka. Moscow, 1974.
- [2]. Sobolev S.L., Vaskevich V.L. The Theory of Cubature Formulas, Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, 1997.
- [3]. Shadimetov Kh.M. Optimal lattice quadrature and cubature formulas in Sobolev spaces, Fan va texnologiya, Tashkent, 2019.

- [4]. Boltaev A.K. System for finding the optimal coefficients of interpolation formulas, Problems of computational and applied mathematics, 2022, No.6 (45), pp. 101-113.

SYSTEM FOR FINDING THE OPTIMAL COEFFICIENTS OF AN EXPONENTIAL-TRIGONOMETRIC SPLINE

^{1,2}**Boltaev A.K.,** ²**Pardaeva O.F.,** ³**Boltaev E.K.;**

¹*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics*

²*National University of Uzbekistan*

³*Bukhara Academic Lyceum under the Ministry of Internal Affairs of Uzbekistan*

e-mail: aziz_boltayev@mail.ru, pardayevaorzugul@gmail.com

One of the problems of approximation is the interpolation problem. The classical method of its solution consists of construction of an interpolation polynomial. However, it is known that the polynomial approximation is non-practical for approximating functions with finite and small smoothness, which often occurs in applications. Therefore, in practice, splines are used in order to approximate functions. There are algebraic and variational approaches in the theory of splines [1]. In the algebraic approach splines are considered as some smooth piecewise polynomial functions. In the variational approach splines are understood as elements of a Hilbert or a Banach space minimizing certain functionals. Then problems of existence, uniqueness and convergence of splines and algorithms for their constructions are studied based on intrinsic properties of splines (see, for example, [2]).

In the present work we solve the problem of construction of an exponential-trigonometric spline in the space $W_2^{(3,0)}(0,1)$. That is, we consider a class of functions

$$W_2^{(3,0)}(0,1) = \{ \varphi : [0,1] \rightarrow \mathbb{R} \mid \varphi'' \text{ is absolutely continuous and } \varphi''' \in L_2(0,1) \}.$$

The class $W_2^{(3,0)}(0,1)$ is equipped with semi-norm

$$\| \varphi \|_{W_2^{(3,0)}} = \left(\int_0^1 (\varphi'''(x) + \varphi(x))^2 dx \right)^{1/2} \quad (1)$$

is a Hilbert space if we identify functions that differ by a solution of the equation $\varphi'''(x) + \varphi(x) = 0$. A solution of the last equation has the form

$$\varphi(x) = d_0 e^{-x} + d_1 e^{\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right) + d_2 e^{\frac{x}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right).$$

Suppose, we are given values $y_\beta, \beta = \overline{0, N}$ at points $x_\beta \in [0,1], \beta = \overline{0, N}$. Consider the following variational interpolation problem.

Problem. Among all functions $f(x)$ in $W_2^{(3,0)}(0,1)$ satisfying the conditions

$$f(x_\beta) = \varphi(x_\beta), \quad \beta = 0, 1, \dots, N, \quad (2)$$

find a function $S(x)$ which gives the minimum to the norm (1), where $x_\beta \in [0,1]$ are the nodes of interpolation and $\varphi(x_\beta) = y_\beta$ are given values.

The solution $S(x)$ of Problem is an ordinary generalized spline and is uniquely defined with respect to mesh $\Delta : 0 = x_0 < x_1 < \dots < x_N = 1$ on the interval $[0,1]$ as follows:

- i) $S(x)$ is a linear combination of functions e^{-x} , e^x , $e^{\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$, $e^{-\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$, $e^{\frac{x}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$ and $e^{-\frac{x}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$ on each open mesh interval $(x_\beta, x_{\beta+1})$, $\beta = 0, 1, \dots, N-1$;
- ii) $S(x)$ is a linear combination of functions e^{-x} , $e^{\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$ and $e^{\frac{x}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)$ on intervals $(-\infty; 0)$ and $(1; \infty)$;
- iii) $S^{(\alpha)}(x_\beta^-) = S^{(\alpha)}(x_\beta^+)$, $\alpha = 0, 1, \dots, 4$ and $\beta = 0, 1, \dots, N-1$;
- iv) $S(x_\beta) = \varphi(x_\beta)$, $\beta = 0, 1, \dots, N$;
- v) $S(x)$ satisfies the following boundary conditions
$$S'''(1) + S(1) = 0, \quad S'''(0) + S(0) = 0,$$

$$S^{(4)}(1) + S'(1) = 0, \quad S^{(4)}(0) + S'(0) = 0.$$

We consider the fundamental solution

$$G(x) = \frac{\text{sgn}}{6} \left[\sinh(x) + e^{\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x + \frac{\pi}{3}\right) + e^{-\frac{x}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x + \frac{2\pi}{3}\right) \right] \quad (3)$$

of the differential operator $\frac{d^6}{dx^6} - 1$, i.e., the solution of the equation

$$G^{(6)}(x) - G(x) = \delta(x), \quad (4)$$

where $\delta(x)$ is Dirac's delta-function.

It is known that (see, for instance, [3]) the solution $S(x)$ of the form (3) of Problem exists, is unique when $N \geq 2$ and coefficients C_γ , d_0 , d_1 and d_2 of $S(x)$ are determined by the following system of $N+4$ linear equations

$$\sum_{\gamma=0}^N C_\gamma G(x_\beta - x_\gamma) + d_0 e^{-x_\beta} + d_1 e^{\frac{x_\beta}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x_\beta\right) + d_2 e^{\frac{x_\beta}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x_\beta\right) = \varphi(x_\beta), \quad \beta = \overline{0, N}, \quad (5)$$

$$\sum_{\gamma=0}^N C_\gamma e^{-x_\gamma} = 0, \quad (6)$$

$$\sum_{\gamma=0}^N C_\gamma e^{\frac{x_\gamma}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x_\gamma\right) = 0, \quad (7)$$

$$\sum_{\gamma=0}^N C_{\gamma} e^{\frac{x_{\gamma}}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2} x_{\gamma}\right) = 0. \quad (8)$$

References

- [1]. Ahlberg J.H., Nilson E.N., Walsh J.L. The theory of splines and their applications, Academic Press, New York – London, 1967, 316 p.
- [2]. Schumaker L.L. Spline functions: basic theory. Cambridge university press, 2007, 600 p.
- [3]. Vasilenko V. A. Spline functions: theory, algorithms, programs, Novosibirsk, 1983, 215 p.

$W_2^{(2,1)}(0,t)$ FAZOSIDA UMUMLASHGAN ABEL INTEGRAL TENGLAMASINI TAQIRIBIY YECHISH UCHUN OPTIMAL KVADRATUR FORMULA QURISH.

Boytilayev B.A.

V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika instituti
e-mail: bboytilayev@gmail.com

Ushbu ishda integral tenglamalar, xususan quyidagi umumlashgan Abel integral tenglamasining analitik yechimida qatnashgan integral ifodani taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formula qurish masalasi qaralgan

$$\int_0^x \frac{y(t)}{(x-t)^{\alpha}} dt = f(x) \quad (1)$$

(1) integral tenglamaga umumlashgan Abel integral tenglamasi deyiladi, bu yerda $0 < \alpha < 1$, $f(x)$ - berilgan funksiya va $y(x)$ - izlanayotgan funksiya. $f(x)$ funksiya yetarlicha silliq funksiya. (1) tenglamaning yechimi quyidagichadir [1]

$$y(x) = \frac{\sin(\pi\alpha)}{\pi} \cdot \left[\frac{f(0)}{x^{1-\alpha}} + \int_0^x \frac{f'(s)ds}{(x-s)^{1-\alpha}} \right] \quad (2)$$

Ma'lumki, (2) ifodadagi aniq integralni har doim ham aniq hisoblab bo'lmaydi. Biz quyida mana shu integralni taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formula qurish masalasi bilan shug'ullanamiz. Ushbu kvadratur formulani qaraymiz

$$\int_0^t \frac{\varphi(x)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} \cong \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \varphi(h\beta) \quad (3)$$

bu yerda $0 < \alpha < 1$, $x \in [0;t)$, $t > 0$. C_{β} - (3) kvadratur formula koefitsiyentlari, $h\beta$ - tugun nuqtalar, $h = t/N$, N - natural son.

Bunda $\varphi(x)$ funksiya $W_2^{(2,1)}(0,t)$ fazoning elementi bo'lib, bu fazo quyidagicha aniqlanadi.

$$W_2^{(2,1)}(0,t) = \left\{ \varphi \mid \varphi: [0;t] \rightarrow R, \varphi' - \text{absolyut uzluksiz}, \varphi'' \in L_2(0;t) \right\}$$

$W_2^{(2,1)}(0,t)$ fazoning φ va ψ funksiyalari uchun skalyar ko'paytma quyidagicha kiritiladi

$$\langle \varphi, \psi \rangle = \int_0^t (\varphi''(x) + \varphi'(x))(\psi''(x) + \psi'(x))dx \quad (4)$$

Shuningdek, bu fazoda (4) skalyar ko'paytmaga mos norma quyidagicha aniqlanadi.

$$\|\varphi\|_{W_2^{(2,1)}} = \sqrt{\int_0^t (\varphi''(x) + \varphi'(x))^2 dx}$$

Ushbu

$$(\ell, \varphi) = \int_0^t \frac{\varphi(x)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(h\beta) \quad (5)$$

aniq integral va kvadratur yig'indi orasidagi ayirmaga (1) **kvadratur formulaning xatoligi** deyiladi.

(4) xatolikka

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[0,t]}(x)}{(t-x)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x-h\beta)$$

ko'rinishdagi **xatolik funksionali** mos keladi. Bunda, $\varepsilon_{[0,t]}(x)$ - $[0;t]$ kesmaning harakteristik funksiyasi, $\delta(x)$ - Dirakning delta funksiyasi.

Biz yuqorida berilganlardan va shuningdek chiziqli funksional normasining ta'rifi, Koshi-Shvarts tengsizligi, ekstremal funksiya ta'rifi, Riss teoremasi kabi tushunchalardan foydalanib (5) xatolikni yuqoridan baholash uchun quyidagiga natijaga ega bo'lamiz.

Teorema. $W_2^{(2,1)}(0,t)$ fazoda $\ell(x)$ xatolik funksionali normasining kvadrati

$$\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}}^2 = \int_0^t \int_0^t \frac{G_2(x-y)dydx}{(t-x)^{1-\alpha}(t-y)^{1-\alpha}} - 2 \sum_{\beta=0}^N C_\beta \int_0^t \frac{G_2(x-h\beta)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} + \sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_\beta C_\gamma G_2(h\beta-h\gamma)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bunda $G_2(x)$ - Grin funksiyasi va

$$G_2(x) = \frac{\operatorname{sgn} x}{2} \left(\frac{e^x - e^{-x}}{2} - x \right).$$

Ta'kidlash kerakki, ushbu xatolik funksionalining normasiga eng kichik qiymat beruvchi koeffitsiyentlarga ega (3) ko'rinishdagi kvadratur formulaga **optimal kvadratur formula** deyiladi [2]. Keyingi ishlarimizda (3) ko'rinishdagi optimal kvadratur formulalar koeffitsiyentlarini topish bilan shug'ullanamiz.

Adabiyotlar

- [1]. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. Наука и техника. Минск 1987.
- [2]. Шадиметов Х.М., Хаётов А.Р. Оптимальная аппроксимация функционалов погрешностей квадратурных и интерполяционных

NORM OF THE ERROR FUNCTIONAL OF THE OPTIMAL QUADRATURE FORMULAIN THE SOBOLEV SPACE

Bozarov B., Saidkamolov Y.
Ferghana Polytechnic Institute
e-mail: b.bozarov@ferpi.uz

In this paper we consider of the form optimal quadrature formula

$$\int_0^1 \sin(2\pi\omega x)\varphi(x)dx \cong \sum_{\beta=0}^N C[\beta]\varphi[\beta], \quad (1)$$

where $[\beta]=h\beta$, $h=1/N$, N is a natural number, $C[\beta]$ are coefficients of the formula (1), φ is a function of the space $L_2^{(1)}(0,1)$. Here $L_2^{(1)}(0,1)$ is the Sobolev space of functions with a square integrable first generalized derivative. In the sequel, for convenience we denote the space $L_2^{(1)}(0,1)$ as $L_2^{(1)}$ [2].

The error of the formula (1) is estimated as follows

$$|(\ell, \varphi)| = \left| \int_0^\pi \sin(2\pi\omega x)\varphi(x)dx - \sum_{\beta=0}^N C[\beta]\varphi[\beta] \right| \leq \|\varphi\|_{L_2^{(1)}} \|\ell\|_{L_2^{(1)*}}, \quad (2)$$

where $L_2^{(1)*}$ is the conjugate space to $L_2^{(1)}$ and ℓ is the error functional and it has the form

$$\ell(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) \sin 2\pi\omega x - \sum_{\beta=0}^N C[\beta]\delta(x - [\beta]), \quad (3)$$

here $\varepsilon_{[0,1]}(x)$ is the characteristic function of the interval $[0,1]$, δ is the Dirac delta-function [1].

Since the functional ℓ is defined on the space $L_2^{(1)}$ the following conditions should be imposed

$$(\ell, 1) = 0.$$

The last equations mean exactness of the quadrature formula (1) for any polynomial of degree zero.

Therefore, the estimation of the error of the quadrature formula (1) over functions of the space $L_2^{(1)}$ is reduced to finding the norm (3) of the error functional ℓ in the conjugate space $L_2^{(1)*}$. Clearly the norm of the error functional depends on coefficients $C[\beta]$ when the nodes are fixed (in our case the distances between neighbor nodes of the formula (1) are equal, i.e., $[\beta]=h\beta$, $\beta=0,1,\dots,N$, $h=1/N$) is called Sard's problem and the obtained formula is called *the optimal quadrature formula in the sense of Sard*.

The aim of the present work is to solve the Sard problem for the quadrature formula of the form (1) in the space $L_2^{(1)}$ using the Sobolev method, i.e., to find the coefficients $C[\beta]$, that attain the following minimum

$$\left\| \overset{\circ}{\ell} \mid L_2^{(1)*} \right\| = \inf_{C_\beta} \|\ell \mid L_2^{(1)*}\|.$$

In different spaces based on these methods, the Sard problem was investigated by many authors (see, for example, [2,3,4]).

Problem 1. Find the coefficients $\overset{\circ}{C}[\beta]$ which give minimum value to the quantity $\|\ell\|_{L_2^{(1)*}}$, i.e.,

$$\inf_{C[\beta]} \|\ell\|_{L_2^{(1)*}}.$$

Now we give following results.

Theorem 1. The square of the norm of the error functional (3) of the optimal quadrature formula (1) on the space $L_2^{(1)}$ has the form,

$$\begin{aligned} \|\ell_s\|_{L_2^{(m)*}}^2 = & (-1)^m \left(\sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_s[\beta] C_s[\gamma] \frac{|[\beta] - [\gamma]|^{2m-1}}{2 \cdot (2m-1)!} - 2 \sum_{\beta=0}^N C_s[\beta] \int_0^1 \sin(2\pi\omega x) \frac{|x - [\beta]|^{2m-1}}{2 \cdot (2m-1)!} dx \right. \\ & \left. + \int_0^1 \int_0^1 \sin(2\pi\omega x) \sin(2\pi\omega y) \frac{|x - y|^{2m-1}}{2 \cdot (2m-1)!} dx dy \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Theorem 2. Coefficients of the optimal quadrature formulas of the form (1) in the sense of Sard in the space $L_2^{(1)}[0,1]$ have the form

$$\begin{aligned} C_s[0] &= h \left[\frac{1}{2\pi\omega h} - \left(\frac{\sin(\pi\omega h)}{\pi\omega h} \right)^2 \frac{\cos(\pi\omega h)}{2\sin(\pi\omega h)} \right], \\ C_s[\beta] &= h \left(\frac{\sin(\pi\omega h)}{\pi\omega h} \right)^2 \sin(2\pi\omega[\beta]), \quad \beta = 1, 2, \dots, N-1, \\ C_s[N] &= h \left[-\frac{\cos(2\pi\omega)}{2\pi\omega h} + \left(\frac{\sin(\pi\omega h)}{\pi\omega h} \right)^2 \frac{\cos(2\pi\omega - \pi\omega h)}{2\sin(\pi\omega h)} \right]. \end{aligned}$$

where $[\beta] = h\beta$, $h = \frac{1}{N}$.

Now we calculated of the norm of the error functional (3) use theorem 2

$$\|\ell_s\|_{L_2^{(m)*}}^2 = \left(\frac{\sin(4\pi w)}{4(2\pi w)^3} + \frac{1}{2(2\pi w)^2} - \frac{1 - \cos(2\pi wh)}{(2\pi w)^4 h^2} - \frac{\sin(\pi wh) \sin(4\pi w)}{2(2\pi w)^4 h \cos(\pi wh)} \right)$$

REFERENCES

- [1]. S. L. Sobolev, Introduction to the Theory of Cubature Formulas. (Nauka., 1974) p. 808.
- [2]. K. M. Shadimetov, Optimal lattice quadrature formulas in Sobolev spaces. (2019) p. 220.
- [3]. 3.Hayotov A.R., Bozarov B.I., Abduganiev A. An optimal formula for numerical integration on two dimensional sphere. Uzbek Mathematical Journal, no.3, 2018, 80 - 89.
- [4]. 4.Hayotov A.R., Bozarov B.I. Optimal quadrature formulas with the trigonometric weight in the Sobolevspace. AIP Conference Proceedings 2365, 020022 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0056954>

$\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1$ DIFFERENSIAL OPERATORNING $D_m[\beta]$ DISKRET ANALOGI

Davronov J.R.

V.I. Romanovskiy nomidagi Matematika Instituti, Toshkent, O'zbekiston;

e-mail: javlon davronov77@gmail.com

Ushbu ishda $L_2^{(m,0)}(0,1)$ fazosida optimal kvadratur, interpolatsion va ayirmali formulalar koeffitsiyentlarining analitik ko'rinishini topish uchun muhim rol o'ynaydigan $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1$ differensial operatorning $D_m[\beta]$ diskret analogi qurilgan. Ya'ni

$$D_m[\beta] * G_m[\beta] = \delta[\beta] \quad (1)$$

tenglikni qanoatlantiradigan $D_m[\beta]$ diskret operator topilgan. Bu yerda m-juft natural son, $\delta[\beta]$ –diskret delta funksiyasi, hamda $G_m[\beta]$ –Grin funksiyasi [5] ishda topilgan, ya'ni

$$G_m[\beta] = -\frac{\text{sign}[\beta]}{2m} \sum_{k=1}^m e^{[\beta] \cos \frac{(2k-1)\pi}{2m}} \cdot \cos \left([\beta] \cdot \sin \frac{(2k-1)\pi}{2m} + \frac{(2k-1)\pi}{2m} \right).$$

Yuqoridagi (1) tenglama quyidagi tenglamaning diskret analogi hisoblanadi

$$\left(\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1 \right) G_m(x) = \delta(x). \quad (2)$$

Shuni ta'kidlash joizki, $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}}$ differentsial operatorining $D_h^{(m)}[\beta]$ diskret analogi [2] ishda qurilgan bo'lib, uning yordamida quyidagi natijalar olingan: Optimal kvadratura formulalar qurilgan, formula koeffitsientlarining musbatligi analitik formulalar bilan isbotlangan, vaznli optimal kvadratura formulasi olingan, Eyler-Makloren tipidagi optimal kvadratur formulalar qurilgan, Ermit tipidagi optimal kvadratur va interpolatsion formulalari qurilgan, D^m - splayn qurish masalasi hal qilingan. Qurilgan formulalar $(m-1)$ darajali ko'phadga aniq.

$\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}}$ differentsial operatorining $D_{m,W}(h\beta)$ diskret analogi [3] ishda qurilgan va undan foydalanib quyidagi natijalar olingan: optimal kvadratur formulalar va interpolatsion splaynlar qurilgan, Furrye koeffitsientlari uchun tuzilgan optimal kvadratur formulalarning koeffitsientlari olingan. $W_2^{(m,m-1)}$ fazoda qurilgan optimal kvadratur formulalar va splaynlar $(m-2)$ darajali har qanday ko'phadga va e^{-x} funksiyaga aniq bo'lgan.

$\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 2\omega^2 \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}} + \omega^4 \frac{d^{2m-4}}{dx^{2m-4}}$ differensial operatorining $D_{m,K}[\beta]$ diskret analogi [4] ishida qurilgan va undan foydalanib quyidagi natijalar olingan: ma'lum bir fazoda yarim normaga minimum qiymat beruvchi optimal kvadratur formulalar va interpolatsion splaynlari qurilgan. Qurilgan formulalar $(m-3)$ darajali har qanday algebraik ko'phad va $\sin(\omega x)$ va $\cos(\omega x)$ trigonometrik funksiyalarga aniq bo'lgan.

$\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - 1$ differentsial operatorining $D_m[\beta]$ diskret analogi [5] ishda qurilgan va undan foydalanib quyidagi natijalar olingan: eksponensial-trigonometrik

funksiyalarga aniq boʻlgan optimal kvadratur va interpolatsion formulalar qurilgan. Bundan tashqari, tegishli fazoda yarim normaga minimum qiymat beruvchi eksponensial-trigonometrik natural splayn funksiyasi topilgan.

Yuqoridagi natijalardan koʻrinib turibdiki, turli gilbert fazolarida qurilgan differensial operatorlarning diskret analoglari yordamida qurilgan optimal kvadratur va interpolatsion formulalar, maʼlum bir yarim normaga minimum beruvchi interpolatsion splaynlar algebraic koʻphadga, eksponensial, trigonometric va eksponensial-trigonometrik funksiyalarga aniq.

Ushbu ishda $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1$ ($m - juftda$) differensial operatorning $D_m[\beta]$ diskret analogi qurilgan. Quyidagi oʻrinli

Teorema. $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1$ differensial operatorning (1) tenglikni qanoatlantiruvchi $D_m[\beta]$ diskret analogi

$$D_m[\beta] = -\frac{m}{K} \cdot \begin{cases} M_1 - K_1 + \sum_{k=1}^{m-1} \frac{A_k}{\lambda_k}, & \beta = 0, \\ 1 + \sum_{k=1}^{m-1} A_k, & |\beta| = 1, \\ \sum_{k=1}^{m-1} A_k \cdot \lambda_k^{|\beta|-1}, & |\beta| \geq 2. \end{cases}$$

koʻrinishda boʻladi. Bu yerda $K, K_1, M_1, A_k, \lambda_k$ ($|\lambda_k| < 1$) lar berilganlar.

Adabiyotlar

- [1]. Davronov J.R. On one discrete system of the Wiener-Hopf type, Problems of computational and applied mathematics 5, 84-92 (2022).
- [2]. Шадиметов Х.М. Оптимальные решетчатые квадратурные и кубатурные формулы в пространствах Соболева. –Ташкент: Издательство “Fan va texnologiya”, 2019. – 224 с.
- [3]. Shadimetov Kh.M., Hayotov A.R. Optimal quadrature formulas in the sense of Sard in $W_2^{(m,m-1)}$ space, Calcolo, 2014, 51, no. 2, pp. 211-243.
- [4]. Hayotov A.R. The discrete analogue of a differential operator and its applications, Lithuanian Mathematical Journal, 2014, 54, no. 3, pp. 290–307.
- [5]. Boltaev A.K., Hayotov A.R., Shadimetov Kh.M. Construction of optimal quadrature formulas exact for exponential-trigonometric functions by Sobolev's method. Acta Mathematica Sinica, English series, 2021, 37, no. 7, pp. 1066-1088.

SOLUTION OF CIRCULAR RADON TRANSFORM USING TIKHONOV REGULARIZATION

^{1,2}**Djaykov G.M., ²Yadgarov Sh.A., ²Abdinasirova N.**

¹*Tashkent University of Information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan;*

²*Nukus branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Nukus, Uzbekistan;*

e-mail: gafur_djaykov@mail.ru

Let's denote $\Omega = \{(x, y) : x \in R^1, 0 \leq y \leq H\}$. For all (x, y) , lying in the strip Ω . Denote by the $C_0^2(\Omega)$ class of functions $u(x, y)$ that have all continuous partial derivatives up to the 2 – order inclusive and are finitely supported in the strip Ω .

Statement of the problem. In the strip Ω restore the function of two variables $u(x, y)$ if the integrals of it over the curves of the family are known $\{\Upsilon(x, y)\}$

$$\int_{\Upsilon(x, y)} g(x, \xi) u(\xi, \eta) d\xi = f(x, y) \quad (1)$$

where an arbitrary family curve is represented by the expression $\Upsilon(x, y) = \{(\xi, \eta) : (x - \xi)^2 + \eta^2 = y^2, 0 \leq \eta \leq y \leq H, -\infty < x < \infty\}$.

The paper [1] presents uniqueness theorems for the solution of an integral geometry problem on curves of spherical type and analytical representations of the solution in terms of the Fourier image in the first variable.

The papers [2-3] consider problems of integral geometry on a family of broken lines and line segments with an exponential weight function. Analytic representations of the solution in the class of smooth finite functions are obtained. Estimates for the solution of the problem in Sobolev spaces are presented, from which follows its weak ill-posedness.

Let us rewrite equation (1) for $g(x, \xi) = 1$ in the following form

$$\int_{\Upsilon(x, y)} u(\xi, \eta) d\xi = f(x, y), \quad (2)$$

where an arbitrary family curve is represented by the expression

$$\Upsilon(x, y) = \{(\xi, \eta) : (x - \xi)^2 + \eta^2 = y^2, 0 \leq \eta \leq y \leq H, -\infty < x < \infty\}.$$

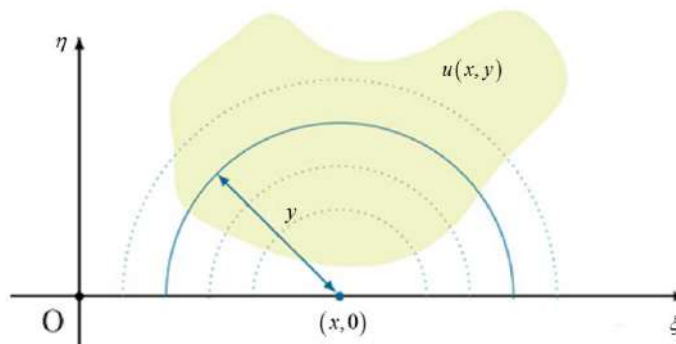


Fig.1 Geometric interpretation of the method

Theorem. Let the function $f(x, y)$ be known in the strip Ω , the weight function $g(x, \xi) = 1$. Then the approximate solution for equation (2) in the class of twice continuously differentiable finite functions supported in the strip Ω is

$$u_{\alpha}(x, y) = \frac{1}{2\alpha y \sqrt{\pi^3}} \frac{\partial}{\partial y} \int_0^y \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\eta f(\xi, \eta) K_1(x, \xi, y, \eta)}{\sqrt{y^2 - \eta^2}} d\xi d\eta$$

where $K_1(x, \xi, y, \eta) = e^{\frac{y^2 - \eta^2 - (x - \xi)^2}{4\alpha^2}} \cos \frac{\sqrt{(x - \xi)} \sqrt{y^2 - \eta^2} \sqrt{\quad}}{2\alpha^2 \sqrt{\quad}}$

REFERENCES

- [1] Begmatov A. Kh., Dzhaikov G.M. Linear problem of integral geometry in a strip with smooth weight functions and perturbation. Vladikavkaz mathematical journal. 2015. V.17, No. 3. pp.14-22.
- [2] Begmatov A.H., Djaykov G.M. Numerical Recovery of Function in a Strip from Given Integral Data on Linear Manifolds. International forum on strategic technology, IFOST 2016, Novosibirsk, Russia, 1–3 June 2016: Conference proceedings. Part 1. – Novosibirsk, 2016. – pp. 478–483.
- [3] Uteuliev N.U., Djaykov G.M., Yadgarov Sh.A. Analytical and numerical reconstruction of internal structure of the objects in a family of straight-line segments. 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT).

MA'LUM HILBERT FAZOSIDA OPTIMAL INTERPOLYATSION FORMULA

Doniyorov N.N.

V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika instituti universitet

e-mail: negmurod1989@mail.ru

Ushbu ishda biz ma'lum Hilbert fazosida optimal interpolatsion formulani qurish haqida so'z yuritamiz. Xususan, $K_2(P_3)$ gilbert fazosida optimal interpolatsion formulaning koeffitsiyentlarini analitik ko'rinishini topish masalasini qaraymiz. $K_2(P_3)$ gilbert fazosi [1] ishda keltirilgan bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$K_2(P_3) = \left\{ \varphi: [0, 1] \rightarrow R \mid \varphi^{(2)} - \text{absolyut uzluksiz va } \varphi^{(3)} \in L_2(0, 1) \right\},$$

hamda ushbu fazo quyidagi norma bilan ta'minlangan

$$\|\varphi\|_{K_2(P_3)} = \left(\int_0^1 \left(\varphi^{(3)}(x) + \omega^2 \varphi^{(1)}(x) \right)^2 dx \right)^{\frac{1}{2}},$$

bu yerda ω – noldan farqli ixtiyoriy haqiqiy son.

Dastlab optimal interpolatsion formulani qurish masalasiga to'xtalamiz.

Bizga $0 \leq x_0 < x_1 < \dots < x_N \leq 1$ to'rdagi $x_0, x_1, \dots, x_N$ nuqtalarda $\varphi(x)$ funksiyaning $\varphi(x_0), \varphi(x_1), \dots, \varphi(x_N)$ qiymatlari berilgan bo'lsin. Bunda $\varphi(x)$ funksiyani quyidagicha yaqinlashtirish masalasini qaraymiz:

$$\varphi(x) \cong P_\varphi(x), \quad (1)$$

bunda

$$P_\varphi(x) = \sum_{\beta=0}^N C_\beta(x) \cdot \varphi(x_\beta)$$

bu yerda $P_\varphi(x)$ yaqinlashtiruvchi funksiya, $C_\beta(x), \beta = \overline{0, N}$ lar uning hozircha noma'lum bo'lgan koeffitsiyentlari. (1) taqribiy tenglik

$$\varphi(x_\beta) = P_\varphi(x_\beta), \beta = \overline{0, N}$$

interpolyatsiya shartlarini qanoatlantiradi. Bu holda (1) ga interpolyatsion formula deyiladi.

Ushbu

$$(\ell, \varphi) = \varphi(x) - P_\varphi(x)$$

ayirmaga (1) interpolyatsion formulaning xatoligi deyiladi. Bu yerda ℓ bu (1) interpolyatsion formulaning xatolik funksionali bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi

$$\ell(x, z) = \delta(x - z) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta(z) \delta(x - x_\beta), \quad (2)$$

bu yerda $\delta(x)$ bu Dirakning delta-funksiyasi.

Interpolyatsiya nazariyasining asosiy masalalaridan biri (1) interpolyatsion formulaning maksimal xatosini topishdir.

Ushbu

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\varphi\|_{K_2(P_3)} \cdot \|\varphi\|_{K_2^*(P_3)}$$

Koshi-Shvars tengsizligiga ko'ra, (1) interpolyatsion formulaning xatoligi $K_2(P_3)$ fazoga qo'shma $K_2^*(P_3)$ fazodagi ℓ xatolik funksionalining normasi yordamida baholanadi.

Bundan tashqari, (2) xatolik funksionali (1) interpolyatsion formulaning $C_\beta(x)$ koeffitsiyentlariga bog'liq bo'ladi. Agar

$$\left\| \overset{\circ}{\ell}(x) \right\|_{K_2^*(P_3)} = \inf_{C_\beta(x)} \left\| \ell(x) \right\|_{K_2^*(P_3)}$$

eng kichik qiymat biror $C_\beta(x) = \overset{\circ}{C}_\beta(x)$ da erishilsa, bunga mos keladigan formula optimal interpolyatsion formula deb ataladi. Optimal interpolyatsion formulaning koeffitsiyentlariga optimal koeffitsiyentlar deyiladi.

Ushbu ishda $K_2(P_3)$ Hilbert fazoda (1) ko'rinishdagi optimal interpolyatsion formula qurilgan va uning koeffitsiyentlari uchun quyidagi natija olingan.

Teorema 1. (1) optimal interpolyatsion formulaning koeffitsiyentlari quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$\begin{aligned}
C_0(z) &= p \sum_{k=1}^2 B_k M_k + p \left(\frac{h}{4\omega^4} (\cos(\omega h + \omega z) + 2) - d_1^- \sin(\omega h) + d_2^- \cos(\omega h) + Q_0^- \right) + \\
&\quad + p \left(CG_3(z) + G_3(z-h) + \sum_{\gamma=0}^N \sum_{k=1}^2 B_k q_k^{\gamma-1} G_3(z-h\gamma) \right) + p \sum_{k=1}^2 B_k q_k^N N_k, \\
C_\beta(z) &= p \sum_{k=1}^2 B_k q_k^\beta M_k + p \left(G_3(z-h(\beta-1)) + CG_3(z-h\beta) + G_3(z-h(\beta+1)) \right) + \\
&\quad + p \sum_{\gamma=0}^N \sum_{k=1}^2 B_k q_k^{|\beta-\gamma|-1} G_3(z-h\gamma) + p \sum_{k=1}^2 B_k q_k^{N-\beta} N_k, \beta = \overline{1, N-1}, \\
C_N(z) &= p \sum_{k=1}^2 B_k q_k^N M_k + p \left(CG_3(z-1) + G_3(z-1+h) + \sum_{\gamma=0}^N \sum_{k=1}^2 B_k q_k^{N-\gamma-1} G_3(z-h\gamma) \right) + \\
&\quad + p \left(\frac{1+h}{4\omega^4} (\cos(\omega + \omega h - \omega z) + 2) + d_1^+ \sin(\omega h + \omega) + d_2^+ \cos(\omega h + \omega) + Q_0^+ \right) + p \sum_{k=1}^2 B_k N_k,
\end{aligned}$$

bu yerda ifodalardagi barcha kattaliklar aniqlangan.

Ta'kidlash kerakki, hosil qilingan (1) ko'rinishdagi optimal interpolyatsion formula $\sin(\omega x)$, $\cos(\omega x)$ trigonometrik funksiyalar va o'zgaras sonning ixtiyoriy chiziqli kombinatsiyasini aniq tiklaydi.

Adabiyotlar

[1]. Хаётов А.Р., Дониёров Н.Н. Формула оптимальной интерполяции в пространстве $K_2(P_m)$. Вторая Узбекско-Малайзийская международная конференция “Вычислительные модели и технологии (BMT2022)”. 16-17 сентября, 2022 г., Ташкент. – С. 33-34.

OBJEKTILI MODELLASHTIRISHDAN FOYDALANISH ORQALI MOBIL ILOVALARNI LOYIHALASHTIRISH

M.Yu.Doshanova, M.Xodjayev, E.Uralov

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, yulduzxon_85@mail.ru*

Hozirgi vaqtda mobil qurilmalar turli xil funksiyalarga ega: Internetga kirish, shu jumladan elektron pochtdan foydalanish, matnli messengerlar va video qo'ng'iroqlar yordamida aloqani qo'llab-quvvatlash. Shu munosabat bilan, nafaqat o'yin-kulgi va dam olish uchun, balki ofis vazifalarini hal qilish uchun ham ko'plab dasturiy echimlar paydo bo'ldi: hujjatlar, taqdimotlar, elektron jadvallar, grafiklar va boshqalar bilan ishlash.

Xodimlar ish vaqtida mobil qurilmalardan foydalanishini hisobga olsak, korxonalar axborot xavfsizligi va korporativ siyosatning buzilishidan xavotirda. Ammo ko'plab korxonalar zamonaviy qurilmalarni taqiqlash o'rniga ishlab chiqarishga mobil texnologiyalarni joriy qila boshladilar. Mobil texnologiyalarni joriy etish uch xil tushunchaga muvofiq amalga oshirilishi mumkin [1, 2].

CYOD “Qurilmangizni tanlang” kontseptsiyasi mobil texnologiyalarning

dastlabki kunlarida eng mashhur bo'lgan. Ushbu kontseptsiyadan foydalanib, korxona xodimning xohishiga ko'ra bitta yoki bir nechta qurilmani taklif qiladi. Barcha qurilmalar korporativ siyosatga muvofiq sozlangan. Ammo bu texnologiya tez rivojlanyapti, qurilmalar tezda eskirgan va xodimlar uchun ishlaydigan qurilmadan foydalanish qulay emas, chunki shaxsiy imtiyozlarga asoslanib, har bir kishi o'z qurilmasini sotib olgan, shuning uchun hozirda bu kontseptsiya amalda qo'llanilmaydi.

BYOD ning "O'z qurilmangizni olib keeling" kontseptsiyasi hozirda eng maqbul hisoblanadi. Xodim ish joyida shaxsiy qurilmasidan foydalanadi, korporativ mobil ilovalar esa axborot xavfsizligi sifatini oshirish uchun ko'plab imkoniyatlarga ega. Bu kontseptsiya eng arzon hisoblanadi va buning natijasida xodimlarning qoniqish darajasi ortadi.

Shuningdek, korxona xodimlari uchun bir qarashda oddiy smartfonlar kabi ishlaydigan, lekin ish stoli rejimiga o'tish imkoniyatiga ega bo'lgan qurilmalar eng istiqbolli hisoblanadi [4]. Ushbu rejimga o'tgandan so'ng, qurilma sichqoncha va klaviatura bilan foydalanish uchun qulay, shuning uchun alohida oynalarda ko'plab ilovalarni ishga tushirish mumkin bo'ladi. Bundan tashqari, ular monitorga ulanish uchun portlar bilan jihozlangan va Windows 10 va Linux Ubuntu platformalarida mavjud. Ya'ni, aslida, xodim istalgan vaqtda o'zi bilan olib ketishi va doimo aloqada bo'lishi mumkin bo'lgan kompyuter ishlatiladi. Bunday qurilmalar o'z platformalari uchun mavjud bo'lgan barcha dasturlarni qo'llab-quvvatlaydi. Masalan, Windows tizimida Microsoft Office va Adobe Photoshop, Linux Ubuntu-da Libreoffice va GIMP.

Amalda, korxona har doim o'z ilovasiga ega va u haqidagi ma'lumotlar faqat uning xodimlari uchun mavjud. Shaxsiy rivojlanish korxonaning korporativ siyosati va axborot xavfsizligining barcha tamoyillarini hisobga olish va unga muhtoj bo'lgan xodimlar uchun arizani moslashtirish imkonini beradi. Rivojlanishni boshlashdan oldin siz mobil ilovani loyihalashingiz va birinchi navbatda ob'yektni modellashtirishdan foydalanishingiz kerak.

Energiya kompaniyasi xodimlarini xabardor qilish uchun mobil ilova mijoz sifatida ishlaydi va faqat xodim uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni ko'rsatadi. Korporativ siyosatni saqlab qolish uchun barcha ma'lumotlar korxona serverida saqlanadi. Korxonaning IT bo'limi serverning ma'lumotlarni to'g'ri qabul qilishi, saqlashi, qayta ishlashi va mobil ilovalarga jo'natishi uchun serverning texnik qismlarini belgilaydi. Ilovaning asosiy funktsiyalari qanday ajralib turadi: kompaniya yangiliklarini ko'rish, taqvimga voqealarni o'rnatish va uni boshqa xodimlar bilan sinxronlashtirish qobiliyati, matnli xabarlar yordamida korxona tarmog'i ichidagi xodimlar o'rtasida aloqa o'rnatish.

Bundan tashqari, ushbu ilovadan foydalanadigan xodimlar foydalanuvchilar va administrator huquqlariga ega xodimlar sifatida ajralib turadi. Administrator hisobi ostida tizimga kiradi va foydalanuvchi boshqaruviga kirish huquqiga ega, yangi foydalanuvchini, masalan, yangi xodimni qo'shish imkoniyatiga ega. Administrator korporativ kalendarga yangi voqealar qo'shishi yoki mavjud yozuvlarni tahrirlashi mumkin. Shuningdek, korxonaning boshqa xodimlaridan matnli xabarlarni yuborish va ko'rish mumkin.

Foydalanuvchi kompaniya yangiliklarini, korporativ kalendarni ko'rishni mumkin, lekin faqat shaxsiy kalendarni o'rnatishi va administrator kabi matnli xabarlarni ko'rish va yuborishi mumkin.

Yangi tadbir yaratish yoki taqvimdagi voqea haqidagi ma'lumotlarni o'zgartirish uchun administrator mobil ilova formasidan foydalanishi kerak. Berilgan so'rovga ega shakl serverga murojaat qiladi. Server voqealarni qayta ishlaydi va yangi yoki o'zgartirilgan voqealarni saqlaydi.

Matnli xabarlar bilan ishlash uchun xabar shakli foydalanuvchining avtorizatsiya ma'lumotlarini yuboradi. Xabarlar mobil ariza shaklida yuboriladi. Xabarni jo'natish uchun foydalanuvchi shakldagi matnni teradi, so'ngra forma ma'lumotlarni serverga yuboradi, u yerda server xabarni saqlaydi va iloji bo'lsa, uni boshqa foydalanuvchiga yuboradi. Yangiliklarni ko'rsatish uchun server avtomatik ravishda joylashtirilgan yangiliklar ro'yxatini yangilaydi va agar foydalanuvchi ko'rish formasiga kirsam, dastur serverdan ma'lumotlarni so'raydi va u ma'lumotlarni ariza formasida ko'rsatadi.

Shunday qilib, mobil ilovalarning kengaytirilgan funktsionalligi korxona xodimlarining o'zaro hamkorligini sezilarli darajada optimallashtiradi va ishlab chiqarish vazifalarini bajarishni sinxronlashtirishga imkon beradi.

Adabiyotlar ro'yxati:

[1] Ремаренко С.А., Фролов Д.А. Анализ возможностей использования технологий мобильных приложений в деятельности предприятия // Молодой ученый. 2015. № 22 – 5 (102). С. 32–34.

[2] BYOD, CYOD, COPE: What Does It All Mean? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.repsly.com/blog/byod-cyod-cope-what-does-it-mean> (Дата обращения: 28.03.23).

PYTHONNING STATISTIK MASALALAR BILAN ISHLASH IMKONIYATLARI.

Eshboyev Sh.

Termiz davlat universiteti

e-mail: eshboyevshuhrat7777777@gmail.com

Matematika statistika azaldan fan va texnikaning deyarli barcha amaliy fanlari, shuningdek, biznes, tibbiyot va ma'lumotlardan bilim olish va qarorlar qabul qilish uchun foydalaniladigan boshqa sohalariga tegishli bo'lgan sohasi bo'lib kelgan. So'nggi paytlarda ma'lumotlar tahlilining kengayishi bilan statistik usullarga qiziqish ortdi. Shunday bo'lsada, kompyuterda statistika bilan ishlash uzoq tarixga ega va bu sohada an'anaviy ravishda C tili kabi dasturiy ta'minot paketlari va dasturlash muhitlari hukmronlik qiladi va yaqinda uning ochiq manbali ekvivalenti R tili paydo bo'ldi. So'nggi bir necha yil ichida statistik tahlil uchun Python dan foydalanish tez sur'atlar bilan o'sdi va hozirda Python uchun statistik kutubxonalarning mukammal to'plami mavjud. Ushbu kutubxonalar yordamida Python statistikaning ko'plab sohalarida domenga xos tillarning ishlashi va xususiyatlariga mos kelishi mumkin, garchi hammasi bo'lmasa ham, Python

dasturlash tili va uning muhitining o'ziga xos afzalliklarini ta'minlaydi. Pandas kutubxonasi Python muhitiga ma'lumotlar qolipi, ma'lumotlar strukturasi joriy qilish bilan statistik dasturiy ta'minot kuchli ta'sir ko'rsatgan Python hamjamiyatidagi rivojlanishning namunasidir. NumPy va SciPy kutubxonalari ko'plab fundamental statistik tushunchalar uchun hisoblash vositalarini taqdim etadi va yuqori darajadagi statistik modellash va mashinalarni o'rganish statsmodellar va scikit-learn kutubxonalari bilan qamrab olingan.

Bu yerda biz tavsiflovchi statistikani hisoblash, tasodifiy sonlar, tasodifiy o'zgaruvchilar, taqsimotlar va gipoteza testlarini muhokama qilamiz. Ba'zi fundamental statistik funksiyalar NumPy kutubxonasi orqali ham mavjud, masalan, tavsiflovchi statistikani hisoblash uchun uning funksiyalari va usullari va tasodifiy sonlarni yaratish moduli. SciPy stats moduli NumPy ustiga qurilgan bo'lib, tasodifiy sonlar generatorlarini ko'proq ixtisoslashgan taqsimotlar bilan ta'minlaydi.

Statistika bilan ishlash uchun asosan SciPydagi stats modul bilan ishlanadi. Bundan tashqari, massivlar bilan ishlash uchun NumPy hamda olingan natijalarni grafik tarzda namoyish qilish uchun Matplotlib kutubxonalaridan foydalaniladi. Bundan tashqari statistik grafikalar va usullar uchun Seaborn kutubxonasidan foydalaniladi.

Statistika tushunchaga ega bo'lish, xulosalar chiqarish va qarorlar qabul qilishni qo'llab-quvvatlash maqsadida ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish bilan shug'ullanadi. Agar hodisa haqida to'liq bo'lmagan ma'lumotlarga ega bo'lsak, statistik usullar zarur. Odatda bizda to'liq bo'lmagan ma'lumotlar mavjud, chunki biz aholining barcha a'zolaridan ma'lumotlarni to'play olmaymiz yoki kuzatuvlarimizda noaniqlik mavjud bo'lsa (masalan, o'lchov xatoliklari tufayli). Agar biz butun populyatsiyani o'rgana olmasak, uning o'rniga tasodifiy tanlangan namunani o'rganishimiz mumkin va biz butun populyatsiyaning xususiyatlari haqida xulosa chiqarish uchun statistik usullardan foydalanishimiz va tavsiflovchi statistikani (o'rtacha va dispersiya kabi parametrlar) tizimli tarzda va nazorat ostida xatolik xavfi bilan hisoblashimiz mumkin (Namuna maydoni deb ham ataladi).

Statistik usullar ehtimollik nazariyasi asosida qurilgan bo'lib, ular yordamida noaniqlik va to'liq bo'lmagan ma'lumotlarni ehtimollik, tasodifiy o'zgaruvchilar yordamida modellashimiz mumkin. Misol uchun, populyatsiyaning tasodifiy tanlangan namunalari bilan biz xususiyatlaridan butun populyatsiyaning xususiyatlarini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan vakillik namunalarini olishga umid qilishimiz mumkin. Ehtimollar nazariyasida kuzatish uchun har bir mumkin bo'lgan natijaga ehtimollik beriladi va barcha mumkin bo'lgan natijalar uchun ehtimollik ehtimollik taqsimotini tashkil qiladi. Ehtimollar taqsimotini hisobga olgan holda, biz populyatsiyaning o'rtacha va dispersiya kabi xususiyatlarini hisoblashimiz mumkin, ammo tasodifiy tanlangan namunalar uchun biz faqat kutilgan yoki o'rtacha natijalarni bilamiz.

Statistik tahlilda aholi va tanlama statistikasi farqlash muhim ahamiyatga ega. Bu yerda biz populyatsiya parametrlarini yunoncha belgilar bilan va mos keladigan populyatsiya belgisi bilan namuna parametrlarini qo'shilgan x belgisi (yoki namunani ko'rsatish uchun ishlatiladigan belgi) bilan belgilaymiz. Masalan,

boshlanishning o'rtachasi va dispersiyasi μ va σ^2 bilan, x tanlamaning o'rtachasi va dispersiyasi μ_x va σ_x^2 bilan belgilanadi. Bundan tashqari, biz populyatsiyani (tasodifiy o'zgaruvchilar) bosh harflar bilan ifodalovchi o'zgaruvchilarni, masalan, X bilan belgilaymiz va namunaviy elementlar to'plami kichik harf bilan belgilanadi, masalan, x . Belgi ustidagi satr o'rtacha yoki o'rtacha qiymatni bildiradi,

$\mu = \bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ va $\mu_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, bu yerda N - X populyatsiyadagi elementlar soni

va n - x namunasidagi elementlar soni. Bu ikki ifoda o'rtasidagi yagona farq yig'indidagi elementlar sonida ($N \geq n$). Vaziyat dispersiya uchun biroz murakkabroq: populyatsiya dispersiyasi o'rtacha kvadratik masofaning o'rtacha

qiymati, $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2$ va mos keladigan tanlov dispersiyasi

$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2$. Oxirgi ifodada biz umumiy o'rtacha μ ni namunaviy o'rtacha

μ_x bilan almashtirdik va yig'indini n ga emas, $n-1$ ga bo'ldik. Buning sababi shundaki, tanlanma o'rtacha μ_x ni hisoblashda tanlama to'plamidan bir erkinlik darajasi chiqarib tashlangan, shuning uchun tanlama dispersiyasini hisoblashda faqat $n-1$ erkinlik darajasi qoladi. Binobarin, populyatsiya va tanlama uchun dispersiyani hisoblash usuli biroz farq qiladi. Bu Pythonda ushbu statistikani hisoblash uchun foydalanishimiz mumkin bo'lgan funksiyalarda aks ettirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1]. Robert Johansson. Numerical Python: Scientific Computing and Data Science Applications with Numpy, SciPy and Matplotlib. Apress.

[2]. Вабищевич П.Н. Численные методы: Вычислительный практикум. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. — 320 с.

PLAZMADA ION-TOVUSHLI TO'LQINLAR HARAKATI DINAMIKASI

Esonurdiyev J., Erdanayev Sh.

Termiz davlat universiteti

e-mail: jahongiresonturdiyev909@gmail.com, shahzod.erdanayev@gmail.com

Plazma fizikasi masalasini qaraylik. Magnit maydonsiz plazmadagi elektronlar

$$\frac{\partial v_e}{\partial t} + v_e \frac{\partial v_e}{\partial x} = \frac{e}{m} \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{1}{mn_e} \frac{\partial p_e}{\partial x} \quad (1)$$

va ionlar

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial x} = -\frac{e}{M} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \quad (2)$$

harakatining gidrodinamik tenglamalarini yozamiz. Bu yerda $v_{i,e}$ va $n_{i,e}$ - ionlar va elektronlarning tezligi va konsentratsiyasi, mos ravishda φ - fazoviy zaryad maydonining potentsiali, e va m - elektron zaryadi va massasi, M - ion massasi. Biz ionning zaryadini $-e$ deb hisoblaymiz. Plazmaning ion komponentining harorati T_i , qoida tariqasida, elektronlarning T_e haroratidan ancha past bo'lgani uchun (2) tenglamadagi bosim hisobga olinmaydi. Biz faraz qilamizki, elektron komponentni taxminan ideal gaz deb hisoblash mumkin va p_e bosimini

$$p_e = n_e k_B T_e \quad (3)$$

holat tenglamasidan topish mumkin, bunda k_B – Bolsman doimiysi. Ion-akustik to'lqinlar sekin harakatlarni ifodalab, ularning xarakteristik chastotasi ion plazma chastotasi [1, 2] tartibida bo'ladi, shuning uchun (1) tenglamada elektronlar inersiyasini e'tiborsiz qoldirish mumkin (ya'ni, potensialning o'zgarishi bilan elektron kontsentratsiyasining qayta taqsimlanishi bir zumda sodir bo'ladi deb faraz qilish mumkin). Shunday qilib, (1) tenglama quyidagi shaklni oladi:

$$e \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{1}{n_e} \frac{\partial p_e}{\partial x}.$$

Bunga (3) holat tenglamasini qo'yib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz

$$e \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{k_B T_e}{n_e} \frac{\partial n_e}{\partial x} \quad (4)$$

Potensial φ Puasson tenglamasiga bo'ysunadi

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = \frac{e}{\varepsilon_0} (n_e - n_i) \quad (5)$$

Biz bir turdagi suyuqlik gidrodinamikasining yaqinlashuvidan foydalanamiz [2], unga ko'ra plazma to'liq kompensatsiyalangan deb faraz qilamiz:

$$n_e \approx n_i.$$

Tenglama (5) dan ko'rinadiki, bu yaqinlashish faqat uzun to'lqinli tebranishlarni hisobga olishga teng, ya'ni $|\varphi_{xx}| \ll |en_{e,i}/\varepsilon_0|$. Endi ionlarning (2) harakat tenglamasi (4) ni hisobga olgan holda quyidagi shaklni oladi

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial x} = -\frac{k_B T_e}{M n_i} \frac{\partial n_i}{\partial x}.$$

Bu tenglamaga ionlar uchun uzluksizlik tenglamasini qo'shamiz. Keyin, "i" indeksini qoldirib, biz yakuniy tenglamalar sistemasini yozamiz

$$v_t + v v_x + \frac{c_s^2 n_x}{n} = 0, \quad (6)$$

$$n_t + (n v)_x = 0, \quad (7)$$

bunda $c_s = \sqrt{k_B T_e / M}$ - ion tovush tezligi. Ko'rinib turibdiki, bu tizim

$$\rho(v_t + v v_x) = -a^2(\rho) \rho_x, \\ \rho_t(\rho v)_x = 0.$$

turga tegishli, shuning uchun biz darhol uning giperbolik ekanligi haqida xulosa chiqarishimiz va Riman invariantlari va xarakteristik tenglamalarini o'rnatishimiz mumkin bo'ladi. Chiziqli to'lqinlar dispersiya munosabati bilan tasvirlanganligini ko'rsatish mumkin

$$\omega^2 = c_s^2 k^2$$

ya'ni, qilingan farazlar doirasida tahlil qilinayotgan tizimda dispersiya yo'q. Ammo, umuman olganda, ion-akustik to'lqinlar dispersivdir. To'lqinlar yetarlicha uzun degan faraz tufayli dispersiya effektlari yo'qoldi. Xususan, bu (5) Puasson tenglamasida amalga oshirildi, bunda $\varphi_{xx} = 0$ deb qaradik. Fizik jihatdan, bu plazma neytral ekanligini anglatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984.

[2] Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.

A MATHEMATICAL MODEL OF TWO-COMPONENT SUSPENSION IN DUAL-ZONE POROUS MEDIUM

Fayzieva M., Shodmonov I., Fayziev B.

Samarkand State University;

e-mail: fayzievbm@mail.ru

Many scientific and practical studies in such fields as fluid and gas mechanics, hydrogeology, and ecology lead to problems in the theory of filtration of inhomogeneous liquids. Filtration models of heterogeneous liquids in porous media and methods for their numerical research serve as the theoretical basis for the processes of treating drinking and wasting water [1], increasing the efficiency of oil and gas production [2], studying colloid transport in chemical engineering [3], etc.

Mathematical model of two component suspension is generalization of same model for one component suspension. Particle mass balance equation will given for each fraction [4]. Which in the one-dimensional form is represented in the following form

$$m_0 \frac{\partial c^{(i)}}{\partial t} + v \frac{\partial c^{(i)}}{\partial x} + \frac{\partial \rho^{(i)}}{\partial t} = D^{(i)} \frac{\partial^2 c^{(i)}}{\partial x^2}, \quad (1)$$

where m_0 is initial porosity, $c^{(i)}$ are volume concentrations of i -thsuspension component solid particles (m^3/m^3), $\rho^{(i)}$ are deposition concentrations of i -thcomponent (m^3/m^3), $D^{(i)}$ are diffusion coefficient for i -thsuspension component (m^2/s), $i=1,2$ correspond to the component numbers.

Kinetic equations taken in form

$$\frac{\partial \rho^{(1)}}{\partial t} = \begin{cases} \beta_r^{(1)} v c^{(1)} & \text{for } 0 < \rho^{(1)} \leq \rho_1^{(1)} \\ \frac{\beta_a^{(1)} v c^{(1)}}{1 + \gamma^{(1)} |\nabla p|} - \beta_d^{(1)} (1 + \omega^{(1)} |\nabla p|) \rho^{(1)} & \text{for } \rho_1^{(1)} < \rho^{(1)}, \rho^{(1)} + \rho^{(2)} < \rho_0 \\ 0 & \text{for } \rho^{(1)} + \rho^{(2)} = \rho_0, \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho^{(2)}}{\partial t} = \begin{cases} \beta_r^{(2)} v c^{(2)} & \text{for } 0 < \rho^{(2)} \leq \rho_1^{(2)} \\ \frac{\beta_a^{(2)} v c^{(2)}}{1 + \gamma^{(2)} |\nabla p|} - \beta_d^{(2)} (1 + \omega^{(2)} |\nabla p|) \rho^{(2)} & \text{for } \rho_1^{(2)} < \rho^{(2)} < \rho_0^{(2)}, \rho^{(1)} + \rho^{(2)} < \rho_0 \\ 0 & \text{for } \rho^{(2)} = \rho_0^{(2)} \text{ or } \rho^{(1)} + \rho^{(2)} = \rho_0, \end{cases} \quad (3)$$

where $\gamma^{(i)}$, $\omega^{(i)}$ are constant coefficients.

The Darcy law in the one-dimensional case has the form

$$v = K(m) |\nabla p|, \quad m = m_0 - (\rho^{(1)} / \rho_d^{(1)} + \rho^{(2)} / \rho_d^{(2)}), \quad (4)$$

where $K(m)$ is filtration coefficient, $\rho_d^{(i)}$ are densities of particle materials, kg/m^3 .

For $K(m)$ we use Kozeny–Carman equation

$$K(m) = k_0 m^3 / (1 - m)^2, \quad k_0 = \text{const}. \quad (5)$$

We consider a finite homogeneous porous medium with initial porosity m_0 , filled with homogeneous liquid (with liquid without dispersed particles). At a point $x=0$ beginning from $t > 0$ a suspension with constant particle concentrations $c_0^{(i)}$ and filtration velocity $v(t) = v_0 = \text{const}$ is injected.

The initial and boundary conditions have the form

$$c^{(i)}(x, 0) = 0, \rho^{(i)}(x, 0) = 0, c^{(i)}(0, t) = c_0^{(i)} = \text{const}, \frac{\partial c^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad x = L, \quad t > 0. \quad (6)$$

Problem (1) - (6) is solved by the method of finite differences. In the domain $D = \{0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T\}$ we introduce the following net, $\omega_{h\tau} = \{(x_k, t_j), x_k = kh, k = 0, 1, \dots, N, h = L/N, t_j = j\tau, j = 0, 1, \dots, J, \tau = T/J\}$.

Instead of functions $c^{(i)}(t, x), \rho^{(i)}(t, x)$ we use net functions, $(c^{(i)})_k^j, (\rho^{(i)})_k^j$ determined on $\omega_{h\tau}$.

Mass balance equation (1) for each component we approximate by the following implicit finite difference schemes

$$\begin{aligned} m_0 \frac{(c^{(i)})_k^{j+1} - (c^{(i)})_k^j}{\tau} + v \frac{(c^{(i)})_k^{j+1} - (c^{(i)})_{k-1}^{j+1}}{h} + \frac{(\rho^{(i)})_k^{j+1} - (\rho^{(i)})_k^j}{\tau} = \\ = D^{(i)} \frac{(c^{(i)})_{k-1}^{j+1} - 2(c^{(i)})_k^{j+1} + (c^{(i)})_{k+1}^{j+1}}{h^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Kinetic equations (2) – (3) after approximation look like

$$\frac{(\rho^{(i)})_k^{j+1} - (\rho^{(i)})_k^j}{\tau} = \begin{cases} \beta_r^{(i)} v (c^{(i)})_k^j \\ \frac{\beta_d^{(i)} v (c^{(i)})_k^j}{1 + \gamma^{(i)} |\nabla p|_k^{j+1}} - \beta_d^{(i)} (1 + \omega^{(i)} |\nabla p|_k^{j+1}) (\rho^{(i)})_k^j \\ 0 \end{cases} \quad (8)$$

Numerical experiments carried out using a computer code developed by authors in Python. The concentration fields and the concentration of deposition are determined for each component of suspension. The multistage dynamics of deposition, which characterizes the various features of each stage and their parameters, is considered. The two components of the suspension have different kinetics of attachment and detachment from pores. It has been shown that polydispersity of suspension and multistage deposition kinetics can lead to various effects that are not characteristic of the transfer of one-component suspensions with one-stage particle deposition kinetics.

References

[1]. Droste, R.L.; Gehr, R.L. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, 2nd ed.; Wiley: New York, NY, USA, 2019.

[2]. Bedrikovetsky, P. Mathematical Theory of Oil and Gas Recovery; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1993.

[3]. Bradford, S.; Torkzaban, S. Colloid transport and retention in unsaturated porous media: A review of interface-, collector-, and pore-scale processes and models. *Vadose Zone J.* 2008, 7, 667--681.

[4]. Venitsianov, E.V.; Rubinstein, R.N. Dynamics of Sorption from Liquid Media; Nauka: Moscow, Russia, 1983.

AN OPTIMAL QUADRATURE FORMULA WITH PARAMETER

^{1,2} Hayotov A.R., ^{1,3} Kuldoshev H.M.

¹V.I.Romanovskiy Institute of Mathematics, Tashkent, Uzbekistan;

²Bukhara State University;

³Tashkent University of Information Technologies;

In this work, we construct an optimal quadrature formula in the Hilbert space $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$. It should be noted that the error of this quadrature formula depends on the parameter σ . The main goal of this work is to find the value of the parameter σ for which the error of the optimal quadrature formula is the smallest in the space $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$. $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$ is a class of functions integrable by the square of the first-order derivative, and the inner product among its elements is defined as follows

$$\langle f, g \rangle_{W_{2,\sigma}^{(1,0)}} = \int_0^1 (f'(x) + \sigma f(x))(g'(x) + \sigma g(x)) dx,$$

where $\sigma \neq 0$. According to this inner product, the norm of the function in this space is determined as follows

$$\|f(x)\|_W = \left\{ \int_0^1 (f'(x) + \sigma f(x))^2 dx \right\}^{1/2}.$$

We consider the following quadrature formula for functions in this space:

$$\int_0^1 f(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} f(x_{\beta}), \quad (1)$$

where C_{β} are the coefficients of the quadrature formula, x_{β} are the nodes.

The error of the quadrature formula (1) is determined as follows

$$(\ell, f) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) f(x) dx = \int_0^1 f(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} f(x_{\beta}),$$

where

$$\ell(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \delta(x - x_{\beta}) \quad (2)$$

and it is called the error functional of the quadrature formula (1), $\delta(x)$ is the Dirac delta-function.

It should be noted that since the error function $\ell(x)$ is defined in the space $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$, according to the Cauchy Schwarz inequality for any function f in the space $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$ the following equality holds

$$|(\ell, f)| \leq \|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)*}} \cdot \|f\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)}}. \quad (3)$$

In particular, when $f = e^{-\sigma x}$ we get

$$|(\ell, e^{-\sigma x})| \leq \|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)*}} \cdot \|e^{-\sigma x}\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)}} = 0.$$

This confirms that the equality $(\ell, e^{-\sigma x}) = 0$ holds for the error function (2).

The last equality means that the quadrature formula (1), constructed in the space, will be exact for the function $f = e^{-\sigma x}$.

It is clear from (3) that the error of the formula (1) is bounded from above by the norm of the error functional. The quadrature formula which coefficients give a smallest value to the norm of the error functional (2) is called optimal quadrature formula.

In this work, we are dealing with the construction of the optimal quadrature formula of the form (1) in $W_{2,\sigma}^{(1,0)}$ space. To do this, we solve the following problems in sequence.

Problem a. Calculate the norm of the error function (2).

Problem b. When the nodes x_β are fixed, calculate $\inf_{C_\beta} \|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)*}}$ and find the coefficients $\overset{\circ}{C}_\beta$ that achieve the minimum.

RECONSTRUCTION OF TOMOGRAPHIC IMAGES OF RADIAL SYMMETRIC FUNCTIONS

^{1,2}**Hayotov M.A.,** ^{3,4}**Hayotova S.A.**

¹*Akfa university, Tashkent, Uzbekistan;*

²*New Uzbekistan university, Tashkent, Uzbekistan;*

³*National University of Uzbekistan named after M.Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan;*

⁴*V.I.Romanovskiy Institute of Mathematics, Tashkent, Uzbekistan;*

e-mail: m.hayotov@akfauniversity.com, m.khayotov@newuzbekistanuniversity.uz

The 1979 Nobel Prize in Medicine and Physiology was jointly awarded to two inventors, Allan McLeod Cormack and Godfrey Hounsfield, who were responsible for the development of computed tomography in the late 1960s and early 1970s. A. Cormack, who was a professor at Tufts University in Massachusetts at that time, developed mathematical algorithms that can be used to restore images from X-ray data. Hounsfield, a researcher at the EMI Central Research Laboratories in the United Kingdom, developed the first working computer tomography and its first commercial model completely independently of Allan Cormack and at about the same time [1].

The following inverse problem was solved at the beginning of the 20th century (1917) by the Austrian mathematician Johann Radon: If we know the values of the integral of a two- or three-variable function in all possible directions, can we somehow recover the given function itself?

In essence, A. Cormack rediscovered Radon's ideas, but he did so at a time when technological processes could do so. There are several practical obstacles in

the implementation of Radon's theories. First, Radon's inverse reflection methods require knowledge of the position of the function in all values of the argument along the cross-section, and in practice, the values of the function can be known only in a set of discrete rays of the cross-section. Thus, only an approximate value of the solution can be reconstructed. Second, the computing power required to process large amounts of discrete values and obtain useful approximate solutions from them has only become available in the last few decades. A rich and dynamic development of theoretical approaches to approximation methods, including the use of interpolation and filters, as well as computer algorithms for efficient implementation of approximation and inversion strategies, has become a solution to these problems. Along with these mathematical and computational advances, scanning machines have seen several generations of improvements in data acquisition speed and image resolution. At the same time, the field of their application has significantly expanded from the initial views focused on brain imaging.

Computing the Radon transform and the inverse Radon transform of radially symmetric functions is a relatively simpler problem in CT reconstruction. The Radon transform calculated here is the Abelian transform known long before Radon, regardless of the rotation angle of the projection calculation. The problem of finding the original function itself when the Radon transform of the radially symmetric function is known is reduced to solving the following "external" Abel integral equation

$$\int_{|s|}^{\infty} \frac{2rf(r)}{\sqrt{r^2 - s^2}} dr = R(s), \quad (1)$$

Where $R(s)$ is the Radon permutation of the radially symmetric function $f(r)$, usually known, and $f(r)$ is the function to be found. The solution of equation (1) has the following form

$$f(r) = -\frac{1}{\pi r} \frac{d}{dr} \int_r^{\infty} \frac{sR(s)}{\sqrt{s^2 - r^2}} ds. \quad (2)$$

The main goal of this work is the approximate calculation of the integrals of the form (2) with sufficiently high accuracy. In this work, we construct an optimal quadrature formula for the approximate calculation of integrals of the form (2) in a certain Hilbert space. Using this quadrature formula, when the Radon transform of radially symmetric functions is known, we reconstruct that function with sufficiently high accuracy.

REZINA SANOATIDA VULKANIZATSIYA JARAYONINI MODELLASHTIRISHDA OPTIMAL YECHIMINI TOPISH

¹Ismoilov M.A., ²Avezov T.A.

¹Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari
instituti Milliy tadqiqot universiteti

²Toshkent kimyo texnologiya instituti,
e-mail: toshtemir2011@gmail.com

Vulkanizatsiya rejimlarini optimallashtirish va boshqarishda masalalarini yechish uchun elastomerlarni murakkab strukturaviy komplekslarini hamda tuzilishi va jarayonlarni borishi haqida ma'lumotga ega bo'lish kerak. Hozirgi vaqtda rezina sanoatida ko'p masalalarni yechish uchun, jarayonni alohida bosqichlar ketma ketligi sifatida ta'minlashga asoslangan usul qo'llaniladi.

Ishlab chiqarish sharoitida jarayonni hisoblash uchun ko'p sonli to'liq hajmdagi tajribalarni o'tkazish, o'rganilayotgan jarayonning adekvat modellarini ta'minlaydigan hisoblash va dasturlarini ishlab chiqish talab etiladi. Buning uchun birinchi bosqichda strukturaviy jarayonni reaksiyalariningehtimollik mexanizmlarini va ularning bir-biri bilan o'zaro ta'sirini tahlil qilish kerak [1].

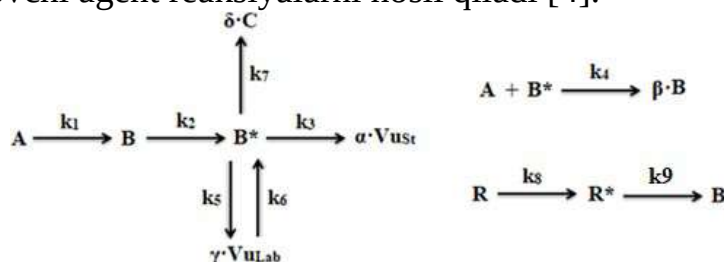
Ushbu masalalarni yechish uchun faqat reja bo'yicha bir qator to'liq miqyosli eksperimentlardan so'ng va strukturalash jarayonida ishtirok etadigan reaksiyalar mexanizmini o'rnatishga imkon beradigan modellarning muqobil variantlarni hisoblashdan so'ng amalga oshirilishi mumkin [2].

An'anaviy usullar jarayonni tahlil qilish, tuzilishi va uzilishi jarayonlarini hisobga olish va ajratish qobiliyatini ta'minlamaydi. O'zaro bog'lanish jarayonlarini tahlil qilish usullari va algoritmik ta'minotini ishlab chiqish vulkanizatsiya rejimlarini optimallashtirish va nazorat qilish muammolarini hal qilishning zarur shartidir [3].

Jarayonning matematik tavsifini qurishda reaksiyalarda ishtirok etuvchi komponentlar to'plamining o'zgarishlar doirasini, jarayonning asosiy bosqichlarini aniqlash va komponentlarning o'zaro ta'sirining kinetik qonunini asoslash kerak.

Tajribalarda kauchuk aralashmani tayyorlash bosqichida haqiqiy vulkanizatsiya agenti hosil bo'lishi ko'rsatilganligi, jarayonning asosiy bosqichlarini tasvirlash uchun massa ta'siri qonunidan foydalanish imkonini beradi.

Bu jarayonning kimyoviy o'zgarish sxemasini ifodalashda reaksiya mexanizmini yoritishni yuqori darajaga ko'tarish kerak. Shu sababli ma'lum kinetik sxemaga, qo'shimcha reaksiyalarni qo'yish kerak, bu reaksiyalar oltingugurt molekulalarini strukturasini o'zgartirish yo'li bilan mikroradikal va vulkanizatsiyalovchi agent reaksiyalarni hosil qiladi [4].



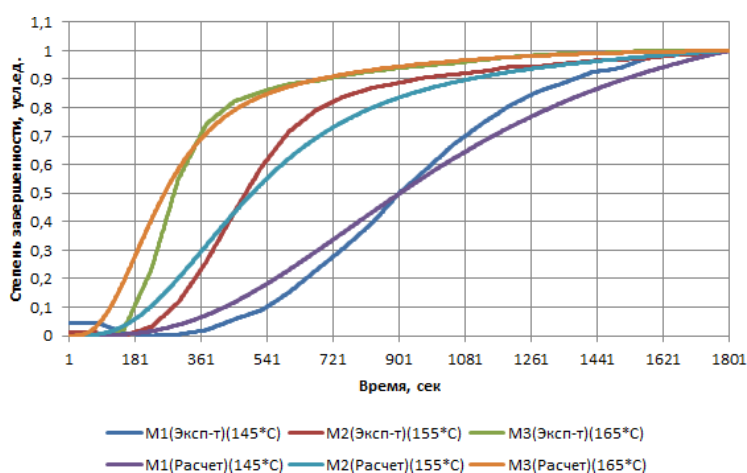
1-rasm. Vulkanizatsiya jarayonini kinetik sxemasi.

Bu yerda A-Vulkanizatsiyalovchi agent B-O'zaro bog'lovchi kasshof B*- faol o'zaro bog'lanish shakli C- Molekulalar orasidagi bo'g'langan oltin gugurt VuSt, VuLab-Vulkanizatsiya to'rlarining barqaror va labil tugunlari R-kauchuk R*-kauchuk makroradikal, termal tebranishlarning par -chalanishi natijasidan hosil bo'lgan. α , β , γ va δ - stexiometrik ko'effitsentlar. k_1 , k_2 , ..., k_8 , k_9 -reaksiya tezliklarning konstantalari.

1-jadval Tarkibida (TU-30) bo'lgan aralarshma uchun model konstantalarini baholash

Параметр	T=145 ⁰ C	T=155 ⁰ C	T=165 ⁰ C
k_1 , [с ⁻¹]	0.0005298	0.00113	0.002328
k_2 , [с ⁻¹]	0.004057	0.008385	0.01677
k_3 , [с ⁻¹]	8.935e-021	1.735e-020	3.268e-020
k_4 , [кг·с ⁻¹ /моль]	0.004632	0.009544	0.01903
k_5 , [с ⁻¹]	1.132e-023	2.503e-023	5.338e-023
k_6 , [с ⁻¹]	8.062e-023	1.667e-022	3.333e-022
k_7 , [с ⁻¹]	0.004047	0.008296	0.01646
k_8 , [с ⁻¹]	0.004005	0.00846	0.01727
k_9 , [с ⁻¹]	0.004025	0.008188	0.01612
α	1.001		
β	2		
γ	0.999		
ξ	1.65		
θ	1.5		
η	0		

Olingan natijalardan hisoblab chiqilgan grafik quyidagicha bo'ladi



1-rasm. Eksperimental va hisoblangan solishtirishdagi reometrik grafigi.

Eksperimental ma'lumotlarning bir nechta massivlari uchun parametrlarni identifikatsiya qilish dasturining ushbu versiyasida Monte-Karlo tasodifiy qidirish usuli amalga oshiriladi. Jadvalda berilgan ma'lumotlardan uchta reogramma bo'lgan to'plam grafiklar qayta ishlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] Yusupbekov N.R., Muhamedov B.I., G 'ulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari.
- [2] Yusupbekov N.R., Igamberdiyev X.Z., Malikov A. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari.
- [3] Artikov A.A., Musayev A. K. , Yunusov I.I Texnologik jarayonlarni boshqarish tizimi: 0 'quv qo'llanma. Автоматическое управление в химической промышленности: - Учебник для вузов, под ред.
- [4] Е.Г.Дудникова — М.: „Химия“, Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Учебник для вузов.

FAZOVIY YUKLANISHLARDAGI STERJENLARDA HARORATNI INTENSIV O'ZGARISH MASALALARI

Ismoilov Sh. M., Nurmatov J. I.

Namangan muhandislik-qurilish instituti

e-mail: shohsoft@gmail.com, nurmatovjaxongirmirzo@gmail.com

Dunyoning yetakchi ilmiy-tadqiqot institutlari va olimlari tomonidan inshoot va konstruksiyalarning fazoviy yuklanishlardagi chiziqli va geometrik nochiziqli masalalarni yechishni haroratni hisobga olgan holda matematik modellashirish hamda avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda sterjen tipidagi konstruksiyalarni nazariy asoslarini va hisoblash usullarini takomillashtirib, ishlab chiqish uchun f-m.f.d., akademik V.Q.Qobulov bir qator nazariyalar taklif etgan.

V.Q.Qobulov tomonidan konstruksiya elementlarining chiziqli va nochiziqli deformatsiyalanish jarayonlarini aniqlashtirilgan nazariyasi taklif etilgan bo'lib, jismning to'liq deformatsiyalanishi, termodinamik jarayondan iborat ekanligi takidlangan.

$$\delta \int_t (K - \Pi^T + A) dt = 0. \quad (1)$$

Masalalarini matematik modellarini Ostrogradskiy-Gamilton variatsion tamoyili asosida ishlab chiqiladi [1]:

$$\text{Mos ravishda kinetik va potentsial energiya } K = \frac{1}{2} \rho \int_V \delta \sum_{i=1}^3 \left[\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} u_i \right] dV \quad (2);$$

$$\Pi = \int_V \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sigma_{ij}^T \delta \varepsilon_{ij} dV dt \quad (3) \quad \text{hamda} \quad \text{tashqi kuchlar bajarilgan ishlari}$$

$$A = \int_V \sum_{i=1}^3 F_i \delta u_i dV + \int_s \sum_{i=1}^3 q_i \delta u_i ds + \int_{s_1} \sum_{i=1}^3 f_i \delta u_i ds_1 \quad (4); \quad T - \text{Jismga berilgan issiqlik miqdori}$$

[2]:

Elastik deformatsiya va Vlasov-Djanelidze-Qobulovlarning aniqlashtirilgan nazariyalar asosida bo'ylama, ko'ndalang va burovchi kuchlarning birgalikdagi ta'sirini hisobga olgan holda fazoviy yuklanishlardagi sterjen nuqtalarining ko'chishini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin [1]:

$$\left. \begin{aligned} u_1(x, y, z, t) &= U(x, t) - z\alpha_1(x, t) - y\alpha_2(x, t), \\ u_2(x, y, z, t) &= V(x, t) + z\theta(x, t), \quad u_3(x, y, z, t) = W(x, t) - y\theta(x, t). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Haroratni hisobga olgan holda kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining uch o'lchovli bog'lanish tenglamalari quyidagicha ifodalanadi [3].

$$\left\{ \begin{aligned} \varepsilon_{11} - \alpha T &= \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \mu(\sigma_{22} + \sigma_{33})); \quad \varepsilon_{22} - \alpha T = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \mu(\sigma_{11} + \sigma_{33})); \\ \varepsilon_{33} - \alpha T &= \frac{1}{E}(\sigma_{33} - \mu(\sigma_{11} + \sigma_{22})); \quad \varepsilon_{12} = \frac{\tau_{12}}{G}; \quad \varepsilon_{23} = \frac{\tau_{23}}{G}; \quad \varepsilon_{13} = \frac{\tau_{13}}{G} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Yuqoridagi (5) va (6) ifodani (2)-(4) ifodalarga tadbiq etib, (1) ifodaga qo'yib quyidagi fazoviy yuklanishlardagi sterjenlarda haroratni hisobga olgan holdagi deformatsiyalanganlik jarayonlarini aniqlovchi tenglamalar sistemasi va unga mos chegaraviy va boshlang'ich shartlar hosil bo'ladi.

$$[M] \frac{\partial^2 \vec{U}^k}{\partial t^2} + [A] \frac{\partial^2 \vec{U}^k}{\partial \bar{x}^2} + [B] \frac{\partial \vec{U}^k}{\partial \bar{x}} + [C] \vec{U}^k + \left([\vec{\Phi}] \frac{\partial \vec{U}^{k-1}}{\partial \bar{x}} \right) \frac{\partial^2 \vec{U}^{k-1}}{\partial \bar{x}^2} + [D] \vec{\vec{F}}_i = 0, \quad (7)$$

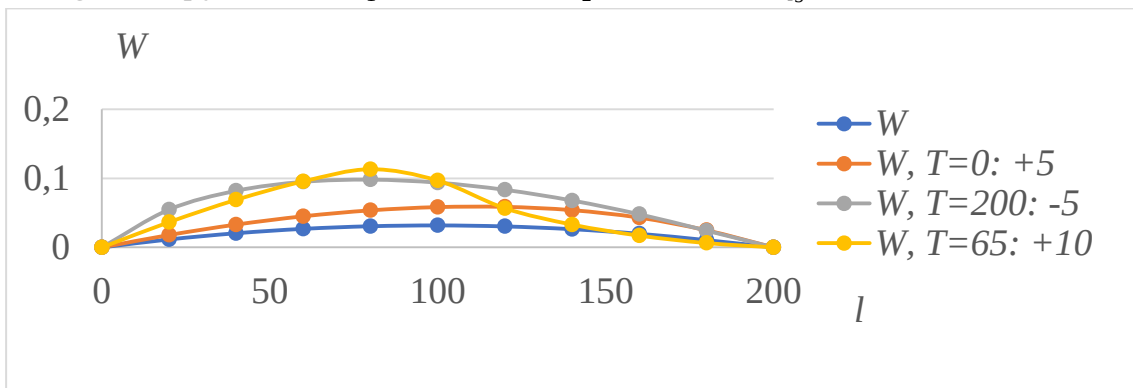
$$[\bar{M}] \left[\frac{\partial \vec{U}^k}{\partial t} \right] \Big|_{\bar{t}} = 0, \quad (8)$$

$$[\bar{B}] \frac{\partial \vec{U}^k}{\partial \bar{x}} + [\bar{C}] \vec{U}^k + \left([\vec{\Phi}] \frac{\partial \vec{U}^{k-1}}{\partial \bar{x}} \right) \frac{\partial \vec{U}^{k-1}}{\partial \bar{x}} + [\bar{D}] \vec{\vec{F}}_{che} = 0, \quad (9)$$

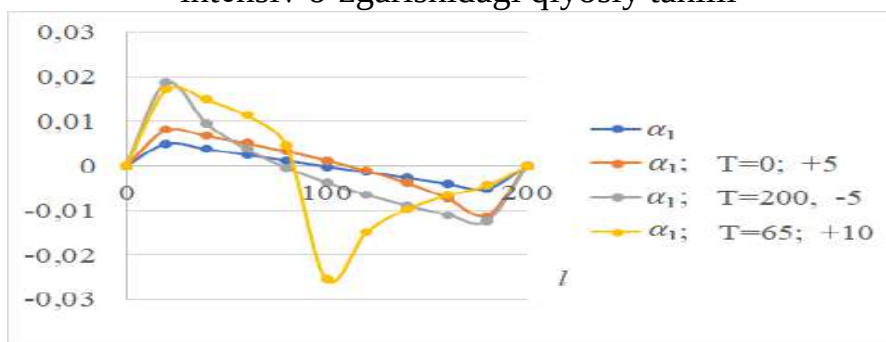
Bu yerda $[M]$, $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$, $[\vec{\Phi}]$, $[\bar{M}]$, $[\bar{B}]$, $[\bar{C}]$, $[\vec{\Phi}]$, $[\bar{D}]$ – tenglamalar sistemasining differensiallar oldidagi haroratga bog'liq koefitsiyentlaridan tuzilgan matritsalar. $\vec{\vec{F}}_i$ – tashqi kuchlar vektori, $\vec{\vec{F}}_{che}$ – chegaradagi kuchlar vektori, $\vec{U}^k$ – noma'lum ko'chishlar vektori.

Yuqoridagi (7)-(9) ifodalardan foydalanib quyidagi masalalarni yechamiz.

Ikki tomoni mahkamlangan sterjenning haroratni hisobga olgan holda deformatsiyalanganlik holatini tekshiramiz. Sterjenning geometrik o'lchamlari $a=10$ sm, $b=5$ sm, $l=200$ sm, quyidagicha Yung moduli $E = 2 \cdot 10^5$ MPa, harorati - $T=50^\circ, 0^\circ \dots +5, 200^\circ \dots -5, 65^\circ \dots +10$, Puasson koeffitsienti - $\mu=0,3$, Yuzalar orqali kuchlanganlik qiymatlari: $q_1=1$ H / cm², $q_2=1$ H / cm², $q_3=50$ H / cm².



1-rasm. Ko'ndalang ko'chish W ning sterjen uzunligi bo'yicha haroratining intensiv o'zgarishidagi qiyosiy tahlili



2-rasm. Ko'ndalang kesimni markaziy o'qiga nisbatan og'ish burchagining harorat intensiv o'zgarishidagi solishtirma grafigi

Olingan natijalardan hulosa qilib W ning ko'chishi harorat tasirida elastiklik holatini yo'qotilishi mumkin ekan.

Adabiyotlar

- [1] Kabulov V.K. Algoritmizatsiya v teorii uprugosti i deformatsionnoy teorii plastichnosti. - Tashkent: Fan, 1966. – 391 s.
- [2] Anarova Sh.A., Yuldashev T. Derivation of Differential Equations of Oscillation of Rods in Geometrically Nonlinear Statement, Problems of Computational and Applied Mathematics. Tashkent, (2018). № 2. - Pp. 72-105.
- [3] S.P.Timoshenko, Dj. Gud'ber "Teoriya uprugosti" Perevod s angliyskogo M.N.Reytmana. M.: "Nauka" 1979.

STEFAN MASALASI:TUPROQNING MUZLASH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Jo'rayeva D.Sh.

O'zbekiston Milliy Universiteti

e-mail: dildorajurayeva2021@gmail.com

Stefan muammosi-bu faza o'zgarayotgan vositada issiqlik taqsimlanishiga oid qisman differensial tenglama uchun bog'liq bo'lgan qiymat muammosidir.Noma'lum interfeys-bu noma'lum bo'lganligi sababli, eritmaning bir qismi chegarani aniqlash uchun bo'ladi.Misol muzning erishiganda issiqlikning tarqalishi va eritilgan muzning chegarasi o'zgarib turadi.Muammo ba'zi mualliflar tomonidan "erkin chegara muammosi" deb atalgan, chunki domenning chegarasi apriori noma'lum [1] [3] [4] .Harakatlanuvchi chegara holatini (vaqtga bog'liq muammo bilan bog'liq) statsionar chegara bilan bog'liq muammodan ajratish uchun bir nechta mualliflar ikkinchisini "harakatlanuvchi chegara muammosi" deb belgilaydilar [2].

Bir o'lchovda tuproqning erish(muzlash) muammosi

Bir o'lchovli bir fazali muammoni yarim cheksiz qattiq jism sifatida ko'rsatish mumkin, masalan, qotib qolish harorati $u = 0$ bo'lgan $0 \leq x < \infty$ ni egallagan yupqa muz bloki.Qattiqlashuvdagi har qanday hajm o'zgarishiga e'tibor bermaslik kerak bo'lgan taxmin.Yupqa muz blokining belgilangan chegarasida $x =$

0 u yerda $f(t)$ ko'p turli xil "oqim funksiyalari" bo'lishi mumkin. Masalan, biz qattiqlashuv haroratidan yuqori bo'lgan doimiy haroratga ega bo'lishimiz mumkin, ya'ni $u_0 > 0$, yoki vaqtga bog'liq funksiya. Biz taxmin qilamizki, harorat qattiq faza doimiy bo'ladi. Shunday qilib, muammo suyuqlik fazasida harorat taqsimotini va erkin chegara $s(t)$ o'rnini topishdir. Ikki faza mavjud bo'lsa ham, muammo bir fazali muammo deb ataladi, chunki bu faqat suyuqlik fazasi noma'lum.

Suyuqlik hududi,

$$0 \leq x < s(t)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{K_L}{C_L \rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \alpha_L \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Issiqlik tenglamasi $0 < x < s(t)$, $t > 0$,

$$u(0, t) = f(t), \quad \text{Chegaraviy shart, } t > 0,$$

$$u(x, 0) = 0, \quad \text{Boshlangich shart}$$

$$\text{Erkin chegara} \quad x = s(t)$$

$$\rho l \frac{ds}{dt} = -K_L \frac{\partial u}{\partial x},$$

Stefan sharti

$$s(0) = 0, \quad \text{Eritma interfeysining dastlabki holati,}$$

$$u(s(t), t) = 0, \quad \text{Interfeysdagi Dirixlet holati, ya'ni muzlash harorati}$$

2-faza - qattiq hudud,

$$s(t) < x < \infty,$$

$$u(x, t) = 0 \quad t, x \geq s(t) \quad (1)$$

$x = 0$ chegara sharti har qanday bo'lishi mumkin, ammo bu tezisda biz [5] ga amal qilamiz va quyidagi holatlarni ko'rib chiqamiz:

$$(i) \quad f(t) = 1$$

$$(ii) \quad f(t) = e^t - 1 \quad (2)$$

Aslida ikkala muammomizni [5] ga muvofiq hal qilish mumkin edi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

[1]. V. Alexiades and A.D. Solomon. Mathematical Modeling of Melting and Freezing Processes. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 1993.

[2]. J. Crank. Free and Moving Boundary Problems. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 1993.

[3]. A. Friedman. Partial Differential Equations of Parabolic Type. PrenticeHall, Inc, Englewood Cliffs, N.J., 1964.

[4]. S.C. Gupta. The Classical Stefan Problem - Basic Concepts, Modelling and Analysis. Elsevier Science B.V, Amsterdam, 2003.

[5]. S.L. Mitchell and M. Vynnycky. Finite-difference methods with increased accuracy and correct initialization for one-dimensional Stefan problems. Applied Mathematics and Computation 215 1609-1621, 2009.

MATHEMATICAL MODEL AND COMPUTATIONAL EXPERIMENT OF A MULTIPARAMETER LEARNING OBJECT

¹*Jurakulov T.T., ²Jorabekov T.K.*

¹*Navoi State Pedagogical Institute*

²*Karakalpak State University*

In the theoretical study and modeling of learning processes, as a multi-parameter object of social systems, a special place is occupied by the systematic approach of the science of cybernetics, based on the consideration of the didactic system "teacher - student" from the point of view of control theory, as well as methods of mathematical and simulation (computer) modeling. The essence of this approach is that the real learning process is replaced by an abstract model - some idealized object that behaves like the system being studied. Such a model can be a system of logical rules, differential equations, or a computer program that allows a series of computational experiments to be carried out for various parameter values, initial conditions, and external influences. By changing the initial data and the values of the model parameters, one can explore the ways of the system development, determine the given and predict the future state of the system.

The study consists in creating a simulation model of the learning process that takes into account the difference in the speed of forgetting various elements of educational material and the transition of fragile knowledge into the category of solid knowledge. Let us assume that the computer simulation will more closely match the real learning process, given the following:

1) the strength of the assimilation of various elements of the educational material is not the same, therefore, all elements of the educational material should be divided into several categories;

2) strong knowledge is forgotten much more slowly than weak knowledge;

3) Fragile knowledge, when used by students, gradually becomes strong.

The process of assimilation and memorization of transmitted information consists in establishing associative links between new and existing knowledge. As a result, acquired knowledge becomes more durable and is forgotten much more slowly. Repeated use of knowledge leads to the formation of appropriate skills and abilities in the student, which remain for a long time.

Denote by T the level of requirements set by the teacher and equal to the number Y_0 reported elements of educational material. Let Y – total knowledge of the student, which includes knowledge of the first, second, third and fourth categories: $Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$. At Y_1 – the most fragile knowledge of the first category with a high forgetting rate γ_1 , a Y_4 – the strongest knowledge of the fourth category with low γ_4 ($\gamma_4 < \gamma_3 < \gamma_2 < \gamma_1$). Absorption rates α_i characterize the speed of knowledge transfer $(i-1)$ - th category in knowledge i - th category. The proposed four-parametric learning model is expressed by differential equations:

$$\begin{aligned}\frac{dY_1}{dt} &= k\alpha_1(T - Y)Y^b - k\alpha_2Y_1 - \gamma_1Y_1; \\ \frac{dY_2}{dt} &= k\alpha_2Y_1 - k\alpha_3Y_2 - \gamma_2Y_2; \\ \frac{dY_3}{dt} &= k\alpha_3Y_2 - k\alpha_4Y_3 - \gamma_3Y_3; \\ Y &= Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4.\end{aligned}$$

In the learning process ($k=1$), the rate of increase in the student's fragile knowledge is proportional to: 1) the difference between the level of the teacher's requirements T and general level of knowledge Y ; 2) the amount of knowledge already available Y to the extent b . The latter is explained by the fact that the availability of knowledge contributes to the establishment of new associative links and the memorization of new information. If the increase in student knowledge is significantly less than their total amount, then $b=0$. When learning stops ($k=0$), Y decreases due to forgetting. Forgetting rate $\gamma=1/\tau$, where τ – the time during which the amount of knowledge i -th portion decreases in $e=2.72...$ times. The learning outcome is characterized by the total level of acquired knowledge $Y=Y_1+Y_2+Y_3+Y_4$ and strength factor $Pr=(Y_2/4+Y_3/2+Y_4)/Y$.

The proposed computer models complement qualitative reasoning, make them more objective, justified and can be used when conducting a pedagogical experiment is illegal or leads to negative results. By changing the sequence of studying various elements of educational material, the duration of classes, etc., one can find the optimal way of learning in a particular case.

One of the areas of using computer simulation of the learning process is associated with the creation of a training program that simulates the educational process at school and is intended for training students of pedagogical universities. It should allow changing the parameters of students, the duration of classes, the distribution of educational material and the strategy of the teacher's behavior. In the course of its work, a student playing the role of a teacher changes the speed of supply of educational information, quickly responds to students' questions, conducts tests, puts marks, trying to achieve the highest level of knowledge in a given time. After the end of "training", graphs are displayed on the screen showing the change in the "amount of knowledge of the students in the class", marks for "completed tests", etc. In addition, the training program analyzes the work of the "teacher" (student) and evaluates him.

References

- [1]. Suvonov O.O., Jurakulov T.T. On one problem of mathematical modeling of learning processes as an object of management - Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. june, 2020-III. ISSN 2181-9750 Urganch 56-67 pp.
- [2]. Suvonov O.O., Jurakulov T.T. Mathematical Modeling of Learning Processes Based on the Theory of Control Central asian journal of mathematical theory and computer sciences

- [3]. <http://cajmtcs.centralasianstudies.org/index.php/CAJMTCS> Volume: 03
Issue: 04 | Apr 2022 ISSN: 2660-5309
- [4]. Dobrynina N.F. Mathematical models of knowledge dissemination and management of student learning// Fundamental research. - 2009. - No. 7.
- [5]. Leontiev L.P., Gokhman O.G. Problems of educational process management: Mathematical models. - Riga, 1984. - 239 p.

CHIZIQISIZ CHEGARAVIY SHARTLAR BILAN BERILGAN CHIZIQISIZ FILTRATSIYA MASALASINI ASIMPTOTIKALARINI O'RGANISH

Kabiljanova F.A., Madrahimova M.H.

O'zbekiston Milliy universiteti

e-mail: hodisaxon@gmail.com

Biz $Q = \{(x, t) : x \in R, 0 < t < T\}$ quyidagi chiziqsiz chegaraviy shart bilan berilgan va manbaga ega diffuziya jarayonining matematik modelini ko'rib chiqamiz

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u^m}{\partial t} \right|^{p-2} \frac{\partial u^m}{\partial x} \right) - u^\beta, \quad (x, t) \in R \times (0, +\infty) \quad (1)$$

$$-\left| \frac{\partial u^m}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u^m}{\partial x}(0, t) = u^q(0, t), \quad (2)$$

$u(x, 0) = u_0(x) \geq 0 \quad x \in R$ (3) Bu yerda $m > 0$, $q \geq 0$, $p > 1$ – sonli parametrlar, $u = u(t, x) \geq 0$ – qidirilayotgan yechim (1)-(3) chegaraviy masala nochiziqli muhitdagi reaksiya-diffuziya jarayonini matematik modellashirishda, g'ovak muhitlardagi suyuqliklar oqimi, biologik populyatsiya dinamikasi, politropik filtratsiya, sinergetika masalalarini va boshqa qator sohalardagi masalalarni yechishda muhim rol o'ynaydi.

(1)-(2) masalaning yechishimiz uchun biz nochiziqli ajratish metodidan foydalanamiz. Buning uchun biz (1)-(2) masalaning yechimini quyidagi ko'rinishda izlaymiz.

$$u(t, x) = \bar{u}(t) \cdot f(\xi) \quad (3)$$

Bu yerda

$$\bar{f}(\xi) = (a - b\xi \frac{p}{p-1}) \frac{p}{1 - m(p-1) - \beta} \quad (4)$$

$$\xi = \frac{|x|}{\tau^{\frac{1}{p}}} \quad b = (1 - m(p-1) - \beta) \frac{1}{p} \frac{p}{p-1}, \quad a > 0,$$

$$\tau(t) = \begin{cases} \bar{u}(t)^{mp-1} dt, & \text{agar } mp \neq 1, \\ T + t, & \text{agar } mp = 1, \end{cases}$$

ko'rinishda aniqlangan.

(4) ni (1)-(2) tenglamalarga quyib, quyidagi avtomodel tenglamaga ega bo'lamiz

$$\frac{d}{d\xi} \left(\left| \frac{df^m}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df^m}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{p} \frac{df}{d\xi} - \frac{1}{1-m(p-1)-\beta} (f - f^\beta) = 0 \quad (5)$$

$$-\left| \frac{df^m}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df^m}{d\xi} \Big|_{\xi=0} = f^q(0) \quad (6)$$

Biz (4)-(5) masalaning manfiy bo'lmagan notrival quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi yechimini topish bilan shug'ullanamiz.

$$f(0) = M, M \in R, f(d) = 0 \quad 0 < d < \infty$$

Teorema. (1), (3) masalaning kompakt yurituvchili yechimi uchun $\xi \rightarrow a$ da

$$f(\xi) = C(a - \xi)^{\frac{p-1}{m(p-1)-1}} (1 + o(1))$$

Bu yerda

$$C = \left(\frac{m(p-1)-1}{p-1} a^\gamma \right)^{\frac{1}{p-2}} \frac{m(p-2)-1}{p-1}$$

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Samarskii A.A., Galaktionov V.A., Kurdyumov S.P., Mikhailov A.P. Blow-up in Quasilinear Parabolic Equations. Walter de Grueter, Berlin, 1995, 4, P. 535.

[2] Aripov M., Matyakubov A. S., To the qualitative properties of solution of system equations not in divergence form of polytrophic filtration in variable density, Nanosystems: Physics, Chemistry, Math., 2017, Volume 8, Issue 3, 317-322

MATHEMATICAL MODELING OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CALCIFIED SODA PRODUCTION AT KUNIRAT SODA PLANT, SYSTEMATIC APPROACHES TO OPTIMIZING PROCESS PARAMETERS AND INCREASING OVERALL EFFICIENCY

Kaipbergenov B., Atamuratov A., Seytniyazov D.

Nukus branch Tashkent University of Information Technologies named after

Muhammad al-Khorazmi

e-mail: kbatyrbek@mail.ru, aydos1990@gmail.com, dawranbek.ds@gmail.com

Calcified soda, also known as soda ash or sodium carbonate, is a crucial chemical compound used in various industrial processes such as glass manufacturing, detergents, and chemicals production. The process of obtaining calcified soda involves several chemical reactions and physical transformations that take place in a complex technological setup. To ensure efficient and sustainable production practices, it is imperative to understand and optimize the process parameters involved [1].

Mathematical modeling has emerged as a valuable tool for analyzing and optimizing complex technological processes [2]. In the case of obtaining calcified soda, mathematical modeling can provide a systematic approach for predicting and analyzing the behavior of the process under different conditions, optimizing process parameters, and improving overall efficiency. One notable example of the application of mathematical modeling in this context is the Kungiro soda plant, which is known for its innovative approach to soda production.

In this thesis, we will explore the benefits and significance of mathematical modeling in the technological process of obtaining calcified soda at the Kungiro soda plant. We will delve into the various aspects of mathematical modeling, including its potential for optimizing process parameters and improving overall efficiency [3]. By employing mathematical models, we aim to provide valuable insights that can contribute to the sustainable and economically viable production of calcified soda at the Kungiro soda plant and similar industrial processes.

With this introduction, we set the stage for further exploration into the application of mathematical modeling in the technological process of obtaining calcified soda, specifically focusing on the soda plant [4]. The following sections of the thesis will delve into the details of the process, the mathematical modeling approaches employed, the results obtained, and the implications for improving the overall efficiency of soda production.

One example of the application of mathematical modeling in the technological process of obtaining calcified soda is the use of reaction kinetics models to predict the rate of chemical reactions and optimize process parameters. For instance, a mathematical model can be developed to describe the reaction kinetics of the chemical reactions involved in the soda production process, such as the reaction between sodium carbonate and calcium chloride. This model can help in predicting the conversion rate of reactants to products at different temperatures, concentrations, and other process parameters.

By utilizing such mathematical models, process engineers at the Kungiro soda plant can analyze the behavior of the process under different conditions and optimize process parameters to achieve higher conversion rates and improved overall efficiency. For example, the model can help in determining the optimal temperature and concentration levels that would result in the highest yield of calcified soda, while minimizing the energy consumption and other operational costs.

In conclusion, mathematical modeling plays a significant role in the technological process of obtaining calcified soda at the Kungiro soda plant and similar industrial processes. It provides a systematic approach for optimizing process parameters and improving overall efficiency. By employing mathematical models, insights can be gained into the behavior of the process under different conditions, enabling process engineers to make informed decisions and implement process optimizations for sustainable and economically viable soda production. The utilization of mathematical modeling in the soda production process can lead to improved process performance, reduced costs, and enhanced sustainability, making it a valuable tool for the soda industry and other similar processes.

References

- [1] Marc A. Rosen, Hossam A. Kishawy, MDPI, Sustainability 2012, 4(2), 154-174;
- [2] Samia Riaz, Qasim Ali Chaudhry, Sidra Siddiqui, Complex Adaptive Systems Modeling 4(1), December 2016.
- [3] Eric Walling, Anne Tremier, Céline Vaneeckhaute, Waste Management, July 2020, 113(5):379-394.
- [4] Eberhard Morgenroth, Erik Arvin, Peter A, Water Science & Technology, February 2002, 45(6):229-33
- [5] Smith, J. Mathematical Modeling of the Technological Process of Obtaining Calcified Soda: A Case Study of Soda Plant. Journal of Chemical Engineering, (2015).4, 5(3), 78-95.

KO'PBOSQICHLI TEXNIK JARAYONLARINI BASHORATLASHDA EKSTRAPOLYATSIYA USULLARIDAN FOYDALANISH.

Kaipbergenov B.T., Ergaliev K.K.

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Nukus filiali
e-mail: kbatyrbek@mail.ru, kdmergaliev@gmail.com.*

Bashoratlashda ekstrapolyatsiya usuli texnik ob'ektning rivojlanishiga taalluqli bo'lgan omillarning doiraviylik, o'zgaraslik shartiga asoslangan bo'lib, o'rganilayotgan texnik ob'ektning o'tmishdagi va shunga asoslanib kelajakdagi rivojlanish qonuniyatlarini o'rganadi.

Dinamik qatorlarning o'zgarish darajalariga qarab ekstrapolyatsiya oddiy va murakkab bo'lishi mumkin. Bashoratlashning oddiy ekstrapolyatsiya usuli tenglamalarining absolyut qiymatlari, qatorlarning o'rta qiymatlari, o'rtacha absolyut o'sish va o'sishning o'rtacha tezligi nisbatan o'zgaras qiymatlarga ega degan xulosaga asoslangan. Bashoratning murakkab ekstrapolyatsiya usuli, trendni ifodolovchi statistik formulalarni qo'llashga asoslangan bo'lib ikki turga: adaplashgan va analitik turlarga bo'linadi. Bashoratning adaplashgan usulida vaqt bo'yicha ketma-ket keladigan bashorat qiymatlarini avvaldan mavjud bo'lgan ko'rsatkichlar asosida hisoblab topiladi. Bunga o'zgaruvchan va eksponensial o'rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o'rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o'zgartirish usullari kiradi. Analitik usul eng kichik kvadrat usuli yordamida f_t - ning determinik tarkibini aniqlashdan iboratdir.

O'rtacha absolyut o'sish bo'yicha ekstrapolyatsiya. Bashorat texnik rivojlanish variantlarini avvalgi rivojlanish omillari va yo'nalishlari bashoratlash davrida ham saqlanib qoladi degan gipoteza kelib chiqib aniqlaydi. Bunday gipoteza qilishga texnik holat va jarayonlarning yetarlicha inertligi holat va jarayonlarning yetarlicha inertligi sabab bo'ladi.

Dinamik qatorlarning ekstrapolyatsiyasi asosida ko'pbosqichli texnik jarayonlarini bashoratlash har qanday statistik bashoratlash singari erishilishi lozim bo'lgan aniq maqsadga yo'naltirilgan yoki intervalli bo'lishi mumkin.

Ekstrapolyatsiyani umumiy holda quyidagi funksiya qiymatini aniqlash deb qarash mumkin.

$$y_{t+l} = f(y_i, l, a_j)$$

bu yerda y_{t+l} - dinamik qatorning bashorat qilinadigan qiymati;

l - oldindan aytilishi lozim bo'lgan davr;

y_i - ekstrapolyatsiyaga asos qilib olingan qatorlar darajasi;

a_j - trend tenglamalari parametrlari.

Bir o'lchamli dinamik qatorlar ekstrapolyatsiyalashning eng oddiy usuli shu qatorlarning o'rta xarakteristikasini qo'llash hisoblanadi:

- o'rtacha darajalar, o'rta absolyut o'sish va o'sishning o'rtacha tezligi.

Qatorlarning o'rta darajasi asosida texnik holatlarni ekstrapolyatsiyalashda jarayonlarini bashorat qilinuvchi daraja qatorlar darajasining o'rta qiymatiga teng bo'ladi:

$$y'_{t+l} = \bar{y}$$

Bu holda ekstrapolyatsiya bashoratlash aniq bahoni beradi. Shunga qaramasdan berilgan baholarning amaldagi ma'lumotlar qiymatlari bilan aniq to'g'ri kelishi kamdan-kam hollarda bo'ladi. Shuning uchun ko'pbosqichli texnik jarayonlarining bashorat natijalari ma'lum intervalda berilishi kerak va bu interval

$$y_{t+l} \pm t_{\alpha} S_{\bar{y}}$$

bo'yicha aniqlanadi.

Bunda t_{α} - Studentning t mezon qiymati, $S_{\bar{y}}$ - o'rtacha kvadrat xatolik va u $S_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ yordamida aniqlanadi.

O'rtacha absolyut o'sish bo'yicha ekstrapolyatsiya. Agar rivojlanish yo'nalishi chiziqli deb qabul qilinsa, ekstrapolyatsiya o'rtacha absolyut o'sish bo'yicha amalga oshiriladi.

$$\sigma_{\text{КОЛ}}^2 \leq \rho^2 \quad \rho^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum \Delta_i}{n}$$

bu yerda $\sigma_{\text{КОЛ}}^2$ - dispersiya qoldig'i.

$\sum \Delta_i$ - ning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari oralig'idagi o'sish miqdori.

Bizni qiziqtirgan y'_{t+l} ning bashorat qiymatlarini topish uchun absolyut o'sish $\bar{\Delta}$ ni aniqlash lozim. Keyin y_i ning ekstrapolyatsiyalashga asos qilib olingan dinamik qator darajalarini aniqlab olib ekstrapolyatsiya formulasini quyidagicha yozamiz.

$$y_{t+l} = y_i + \bar{\Delta}t,$$

t - oldindan aniqlanish davri.

Xulosa qilib o'rta o'sish tezligi bo'yicha ekstrapolyatsiya dinamik qatorlar ko'rsatkichni egri chiziq yo'nalishida bo'ladi. Bunda ekstrapolyatsiya usullaridan foydalanib ko'pbosqichli texnik jarayonlarda bashorat qilinadigan qator quyidagicha aniqlanadi:

$$y'_{t+l} = y_i \bar{T}_p^t$$

$\bar{T}_p$ - o'rta geometrik formula yordamida hisoblangan o'sishning o'rtacha tezligi.

Demak trendlarning ekstrapolyatsiyalashning uchala usullari ham ko'pbosqichli texnik jarayonlar uchun foydali usullardan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] N.Ro‘zmetova, R.Fayziyev, A.Ishnazarov, Sh.Nurullayeva “Matematik modellash tirish” Toshkent 2013-y. 141-152 v.

[2] Введение в математическое моделирование: Учеб. пос. –М.: Логос, 2004, стр. 126-142.

[3] Замков О.О. Математические методы и модели. -М.: ДиС, 2000.

ANALYSIS OF CONTROL SYSTEMS IN THE AUTOMATION OF WASTE WATER OF THERMAL POWER PLANTS

Kaipbergenov B., Seytniyazov D., Atamuratov A.

*Nukus branch Tashkent University of Information Technologies named after
Muhammad al-Khorazmi*

e-mail: kbatyrbek@mail.ru, dawranbek.ds@gmail.com, aydos1990@gmail.com

Thermal power plants play a crucial role in meeting the ever-increasing demand for electricity, but they also generate large volumes of wastewater as a byproduct of their operations. The management of wastewater in thermal power plants is critical to ensure compliance with environmental regulations and safeguarding the surrounding ecosystem. Automation of wastewater control systems has emerged as a promising approach to optimize the treatment and disposal of wastewater in thermal power plants, enhancing operational efficiency and reducing environmental impact [1,2].

However, the analysis of control systems in the automation of wastewater in thermal power plants poses several challenges and complexities. This thesis aims to explore and address these challenges to provide insights into the design, implementation, and optimization of wastewater control systems in thermal power plants. Specifically, this thesis will focus on the analysis of key problems associated with wastewater automation control systems, including the complex and dynamic nature of wastewater, uncertainty in process parameters, limited availability and quality of data, and the need for advanced control strategies to achieve optimal performance [3].

There are several challenges and problems associated with optimizing wastewater automation control systems at thermal power plants. Some of the key problems include:

Wastewater generated in thermal power plants is often complex in composition, containing various pollutants, such as suspended solids, heavy metals, organic compounds, and nutrients. The characteristics of wastewater can vary significantly depending on the type of power plant, fuel used, and operational conditions. This complexity makes it challenging to design and implement effective control systems that can accurately monitor and treat wastewater to meet regulatory requirements and environmental standards.

The operational parameters of thermal power plants, including temperature, pressure, flow rates, and chemical dosages, can fluctuate due to changes in load demand, fuel quality, and other factors. These uncertainties can impact the performance of wastewater treatment processes and complicate the optimization of

control systems. Predicting and responding to these variations in real-time to ensure optimal performance of wastewater automation control systems can be challenging.

Availability and quality of data for wastewater management in thermal power plants can be a challenge. Data on key parameters such as influent and effluent characteristics, process performance, and environmental conditions may not always be readily available, accurate, or comprehensive. This can hinder the development and implementation of data-driven control system approaches, such as data analytics or machine learning, which rely on robust and reliable data for effective optimization.

Control systems for wastewater automation in thermal power plants can involve a combination of different technologies, such as process control, sensors, automation systems, and data analytics. Integrating and coordinating these technologies to work seamlessly can be complex and challenging, requiring specialized expertise and resources. Ensuring interoperability, reliability, and compatibility among different control system components can be a hurdle in optimizing wastewater automation control systems.

Thermal power plants are subject to stringent regulatory and compliance requirements related to wastewater management, including discharge limits, environmental permits, and reporting obligations. Ensuring compliance with these regulations while optimizing wastewater automation control systems can be challenging, as it requires continuous monitoring, reporting, and adherence to complex regulatory frameworks. Failure to meet regulatory requirements can result in penalties, fines, and reputational damage.

The operation and management of control systems in thermal power plants can be complex, involving multiple stakeholders, coordination among different departments, and adherence to standard operating procedures. Ensuring smooth integration and operation of control systems within the existing operational framework of the power plant can be challenging, and may require changes in operational practices, training of personnel, and addressing potential resistance to change.

Overall, the above challenges and problems highlight the complexities and intricacies involved in optimizing wastewater automation

References

- [1]. Gustaf Olsson, 2007Korean Society of Environmental Engineers, Environ. Eng. Res. Vol. 12, No. 5, pp. 197~200.
- [2]. Shalini Nakkasunchi, Neil J. Hewitt, Claudia Zoppi, Caterina Brandoni, Journal of Cleaner Production, Volume 279, 10 January 2021, 123811.
- [3]. Kehua Chen, Hongcheng Wang, Borja Valverde-Pérez, Siyuan Zhai, Luca Vezzaro, Aijie Wang, Chemosphere, Volume 279, September 2021.
- [4]. Smith, J. (2018). Advanced Control Strategies for Wastewater Automation in Thermal Power Plants. Journal of Environmental Engineering, 45(2), 78-92.

- [5]. Chen, Q., & Wang, L. (2019). Comparative Analysis of Wastewater Control Systems in Thermal Power Plants. Proceedings of the International Conference on Automation and Control, 345-356.
- [6]. Gupta, A., & Sharma, R. (2020). Optimization of Wastewater Automation Control Systems for Thermal Power Plants. In Proceedings of the Annual Conference on Energy and Environmental Engineering, 112-125.
- [7]. Kim, S., & Lee, K. (2018). Regulatory Compliance and Optimization of Wastewater Automation Control Systems in Thermal Power Plants. Environmental Science and Technology, 42(5), 345-358.

THE NORM FOR ERROR FUNCTIONAL OF THE OPTIMAL QUADRATURE FORMULA

Khayriev U.N.

V.I.Romanovskiy Institute of Mathematics;
e-mail: hayotov@mail.ru, khayrievu@gmail.com

We consider a quadrature formula of the form

$$\int_0^1 e^{2\pi i \omega x} \varphi(x) dx \cong \sum_{k=1}^N C_k \varphi(hk), \quad (1)$$

where $\omega \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ is a parameter, φ belongs to the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$, and C_k ($k=1,2,\dots,N$) are coefficients of the quadrature formula, they are complex numbers, $i^2 = -1$, and $N \in \mathbb{N}$, $h = 1/N$.

The difference between the integral and the quadrature sum is called *the error of the quadrature formula* (1)

$$\begin{aligned} (\ell, \varphi) &= \int_0^1 \ell(x) \varphi(x) dx = \int_0^1 e^{2\pi i \omega x} \varphi(x) dx - \sum_{k=1}^N C_k \varphi(hk) \\ &= \int_0^1 \left(e^{2\pi i \omega x} - \sum_{k=1}^N C_k \sum_{\beta=-\infty}^{\infty} \delta(x - hk - \beta) \right) \varphi(x) dx, \end{aligned} \quad (2)$$

where δ is the Dirac delta-function. That is, the value of the functional ℓ on a function φ gives the error of quadrature formula (1). This difference defines a linear functional

$$\ell(x) = e^{2\pi i \omega x} - \sum_{k=1}^N C_k \sum_{\beta=-\infty}^{\infty} \delta(x - hk - \beta) \quad (3)$$

is called *the error functional* of the quadrature formula (1), and belongs to the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}(0,1]$. $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}(0,1]$ is the conjugate space to the space

$\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$. The error functional ℓ is 1-periodic functional.

Since the error functional ℓ is defined on the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$, the following equality is valid as in the work [1]

$$(\ell, 1) = 0 \quad \text{and} \quad (\bar{\ell}, 1) = 0 \quad \text{for } m \geq 2.$$

Using the Cauchy-Schwarz inequality, we obtain the following upper bound for the absolute value of the error (2)

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\ell\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}} \|\varphi\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}},$$

where

$$\|\ell\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}} = \sup_{\varphi, \|\varphi\| \neq 0} \frac{|(\ell, \varphi)|}{\|\varphi\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}}}$$

Therefore, in order to estimate the error of the quadrature formula (1) on functions of the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$ it is necessary to find the norm of the error functional ℓ defined on the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$.

Thus, for constructing the optimal quadrature formula of the form (1), we should solve the following problems.

Problem 1. Calculate the norm for the error functional (3) of the optimal quadrature formula (1) that satisfies the following equality

$$\|\ell\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}}^{\circ} := \inf_{C_k} \|\ell\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}}. \quad (4)$$

The following theorem holds the norm (4) for $m \geq 2$ with $\omega \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ and $\omega h \notin \mathbb{Z}$.

Theorem 1. On the space $\widetilde{W}_2^{(m,m-1)}(0,1]$ with $m \geq 2$, the norm (4) of the optimal error functional for $\omega \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ and $\omega h \notin \mathbb{Z}$ has the following form

$$\|\ell\|_{\widetilde{W}_2^{(m,m-1)*}}^{\circ 2} = \frac{1}{(2\pi\omega)^{2m} + (2\pi\omega)^{2m-2}} \left[1 - \frac{2}{(2\pi\omega)^{2m} + (2\pi\omega)^{2m-2}} \cdot \frac{1}{hK_{\omega,m}^{-1}} \right],$$

where

$$hK_{\omega,m}^{-1} = (-1)^{m-1} \cdot \left[\frac{h(e^{2h} - 1)}{e^{2h} + 1 - 2e^h \cos(2\pi\omega h)} + \sum_{n=1}^{m-1} \frac{2h^{2n} \cdot \lambda E_{2n-2}(\lambda)}{(2n-1)! \cdot (1-\lambda)^{2n}} \right],$$

$E_{2n-2}(\lambda)$ is the Euler-Frobenius polynomial of degree $(2n-2)$ and $\lambda = e^{2\pi i \omega h}$.

References

- [1]. Sobolev S.L., Introduction to the theory of cubature formulas, Nauka, Moscow, 1974, 808 p.
- [2]. Hayotov A.R., Khayriev U.N., Optimal quadrature formulas for approximate calculation of integrals with exponential weight, Bulletin of the Institute of Mathematics, 2022, Vol. 5, №6, pp.14-22.

VIBRATION OF SHELL STRUCTURES AND METHODS OF REDUCING IT

¹**Kodakkal Kannan Viswanathan**, ²**Akhadova Ugiloy**

¹*Samarkand State University named after Sharof Rashidov*

²*Intern researcher of Termiz State University*

e-mail: visu.kk@gmail.com, oaxadova@bk.ru

Shell structures with filler can be subjected to vibration, which can cause mechanical effects on the building structure and change its condition [1]. The article [2] presents an analysis of theoretical and experimental studies of shell structures with filler in the construction industry. Article [3] discusses problems of free and forced vibrations of shell structures with compartments partially filled with ideal incompressible liquid.

Aspects of vibration of shell structures filled and unfilled with liquid may include: Change in the shape of the shell. Change in the stress-strain state. Change in natural frequency. Vibration can lead to a change in the shape of the shell. The effect of vibration can be limited to a feeling of shaking (pallesthesia) or lead to changes in the nervous, cardiovascular, and musculoskeletal systems.

There are two groups of methods for measuring vibration parameters: contact methods, which involve mechanical coupling of the sensor to the object under study, and non-contact methods, i.e. not mechanically coupled to the object.

The most common and effective methods for reducing vibration are vibration isolation and vibration absorption. In addition, the following methods are used to protect against vibration: reduction of machine vibration activity; detuning from resonant frequencies; vibration damping; vibration suppression.

Vibration isolation is a method of reducing vibration by reducing the transmission of vibrations from the source to the surrounding environment. Special materials are used for this purpose, which absorb vibration and do not transmit it further. For example, rubber cushions are used for building vibration isolation, and rubber or polymer suspensions are used for machine vibration isolation.

Vibration absorption is a method of reducing vibration by converting it into heat or another form of energy. Special materials are used for this purpose, which absorb vibration and convert it into heat or another form of energy.

For example, special materials are used for building vibration damping that absorb vibration and convert it into heat.

REFERENCES

[1] A.T. Bekker, N.Ya.Tsimbelman, V.I.Seliverstov, T.I. Chernova. Studies of stress-strain state of infilled shell structures. Vestnik IrGTU №8 (79) 2013, 64-70 pp.

[2] Famil A. Seyfullayev, Gulnar R. Mirzayeva, Shusha A. Kerimova. Asymptotic analysis of natural frequencies of axisymmetric oscillations of orthotropic cylindrical shells in an infinite elastic medium, liquid filled. Structural

mechanics of engineering constructions and buildings. 2019. 15 (1). 69–74. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-1-69-74

[3] V.I. Gnitko, D.V. Krutchenko, Y.Naumenko, E. Strelnikova. Estimation of free and forced vibrations of shell structures with fluidfilled compartment. ВІСНИК ХНТУ №3(62), 2017 p., TOM 2, 71-75 pp.

THE BASICS OF VIBRATION ANALYSIS AND ITS APPLICATIONS IN MACHINERY MAINTENANCE

¹Kodakkal Kannan Viswanathan, ²Kholmurzaeva Nigora Abdimuratovna

¹Samarkand State University

²Termiz State University

e-mail: visu.kk@gmail.com, xna_7488@mail.ru

Vibration analysis is a process that monitors the levels and patterns of vibration signals within a component, machinery or structure, to detect abnormal vibration events and to evaluate the overall condition of the test object [1]. Vibration analysis can help you to diagnose the machine faults and monitor the machine conditions over time and predicts the failures. Vibration analysis can measure three major parameters: acceleration, velocity (RMS) and displacement. Each of these parameters emphasizes certain frequency ranges in their own way and can be analyzed together to diagnose issues [2].

Vibration analysis can detect problems such as imbalance, bearing failures, mechanical looseness, misalignment, resonance and natural frequencies, electrical motor faults, bent shafts and gearbox failures.

Vibration analysis can be applied for the condition monitoring on machineries and their key rotating parts, such as bearings, gears, shafts, free wheels, gearboxes, motors, fans and drive-trains [1].

Vibration analysis can be performed using different techniques such as FFT (Fast Fourier Transform), PSD (Power Spectral Density) and spectrogram. These techniques can help you visualize the frequency content of a vibration signal over time [2].

FFT stands for Fast Fourier Transform. It is an algorithm that computes the discrete Fourier transform (DFT) of a sequence. The DFT is a tool that converts a signal from its original domain (often time or space) to a representation in the frequency domain and vice versa. The FFT reduces the number of computations needed for points from 2^N to $2^{N/2}$, where $\lg$ is the base-2 logarithm. The FFT can help us analyze the frequency content of a vibration signal more efficiently.

Suppose we have a signal that is a sum of cosine waves at 10, 20, 30, 40 and 50 Hz. If we plot this signal in the time domain, we will see a complex waveform that oscillates rapidly. However, if we apply the FFT algorithm to this signal, we will get a discrete Fourier transform that shows five distinct peaks at the corresponding frequencies. This way, we can identify the frequency components of the signal more easily.

We can also use MATLAB to perform FFT on various signals and visualize the results.

There are some steps using MATLAB for FFT.

First, we need to define our signal and its sampling frequency. For example, we can use the following code to generate a signal that is a sum of cosine waves at 10, 20, 30, 40 and 50 Hz:

```
Fs = 100; % sampling frequency in Hz
T = 1/Fs; % sampling period in seconds
L = 1000; % length of signal
t = (0:L-1)*T; % time vector
x = cos(2*pi*10*t) + cos(2*pi*20*t) + cos(2*pi*30*t) + cos(2*pi*40*t) +
cos(2*pi*50*t); % signal
```

Next, we need to use the fft function to compute the discrete Fourier transform of the signal. The fft function returns a complex vector that contains the amplitude and phase information of each frequency component. For example, we can use the following code to compute the DFT of the signal:

```
y = fft(x); % DFT of signal
```

Then, we need to normalize and scale the DFT vector to get the magnitude spectrum of the signal. The magnitude spectrum shows how much each frequency contributes to the signal. We also need to define a frequency vector that corresponds to each element of the DFT vector. For example, we can use the following code to get the magnitude spectrum and frequency vector:

```
P2 = abs(y/L); % two-sided magnitude spectrum
P1 = P2(1:L/2+1); % one-sided magnitude spectrum
P1(2:end-1) = 2*P1(2:end-1); % scaling factor for even-length signals
f = Fs*(0:(L/2))/L; % frequency vector
```

Finally, we need to plot the magnitude spectrum versus frequency using plot function. We can also add labels and title for clarity. For example, we can use the following code to plot the spectrum:

```
plot(f,P1) % plot spectrum
xlabel('Frequency (Hz)') % x-axis label
ylabel('Magnitude') % y-axis label
title('Magnitude Spectrum of Signal') % title
```

So we can see the results of computing after compile the program.

REFERENCES

- [1] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/vibration-analysis>
- [2] Juan Carlos A. Jauregui Correa, Alejandro A. Lozano Guzman, Mechanical Vibrations and Condition Monitoring, 2020, Pages 55-73, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819796-7.00003-2>

PROPERTIES OF THE DISCRETE ANALOGUE OF THE DIFFERENTIAL OPERATOR

Kurbonnazarov A. I.

V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics

e-mail: mumin_1974.inbox.ru

Constructing optimal quadrature formulas means the process of approaching the integral of a given function to a certain accuracy by dividing the given interval into small intervals in an adaptive manner.

Solving problems arising from many fundamental and applied studies of computational mathematics or approximate calculations leads to integral and differential equations. The discrete analogue of the differential operator has an important role in solving these types of problems. Many scientists have conducted scientific and practical research on these issues, for example, (see [1]). In the works [2], [3], there are constructed discrete analogues for the differential operators $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}}$ and $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 2\omega^2 \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}} + \omega^4 \frac{d^{2m-4}}{dx^{2m-4}}$.

The discrete analogue $D_m(h\beta)$ for this differential operator $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - 2\omega^2 \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}} + \omega^4 \frac{d^{2m-4}}{dx^{2m-4}}$ was constructed in [4].

In the present work we study important properties of this operator $D_m(h\beta)$ (where $m=3, \omega=1$). Here we prove the following.

Theorem 1. For the discrete analogue $D_3(h\beta)$ of the differential operator $\frac{d^6}{dx^6} - 2\frac{d^4}{dx^4} + \frac{d^2}{dx^2}$ the followings hold

- 1°. $D_3(h\beta) * 1 = 0$,
- 2°. $D_3(h\beta) * (h\beta) = 0$,
- 3°. $D_3(h\beta) * \sinh(h\beta) = 0$,
- 4°. $D_3(h\beta) * \cosh(h\beta) = 0$,
- 5°. $D_3(h\beta) * (h\beta) \sinh(h\beta) = 0$,
- 6°. $D_3(h\beta) * (h\beta) \cosh(h\beta) = 0$.

References

- [1] Sobolev S.L. The coefficients of optimal quadrature formulas: Selected Works of S.L. Sobolev, Springer, 2006, pp. 561-566.
- [2] Shadimetov Kh.M., Hayotov A.R. Construction of the discrete analogue of the differential operator $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}}$, Uzbek Math. Journal, 2004, no.2, pp. 85-95.
- [3] Shadimetov Kh.M., Hayotov A.R. Optimal approximation of error functionals of quadrature and interpolation formulas in spaces of differentiable functions, Monograph, Tashkent, 2022, 247 pages.

[4] Ahmadaliev G.N., Hayotov A.R. A discrete analogue of the differential operator $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} - 2\omega^2 \frac{d^{2m-2}}{dx^{2m-2}} + \omega^4 \frac{d^{2m-4}}{dx^{2m-4}}$. Uzbek mathematical journal, 2017, no. 3, pp. 10-12.

MODELLING THE SHADOW ECONOMY USING COMPLEX VALUED SIMPLE REAL BUSINESS CYCLE (DSGE) MODEL

Makhmudov Sh.

National University of Uzbekistan

e-mail: maxmudovshahzod@gmail.com

Estimating the size of the shadow economy is always one of the hot topics in the economic research area. Hence, we would like to build a Real business cycle model, which is the simple type of DSGE model, using complex variables.

We have the following notations: l – legal sector variable, s – shadow sector variable, $i = \sqrt{-1}$.

Economic variables at time t ($K_t^l, K_t^s, I_t^l, I_t^s, L_t^l, L_t^s, C_t^l, C_t^s \in \mathbb{R}^+$):

$$K_t = K_t^l + i K_t^s, I_t = I_t^l + i I_t^s$$

$$L_t = L_t^l + i L_t^s, C_t = C_t^l + i C_t^s$$

where K_t – capital, I_t – investment, L_t – labor (number of working hours), C_t – household consumption ($K_t, I_t, L_t, C_t \in \mathbb{C}$). Outputs used in legal and shadow sectors ($G_t, X_t^l, X_t^s, M_t^l, M_t^s \in \mathbb{R}^+, Y_t^l, Y_t^s \in \mathbb{C}$):

$$Y_t^l = C_t^l + I_t^l + G_t + X_t^l - M_t^l, Y_t^s = C_t^s + I_t^s + X_t^s - M_t^s$$

where G_t – government consumption (note that it is given only for the legal sector), X_t – exports, M_t – imports. Therefore, the total output is:

$$Y_t = Y_t^l + Y_t^s.$$

The utility function of households at time t ($U: \mathbb{C}^2 \rightarrow \mathbb{R}$):

$$U_t = \frac{|C_t|^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \theta \frac{|L_t|^{1+\eta}}{1+\eta} \quad (1)$$

where σ, θ and η are parameters (constants).

The households have budget constraint, meaning their expenses must be equal to their revenues at time t for both legal and shadow sector:

$$P_t C_t^l + B_t = W_t^l L_t^l + r_{t-1} B_{t-1}, P_t C_t^s = W_t^s L_t^s \quad (2)$$

where P_t – the price of consumption in period t , so $P_t C_t$ is nominal consumption, B_t – nominal amount of savings (bonds or any financial assets), W_t – the nominal wage in period t in corresponding unit, L_t – amount of labor in period t in some units, so $W_t L_t$ is total wage in nominal terms, r_t – the nominal gross interest rate at the end of period t . We assume that nominal interest rate on financial assets is fixed.

We would like to maximize the utility function (1) for all future periods using discount factor β ($0 < \beta < 1$), subject to the (2):

$$\max_{C_t, L_t, B_t} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{|C_t|^l}{1-\sigma} - \theta \frac{|L_t|^l}{1+\eta} \right).$$

To maximize this under given constraint, we use the Lagrangian function:

$$\mathcal{L} = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{\left(|C_t^l|^2 + |C_t^s|^2 \right)^{\frac{1-\sigma}{2}}}{1-\sigma} - \theta \frac{\left(|L_t^l|^2 + |L_t^s|^2 \right)^{\frac{1+\eta}{2}}}{1+\eta} \right] \\ - \Lambda_t^l \left(P_t C_t^l + B_t - (W_t^l L_t^l + r_{t-1} B_{t-1}) \right) - \Lambda_t^s \left(P_t C_t^s - W_t^s L_t^s \right)$$

The first order conditions are:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t^l} = \beta^t \left(\frac{C_t^l}{\left[\sqrt{[C_t^l]^2 + [C_t^s]^2} \right]^{1+\sigma}} - \Lambda_t^l P_t \right) = 0, \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t^s} = \beta^t \left(\frac{C_t^s}{\left[\sqrt{[C_t^l]^2 + [C_t^s]^2} \right]^{1+\sigma}} - \Lambda_t^s P_t \right) = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial L_t^l} = \beta^t \left(-\theta \left[\sqrt{[L_t^l]^2 + [L_t^s]^2} \right]^{\frac{\eta-1}{2}} L_t^l + \Lambda_t^l W_t^l \right) = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial L_t^s} = \beta^t \left(-\theta \left[\sqrt{[L_t^l]^2 + [L_t^s]^2} \right]^{\frac{\eta-1}{2}} L_t^s + \Lambda_t^s W_t^s \right) = 0, \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial B_t} = -\beta^t \Lambda_t^l + \beta^{t+1} \Lambda_{t+1}^l r_t = 0.$$

Firms maximize their profits in a forward-looking manner. In each period the firm receives some profit. So, the discounted value is, again, an infinite sum starting from the current period and to the infinity (in both **legal** and **shadow** sectors separately):

$$\max_{Y_t, I_t, K_t, L_t} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(P_t (Y_t - I_t) - W_t L_t \right)$$

There are two sets of constraints:

$$Y_t = K_{t-1}^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}, \quad K_t = (1-\delta) K_{t-1} + I_t.$$

The first of the constraints is that the output is determined by capital and labor in the Cobb-Douglas production function. The other constraint is that the capital, which is available for production next period, is related to the previous period capital and investment through the capital accumulation constraint.

Next step is to write the Lagrangian:

$$\mathcal{L} = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\left(P_t (Y_t - I_t) - W_t L_t \right) - \Lambda_{t,Y} \left(Y_t - K_{t-1}^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} - \right. \right. \\ \left. \left. - \Lambda_{t,K} \left(K_t - ((1-\delta) K_{t-1} + I_t) \right) \right) \right].$$

The first order conditions (FOC) are:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y_t} &= D_t(P_t - \Lambda_{t,Y}) = 0, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} = D_t(-P_t + \Lambda_{t,K}) = 0, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial L_t} = D_t\left(-W_t + \Lambda_{t,Y}(1-\alpha)\frac{Y_t}{L_t}\right) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_t} &= -D_t \Lambda_{t,K} + D_{t+1}\left(\Lambda_{t+1,Y} \alpha \frac{Y_{t+1}}{K_t} + \Lambda_{t+1,K}(1-\delta)\right) = 0.\end{aligned}$$

So, we have all the equations needed for the model. In next steps of the research, we would like to calibrate model to the data, then using the Kalman filter, estimate shadow variables in the model.

References

- [1] Galí, Jordi, 2008, “Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle,” Chapters: 1 and 2, Princeton University Press.
- [2] McCandless, George, 2008, “The ABCs of RBCs, An Introduction to Dynamic Macroeconomic Models,” Harvard University Press.
- [3] Reinhold Remmert, 1991, “Theory of Complex Functions,” Springer-Verlag.
- [4] Ken Kreutz-Delgado, 2009, “The Complex Gradient Operator and the $\mathbb{C}\mathbb{R}$ -Calculus,” Electrical and Computer Engineering Jacobs School of Engineering University of California, San Diego.

FINITE VELOCITY IN CROSS-DIFFUSION PROCESSES WITH CONVECTIVE TRANSPORT AND ABSORPTION

Mamatov A.U., Nurumova A.Yu.

National University of Uzbekistan

mmtovabrorjon1995@gmail.com, aziza.n@rambler.ru

Consider the $Q = \{(t, x) : t > 0, x \in R^N\}$ following problem in the domain

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(v^{m_1-1} |\nabla u^k|^{p-2} \nabla u) - \operatorname{div}(c(t)u) - \gamma_1(t)u \\ \frac{\partial v}{\partial t} = \operatorname{div}(u^{m_2-1} |\nabla v^k|^{p-2} \nabla v) - \operatorname{div}(c(t)v) - \gamma_2(t)v \end{cases} \quad (1)$$

$$u(0, x) = u_0(x) \geq 0, \quad v(0, x) = v_0(x) \geq 0, \quad x \in R^N, \quad (2)$$

where $k \geq 1$, $p, m_i, i = 1, 2$ the numerical parameters, $\nabla(\cdot) = \operatorname{grad}(\cdot)$,

$0 \leq u_0(x), v_0(x) \in C(R^N)$, $c(t) > 0$, $0 < \gamma_i(t) \in C(0, \infty)$, $i = 1, 2$ given functions.

To establish the property of the finite velocity of propagation of perturbations, we find an exact self-similar solution to this problem. For this purpose, solutions to system (1) are sought in the form [1]

$$\begin{cases} u(t, x) = (T + t)^{-\alpha_1} f_3(\xi) \\ v(t, x) = (T + t)^{-\alpha_2} \psi_3(\xi) \end{cases} \Rightarrow \xi = \frac{|\eta|}{[\tau(t)]^{1/p}} \quad (3)$$

where $\tau(t) = \frac{1}{1 - (m_1 - 1)\alpha_2 - k(p - 2)\alpha_1} (T + t)^{1 - (m_1 - 1)\alpha_2 - k(p - 2)\alpha_1}$, $T > 0$,

$$\begin{cases} \bar{f}_1(\xi) = (a - \xi^\gamma)_+^{\gamma_1} \\ \bar{\psi}_1(\xi) = (a - \xi^\gamma)_+^{\gamma_2} \end{cases} \Rightarrow \xi = \frac{|\eta|}{\tau^{1/p}},$$

$$\gamma = \frac{p}{p-1}, \quad \gamma_i = \frac{p-1}{q} [p - (m_i + 1)], \quad i = 1, 2.$$

$$\begin{cases} v_1(t) = \exp\left(-\int_0^t \gamma_2(\mu) d\mu\right) \\ u_1(t) = \exp\left(-\int_0^t \gamma_1(\mu) d\mu\right) \end{cases} \quad (4)$$

Theorem 1. Let $q_1 > 0$, $q_2 > 0$. Then the solution of system (3) with compact support for $\eta \rightarrow \infty$ ($\eta = -\ln(a - \xi^{p/(p-1)})$) has an asymptotic representation

$$\begin{cases} f(\xi) = A_1 f_1(\xi)(1 + o(1)) \\ \psi(\xi) = A_2 \psi_1(\xi)(1 + o(1)) \end{cases}$$

where the coefficients $A_i > 0$, $i = 1, 2$ are the solution to the system of algebraic equations

$$A_1^{k(p-2)} A_2^{m_1-1} = 1 / p(\gamma k \gamma_1)^{p-1}, \quad A_1^{m_2-1} A_2^{k(p-2)} = 1 / p(\gamma k \gamma_2)^{p-1}.$$

From this theorem, for the position of the free boundary [1-2], we have

$$|\xi| \rightarrow l(t) = a^{(p-1)/p} [\tau(t)]^{1/p}, \quad \text{those.} \quad \left| \int_0^t c(y) dy - x \right| \rightarrow a^{(p-1)/p} [\tau(t)]^{1/p}, \quad \text{were}$$

$$\tau(t) = \int_0^t [u_1(y)]^{k(p-2) + (m_1-1)} dy, \quad u_1(t) = \exp\left(-\int_0^t \gamma_1(y) dy\right).$$

Theorem 2. Let $q_i < 0$, $N + kq_i < 0$, $i = 1, 2$. Then the solution of system (3) disappearing at infinity at $\eta \rightarrow \infty$ ($\eta = \ln(a + \xi^{p/(p-1)})$) has the asymptotic representation

$$\begin{cases} f(\xi) = A_3 (a + \xi^\gamma)^{q_1} (1 + o(1)) \\ \psi(\xi) = A_4 (a + \xi^\gamma)^{q_2} (1 + o(1)) \end{cases}$$

where the coefficients $A_i > 0$, $i = 3, 4$ are the solution to the system of algebraic equations [3-4]

$$\begin{cases} A_3^{k(p-2)} A_4^{m_1-1} = \left[-\frac{1}{\gamma^{p-1} p(N + k\gamma q_1)} + b_1 \right] (|k\gamma q_1|)^{2-p}, \\ A_3^{m_2-1} A_4^{k(p-2)} = \left[-\frac{1}{\gamma^{p-1} p(N + k\gamma q_2)} + b_2 \right] (|k\gamma q_2|)^{2-p}. \end{cases}$$

The results of the search for a solution to the given problem (1)-(2) show that in order to study the processes of nonlinear heat transfer, nonlinear heat conduction, it is very important to analyze self-similar or approximately self-similar solutions and find qualitative properties of systems of equations, find compact asymptotically supported states of non-destructive solutions of systems of equations. Self-similar model and approximately self-similar when searching for solutions to self-similar models, new effects related to the problem were observed.

References

- [1] A. Mamatov and A. Nurumova, "Investigate the interaction of nonlinear thermal conductivity process with density and source in a nonhomogeneous environment," AIP Conference Proceedings 2432, 050031 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0090850>.
- [2] J. L. Vazquez, The Porous Medium Equation: Mathematical Theory (Oxford University Press, United Kingdom, 2007).
- [3] H. Zhang and P. Xiamen, "The nonexistence of the solution for quasilinear parabolic equation related to the p-laplacian equation" Journal of WSEAS Transactions on Mathematics, **11**(4), 679–688, (2012).
- [4] M. Aripov and Sh. Sadullayeva, Computer simulation of nonlinear diffusion processes (University press, Tashkent, 2020).

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF A NONHOMOGENEOUS DOUBLE NONLINEAR HEAT TRANSFER EQUATION IN VARIOUS MEDIA WITH RESPECT TO DENSITY AND SOURCE

Mamatov A.U., Nurumova A.Yu.

National University of Uzbekistan

mmtovabrjon1995@gmail.com, aziza.n@rambler.ru

Consider the $Q = \{(t, x) : t > 0, x \in R^N\}$ following problem in the domain

$$\begin{cases} |x|^k \frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(|x|^n u^{m_1-1} |\nabla u|^{p-2} \nabla u^l) + \gamma(t) u^{q_1} v^{r_1} |x|^k \\ |x|^k \frac{\partial v}{\partial t} = \operatorname{div}(|x|^n v^{m_2-1} |\nabla v|^{p-2} \nabla v^l) + \gamma(t) u^{q_2} v^{r_2} |x|^k \end{cases} \quad (1)$$

with initial (Cauchy) condition

$$u(0, x) = u_0(x) \geq 0, \quad v(0, x) = v_0(x) \geq 0, \quad (2)$$

where $m_1 > 1, m_2 > 1, p > 2, q_1, q_2, r_1, r_2 \geq 1, k, l \in R$ is the parameters, $u_0(x), v_0(x)$ is the initial conditions, $|x|^n, |x|^k$ is the density of the medium, $0 < \gamma(t) \in C(0, \infty)$ is the specified function.

We can translate the system of equations (1) into a system of radial-symmetric equations so that we can find a solution to a self-similar or an approximately self-similar. To do this, we first introduce the notation as $r = |x|$, so that we can translate the system of equations (1) into a radial-symmetric system [1]:

$$\begin{cases} r^k \frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div} \left(r^{n+N-1} u^{m_1-1} \left| \frac{\partial u}{\partial r} \right|^{p-2} \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \gamma(t) u^{q_1} v^{r_1} r^k \\ r^k \frac{\partial v}{\partial t} = \operatorname{div} \left(r^{n+N-1} v^{m_2-1} \left| \frac{\partial v}{\partial r} \right|^{p-2} \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \gamma(t) u^{q_1} v^{r_1} r^k \end{cases} \quad (3)$$

After performing the substitution (3), to find a self-similar solution of the system of equations (1) and the solution of the approximately self-similar, we use the following method [2-4]:

$$\begin{cases} u(t, r) = \bar{u}(t) \cdot \omega(\tau(t), \phi(r)) \\ v(t, r) = \bar{v}(t) \cdot z(\tau(t), \phi(r)) \end{cases} \quad (4)$$

Theorem 1. $k_1 > 0$, $k_2 > 0$ let be given. Next

$$\begin{cases} f(\zeta) = h_1^0 \bar{f}(\zeta)(1 + o(1)) \\ g(\zeta) = h_1^0 \bar{g}(\zeta)(1 + o(1)) \end{cases} \quad (5)$$

the system of equations (5) will have an asymptotic at $\eta \rightarrow +\infty \left(\zeta \rightarrow a^{1-\frac{1}{p}} \right)$ point.

Where it will be equal to $0 < h_1^0 < +\infty$ if one of the following conditions is met:

1) If condition $\delta_i > \frac{2-m}{p-1}$ is satisfied, then will (h_1^0, h_2^0) be the solution of the following nonlinear system of algebraic equations with roots (h_1, h_2)

$$\begin{cases} (h_2^0)^{m_1-1} (h_1^0)^{p-2} = c_1 \\ (h_1^0)^{m_2-1} (h_2^0)^{p-2} = c_2 \end{cases} \quad (6)$$

where, $c_i = \frac{1}{p(\chi k_i)^{p-1}}, i=1, 2$. By reducing the given values to the system of

equations (6), we obtain the following system of equations [3]:

$$\begin{cases} h_1^0 = \frac{1}{\chi k_1} \left(\frac{1}{\chi p k_1} \right)^{\frac{1}{p-2}} \left[\frac{\chi^{p-2} p k_2^{p-1}}{k_1 (\chi k_1 p)^{\frac{1}{p-2}}} \right]^{\frac{m_1-2}{p}} \\ h_2^0 = \left[\frac{k_1 (\chi k_1 p)^{\frac{1}{p-2}}}{\chi k_1} \right]^{\frac{m_2-2}{p}} \end{cases}$$

2) Given that $\delta_i = \frac{k_i-1}{k_i}, i=1, 2$, (h_1^0, h_2^0) are the roots of the following nonlinear system of algebraic equations

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1^{p-1} (h_1^0)^{m_1+p-3} + \frac{a_1 (h_1^0)^{k_1-1} (h_2^0)^{k_1-1}}{a \chi^p k_1} = \frac{1}{p \chi^{p-1}} \\ k_2^{p-1} (h_2^0)^{m_2+p-3} + \frac{a_2 (h_1^0)^{k_1-1} (h_2^0)^{k_1-1}}{a \chi^p k_2} = \frac{1}{p \chi^{p-1}} \end{array} \right. \quad (7)$$

The results of computational experiments show that the iterative methods listed above would be effective in solving nonlinear problems. Nonlinear effects result if the nonlinear division method and linear self-similar solutions are used as the initial approximation of the solution, in which the standard equation is constructed in a functional way. As expected, to achieve the same accuracy, the Newton method requires less iteration compared to the Picard methods and the special method due to the successful choice of the initial approach. In each of the cases considered, the Newton method has the best approximation by choosing a good initial approximation. In some cases, the total number of iterations is almost two times less, and the maximum number of iterations is almost 4 times less than in other methods. The results of numerical calculations show the influence of the numerical speed of distortion propagation, and the localization of the resolution depends on the values of the numerical parameters. All the results of digital experiments are visualized.

References

- [1] A. Mamatov and A. Nurumova, "Investigate the interaction of nonlinear thermal conductivity process with density and source in a nonhomogeneous environment," AIP Conference Proceedings 2432, 050031 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0090850>.
- [2] J. L. Vazquez, The Porous Medium Equation: Mathematical Theory (Oxford University Press, United Kingdom, 2007).
- [3] H. Zhang and P. Xiamen, "The nonexistence of the solution for quasilinear parabolic equation related to the p-laplacian equation" Journal of WSEAS Transactions on Mathematics, **11**(4), 679–688, (2012).
- [4] M. Aripov and Sh. Sadullayeva, Computer simulation of nonlinear diffusion processes (University press, Tashkent, 2020)

BLOW-UP REJIMLI MUHITDA PARABOLIK TIPDAGI NODIVERGENT TENGLAMALAR SISTEMASI UCHUN KOSHI MASALASINING AVTOMODEL YECHIMI ASIMPTOTIKASI

Matyakubov A.S., Nazirova D.X., Yo'ldoshova R.O', Ibragimova D.A.

O'zbekiston Milliy universiteti

e-mail: almasa@list.ru, dil_n@mail.ru

Kirish. Bugungi kunda jahon miqyosida blow-up rejimli jarayonlar va sistemalariga bag'ishlangan tadqiqotlar dolzarb hamda zarur hisoblanadi. Shu sababli blow-up rejimli nochiziqli muhitlarda matematik modellarni tadqiq etish, samarali sonli yechish sxemalari va algoritmlarini qurish hamda ularning dasturiy

ta'minotini yaratish amaliy matematikaning muhim vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda.

Sonli modellashtirishning asosiy masalasi sifatida Koshi va chegaraviy masala uchun global yechimning mavjudligi, yechimni baholash, yechim asimptotikalari va front (erkin chegaralarni) aniqlashni o'rganish tushuniladi. 1950-yilda B.Ya.Zeldovch, A.C.Kompanets tomonidan birinchi marotaba issiqlik tarqalishi tezligining chegaralanganlik effekti aniqlangan [1]. Xuddi shu natijalar G.I.Barenblatt (1952) tomonidan poltropik filtratsiya tenglamalari uchun, keyinchalik L.A.Peletier (1958) diffuziya jarayonlari uchun takrorlandi. A.S.Kalashnikov [2] tomonidan kuchli yutilish holida chekli vaqt ichida to'la sovush hodisasi aniqlandi. Bir qator ishlarda nochiziqli tenglamalar uchun Koshi masalasining musbat yechimlarining asimptotik hatti-harakatlari o'rganilgan [7,8]. [3-6] ishlarda Koshi masalasining global va blow-up yechimlari mavjud va mavjud emasligi tahlil qilingan.

Masalaning qo'yilishi

Manba yoki yutilish bo'lgan holda yonish jarayonlari (qattiq va suyuq yonuvchilarning alangalanish modellari) nochiziqli matematik modellarini tadqiq qilishga bag'ishlanadi.

$Q = (0, T) \times R$ sohada nodivergent turdagi tenglama uchun Koshi masalasini ko'rib o'tamiz:

$$-\frac{\partial u}{\partial t} + u^\gamma \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \varepsilon u^{q-1} = 0 \quad (1)$$

$$u|_{t=0} = u_0(x) \geq 0, \quad x \in R \quad (2)$$

bu yerda, $p > 2$, $\gamma > 1$, $q > 1$ – berilgan sonli qiymatlar. $q \geq 1$, $x \in R$ holda asimptotika topish [7,8] ishda ko'rilgan, $\gamma > 0$ holda esa juda ko'p ishlarda ko'rib o'tilgan [3-8].

(1) tenglama juda ko'p fizik jarayonlarni: reksiya-diffuziya, issiqlik o'tkazuvchanlik, filtratsiya, yonish jarayonlari ifodalaydi. Quvvati εu^{q-1} ga teng bo'lgan ($\varepsilon = +1$) manba yoki ($\varepsilon = -1$) sovush hollarda qarab o'tiladi. Bu yerda $p > 2$ – fiksirlangan parameter bo'lib, turli jarayonlarda turlicha qiymatlarni qabul qiladi.

Asosiy natija.

Bu turdagi masalalarni sonli yechish uchun avtomodel yechim quriladi va masala yechimlarining sifat ko'rsatkichlari o'rganiladi. Chiziqsiz ajratish usuli yordamida qurilgan avtomodel yechimlardan keyinchalik boshlang'ich yaqinlashish sifatida foydalanamiz [3-8]. (1) tenglamaning muhimligi unung nodivergentligidir va bunda saqlanish qonuni ishlamaydi.

Quyidagi teorema isbot qilingan:

Teorema. $\alpha + p - q < 0$ va $\frac{(p-1)(q-2)}{\alpha + p - 2} < 0$ shartlar bajarilsin. U holda

(1) tenglama blow-up yechimi $t \rightarrow T$ da quyidagi asimptotikaga ega bo'ladi:

$$u(t, x) \rightarrow \left(\frac{1}{q-2} \right)^{\frac{1}{q-2}} (T-t)^{\frac{1}{2-q}} \left(a + \left(x(T-t)^{\frac{\alpha+p-q}{p(2-q)}} \right)^{\frac{p}{p-1}} \right)^{\frac{p-1}{\alpha+p-2}}$$

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

[1] Зельдович Я.Б. , Компанеев А.С. К теории распространения тепла при теплопроводности, зависящей от температуры. // Сборник, посвященный 70-летию акад. А. Ф. Иоффе. М. 1950, с.61-71.

[2] Калашников А.С. О влиянии поглощения на распространение тепла в среде с теплопроводностью, зависящей от температуры. // ЖВМ и МФ, 1976 т 16 № 3, с.689—696.

[3] AS Matyakubov, JO Khasanov, MO Ismoilova. Asymptotic representation of blow-up modes of parabolic equation not in divergence form with source. сборник трудов I Международной научной конференции, 25-26 апреля 2022 года. Ташкент: Университет, 2022.—С. 204-205.

[4] AS Matyakubov, DR Raupov. Numerical and visual modeling for blow-up modes in two-component nonlinear media. Проблемы вычислительной и прикладной математики. Номер: 2 (39), 2022, Стр: 40-51.

[5] AS Matyakubov, DR Raupov. On some properties of the blow-up solutions of a nonlinear parabolic system non-divergent form with cross-diffusion. Technological Advancements in Construction: Selected Papers. Springer International Publishing, 2022, 289-301.

[6] Matyakubov A. S., Raupov D. R. Estimates of the blow-up solution of a cross-diffusion parabolic system not in divergence form //Bukhara–Samarkand–Tashkent. – 2019. – Т. 16. – С. 106.

[7] M Aripov, AS Matyakubov, JO Xasanov. Global solvability and explicit estimation of solutions of a cross-diffusion parabolic system in non-divergent form with a source and variable density. Mathematics and its application. Contemporary mathematics and its application: abstracts of the international scientific conference 2021, 23-24.

[8] Mersaid A. et al. The Cauchy problem for a nonlinear degenerate parabolic system in non-divergence form //Математические заметки СВФУ. – 2020. – Т. 27. – №. 3. – С. 27-38.

ISSIQLIK DIFFUZIYASI VA YONISH JARAYONLARINI IFODA ETUVCHI PARABOLIK TIPDAGI NODIVERGENT TENGLAMA UCHUN BLOW-UP YECHIM BAHOLARI

A.S.Matyakubov, J.I.Salimov, M.O'.Ismoilova, D.A.Ibragimova

O'zbekiston Milliy universiteti

e-mail: almasa@list.ru, jasurbek.salimov1997@gmail.com

Kirish.

Hozirgi kunda jahon danodivergent ko'rinishdagi parabolic tipdagi tenglamalar sistemalari bilan tavsiflanuvchi diffusion jarayonlarning matematik modellari keng tadqiq etilmoqda. Shu sababli blow-up rejimli turli nochiziqli

matematik modellarning yangi sifat xossalarini aniqlash dolzarb ilmiy tadqiqotlardan hisoblanadi.

1950-yilda B.Ya.Zeldovch, A.C.Kompanets tomonidan birinchi marotaba issiqlik tarqalishi tezligining chegaralanganlik effekti aniqlangan [1]. Xuddi shu natijalar G.I.Barenblatt (1952) tomonidan poltropik filtratsiya tenglamalari uchun, keyinchalik L.A.Peletier (1958) diffuziya jarayonlari uchun takrorlandi. A.S.Kalashnikov [2] tomonidan kuchli yutilish holida chekli vaqt ichida to'la sovush hodisasi aniqlandi. Bir qator ishlarda nochiziqli tenglamalar uchun Koshi masalasining musbat yechimlarining asimptotikhatti-harakatlari o'rganilgan [7,8]. [3-6] ishlarda Koshi masalasining global va blow-up yechimlari mavjud va mavjud emasligi tahlil qilingan.

Masalaning qo'yilishi

Ushbu ish manba yoki yutilish bo'lgan holda issiqlik tarqalish va yonish jarayonlari nochiziqli matematik modellarini nodivergent ko'rinishdagi nochiziqli parabolik tenglama chegaralanmagan yechimlarini baholashga bag'ishlanadi.

$Q = (0, T) \times R$ sohada nodivergent turdagi tenglama uchun Koshi masalasini ko'rib o'tamiz:

$$-\frac{\partial u}{\partial t} + u^\alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \varepsilon u^{q-1} = 0 \quad (1)$$

$$u|_{t=0} = u_0(x) \geq 0, \quad x \in R \quad (2)$$

Bu yerda, $p > 2, \alpha > 1, q > 1$ – berilgan sonly qiymatlar. $q \geq 1, x \in R$ holda asimptotika topish [7,8] ishda ko'rilgan, $\alpha > 0$ holda esa juda ko'p ishlarda ko'rib o'tilgan [3-8].

(1) tenglama juda ko'p fizik jarayonlarni: reksiya-diffuziya, issiqlik o'tkazuvchanlik, filtratsiya, yonish jarayonlarini ifodalaydi. Quvvati εu^{q-1} ga teng bo'lgan ($\varepsilon = +1$) manba yoki ($\varepsilon = -1$) sovush hollarda qarab o'tiladi. Bu yerda $p > 2$ – fiksirlangan parameter bo'lib, turli jarayonlarda turlicha qiymatlarni qabul qiladi.

Asosiy natija

(1), (2) masalaning yuqori yechimi haqidagi teorema isbot qilingan.

Teorema. $q > 3$ va $1 < \alpha < 2$ yoki $q \leq 3$ va $\alpha > 2$ va $u(0, x) \leq u_+(0, x)$ shartlar bajarilsin.

U holda (1), (2) masala umumlashgan yechimlari uchun $t \rightarrow T$ da quyidagicha baholash o'rinli

$$u(t, x) \leq u_+(t, x),$$

$$\text{Bu yerda } u_+(t, x) = B \cdot \left(\frac{1}{q-2} \right)^{\frac{1}{q-2}} (T-t)^{\frac{1}{2-q}} \cdot \left(a + \left(x(T-t)^{\frac{\alpha+p-q}{p(2-q)}} \right)^{\frac{p}{p-1}} \right)^{\frac{p-1}{\alpha+p-2}}$$

$$, \quad B = \left(\frac{(\alpha+p-2)^p}{p^{p-1}(\alpha-2)(1-p)(q-\alpha-p)} \right)^{\frac{1}{\alpha+p-2}}.$$

Aniq yechimni topa olmaganda uni baholash ham yaxshi natija hisoblanadi. Topilgan yuqori yechim bizga aniq yechim haqida dastlabki ma'lumotlarni beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

- [1]. Зельдович Я.Б., Компанеев А.С. К теории распространения тепла при теплопроводности, зависящей от температуры. // Сборник, посвященный 70-летию акад. А. Ф. Иоффе. М. 1950, с.61-71.
- [2]. Калашников А.С. О влиянии поглощения на распространение тепла в среде с теплопроводностью, зависящей от температуры. // ЖВМ и МФ, 1976 т 16 № 3, с.689—696.
- [3]. AS Matyakubov, JO Khasanov, MO Ismoilova. Asymptotic representation of blow-up modes of parabolic equation not in divergence form with source. сборник трудов I Международной научной конференции, 25-26 апреля 2022 года. Ташкент: Университет, 2022.—С. 204-205.
- [4]. AS Matyakubov, DR Raupov. Numerical and visual modeling for blow-up modes in two-component nonlinear media. Проблемы вычислительной и прикладной математики. Номер: 2 (39), 2022, Стр: 40-51.
- [5]. AS Matyakubov, DR Raupov. On some properties of the blow-up solutions of a nonlinear parabolic system non-divergent form with cross-diffusion. Technological Advancements in Construction: Selected Papers. Springer International Publishing, 2022, 289-301.
- [6]. Matyakubov A. S., Raupov D. R. Estimates of the blow-up solution of a cross-diffusion parabolic system not in divergence form // Bukhara-Samarkand-Tashkent. – 2019. – Т. 16. – С. 106.
- [7]. M Aripov, AS Matyakubov, JO Xasanov. Global solvability and explicit estimation of solutions of a cross-diffusion parabolic system in non-divergent form with a source and variable density. Mathematics and its application. Contemporary mathematics and its application: abstracts of the international scientific conference 2021, 23-24.
- [8]. Mersaid A. et al. The Cauchy problem for a nonlinear degenerate parabolic system in non-divergence form // Математические заметки СВФУ. – 2020. – Т. 27. – №. 3. – С. 27-38.

ZILZILA TA'SIRIDA SIRPANUVCHAN POYDEVOR USTIDAGI KO'PRIKNING SILJISH TEBRANISHLARINI SONLI MODELLASHTIRISH

Mirzayev I., Askarova D.S.

Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

e-mail: dilbarkhon1120@gmail.com

Ko'priklar va yo'l o'tkazgichlarni zilzilalar ta'siridagi mavjud yozuvlari bilan hisoblash ularning kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik holatini aniqroq tahlil qilishga imkon beradi [1].

Yer yuzasining gorizont va vertikal harakatlari zilzilaning mavjud seysmogrammasi shaklida berilsin. Ko'priknining poydevori bir xil siljishlarga ega bo'ladi deb hisoblaymiz va rostverk poydevordan ikki qavatli ftoroplast yoki tegishli quruq ishqalanish koefitsienti bilan siljishni ta'minlaydigan boshqa material orqali ajratilgan bo'lsin. Ayrim turdagi binolar uchun seysmik izolyatsiyaning samarali usuli ftoroplast yordamida sirpanuvchan poydevor hisoblanadi [2]. Poydevor va rostverk gorizont yo'nalishda o'zaro ta'sir qilish modeli sifatida Kulon – Amontonning quruq ishqalanish modelini olamiz va vertikal yo'nalishda ular mutlaqo qattiq bog'langan deb hisoblaymiz.

Misol tariqasida “Navoiy – Buxoro” tezyurar elektrlashtirilgan temir yo'lining uchastkasida joylashgan uzunligi 29.6 metr bo'lgan temir yo'l ko'prigining zilzilabardoshligini hisoblash maqsadida zilzilalarning mavjud yozuvlari ta'sirini hisobga olgan holda, maxsus tuzilgan dastur bo'yicha hisob – kitob ishlari olib borildi [1].

Ko'prik konstruksiyasi tayanchlar, tayanch qismlari, rigellar, oraliq qurilmalar kabi ko'plab elementlardan iborat. Tayanchlarning umumiy soni – 6 ta, o'lchamlari: balandligi – 2 m, ko'ndalang kesim yuzasi – 0,35 m × 0,35 m.

Konstruksiya asosan temirbeton materialdan qurilgan – mustahkamligi bo'yicha beton sinfi B25. Tayanch qism quyidagi xususiyatlarga ega: $EF/h=235092$ MN/m, $GF/h=1200$ MN/m.

Temir yo'l ko'prigining hisob – kitob natijalari zilzilalarning mavjud yozuvlari asosida olingan [3]:

1. Gazli (O'zbekiston) – 000074 (17.05.1976 y., MSK-64 shkalasi bo'yicha 9 balldan yuqori, maksimal gorizont va vertikal: tezlanishlar – 7.22 m/s^2 va 13.163 m/s^2 , tezliklari – 0.62 m/s va 0.57 m/s , ko'chishlari – 0.18 m va 0.216664 m , raqamlashtirish qadami – 0.005 s , davomiyligi – 28 s).

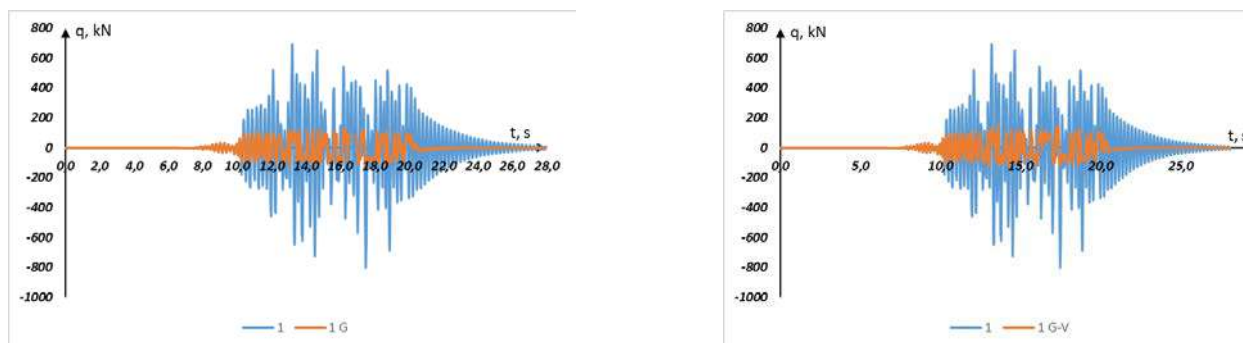
Bitta tayanchning egilish bikrligi aniqlanadi:

$$k = 12 \cdot \frac{EJ}{l^3} \text{ N/m.} \quad (1)$$

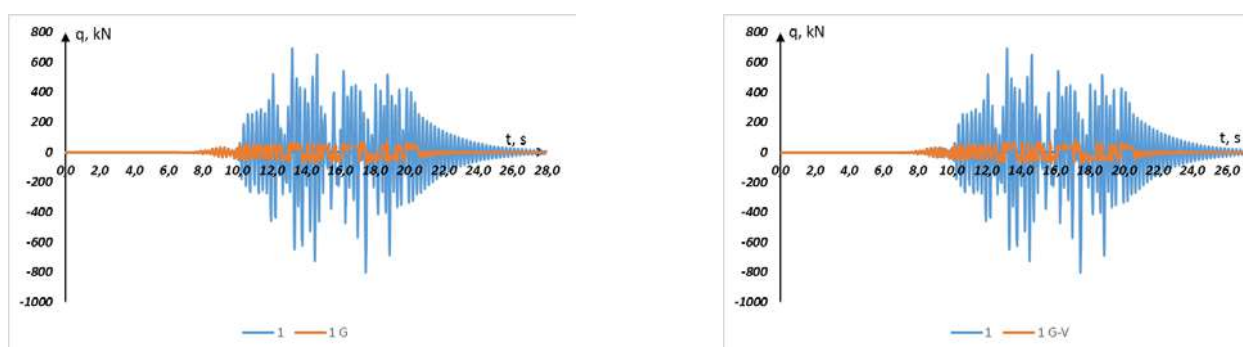
Tayanchlar soni 6 ta, shuning uchun umumiy siljish bikrligi $6k$ ga teng bo'ladi. Unda tayanchlarning ekvivalent siljish bikrligi $\frac{GF}{l} = 6k$ ga teng bo'ladi.

Quruq ishqalanish bilan bog'liq masalalarni sonli yechishda vaqt qadami 0.001 s ga teng. 1–2 rasmlarda Gazli zilzilasi yozuvlari ta'sirida tayanchdagi ko'ndalang kuchlar vaqt bo'yicha o'zgarishini poydevor va rostverk orasidagi

siljishdagi ishqalanishni hisobga olmagan va hisobga olgan holatlar uchun hisoblash ishqalanish koeffisienti f ning turli qiymatlaridagi natijalari ko'rsatilgan.



1 – rasm. Gorizontaal (chap tomondagi) va bir vaqtning o'zida gorizontaal – vertikal harakatlar (o'ng tomondagi) ni hisobga olgan holda sirpanishsiz (ko'k chiziq) va sirpanish (jigarrang chiziq $f=0.1$) mavjud bo'lganda tayanch elementdagi ko'ndalang kuchning o'zgarishi



2 – rasm. Gorizontaal (chap tomondagi) va bir vaqtning o'zida gorizontaal – vertikal harakatlar (o'ng tomondagi) ni hisobga olgan holda sirpanishsiz (ko'k chiziq) va sirpanish (jigarrang chiziq $f=0.05$) mavjud bo'lganda tayanch elementdagi ko'ndalang kuchning o'zgarishi

Ushbu grafiklardan ko'rinib turibdiki, quruq ishqalanish koeffitsienti $f=0.1$ va $f=0.05$ ga teng bo'lgan holatda sirpanuvchan poydevordan foydalanish siljish kuchining maksimal qiymatini mos ravishda 6.1 va 11 barobar kamayishiga olib keladi, shuningdek, sirpanuvchan poydevor mavjud bo'lmaganda, vertikal harakatni hisobga olgan holda, temir yo'l ko'prigi uchun uning qiymati mos ravishda 5.2 va 9.1 barobar kamayadi. Quruq ishqalanish ta'siridan foydalanish quruq ishqalanish koeffitsientini tanlab, ko'prik elementlaridagi kuchlanishlarni kamaytirish orqali ko'prikning zilzilabardoshligini oshirishga imkon beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Mirzaev I., Askarova D. Spatial oscillations of a railway bridge under the impact of a real earthquake. V Central Asian conference on soil mechanics and geotechnical engineering, 2022, pp. 91-95.
- [2]. Mirzaev I., Yuvmitov A., Turdiev M., Shomurodov J. Influence of the Vertical Earthquake Component on the Shear Vibration of Buildings on Sliding Foundations. Conference: E3S Web of Conferences, 2021, Volume 264.

- [3]. Ambraseys N.N., Smit P., Douglas J., Margaris B., Sigbjörnsson R., Ólafsson S., Suhadolc P., Costa G. Internet site for European strong-motion data. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata 45(3), 2004.

SEYSMIK TA'SIR OSTIDAGI UZUN YER OSTI QUVURIDAGI JARAYONLARNI CHEKLI AYIRMALAR USULIDA HISOBLASH VA TAHLIL QILISH.

Mirzayev I., Shomurodov J.

Toshkent davlat transport universiteti

e-mail: ibrahim.mir@mail.ru, jakhongir_shf@mail.ru

Inson hayoti uchun xavfli bo'lgan omillardan biri bu seysmik jarayonlar hisoblanadi. Bu seysmik jarayonlarning yer osti va yer usti inshootlariga ta'sirini o'rganish va tahlil qilish murakkab mexanik masalalarga olib keladi. Xususan, yer osti inshootlaridan biri hisoblangan yer osti quvurlarida ham zilzilalar natijasida turli mexanik jarayonlarni kuzatish mumkin [1-3]. Bunday turdagi masalalarni yechishning umumlashgan analitik usuli mavjud emas. Shu sababli bunday turdagi murakkab masalalarni sonli usullar yordamida yechishga to'g'ri keladi. Qarayotgan ishimiz shu masalalardan biri hisoblangan, seysmik kuchlar ta'siridagi L uzunlikka ega bo'lgan uzun yer osti quvuridagi seysmodinamik jarayonlarni o'rganishga bag'ishlangan.

Faraz qilaylik to'liq tarqalish tezligi c_g bo'lgan grunt da quvur o'qi bo'ylab grunt zarrachalari $v_g(t-x/c_g)$ tezlik bilan harakat qilayotgan bo'lsin. Bunda c_g ning qiymati to'liqinning quvur o'qiga nisbatan tushish burchagiga bog'liq [3]. Ox o'qining boshlanish nuqtasini quvurning chap tomonidan belgilaymiz. Uzun er osti quvurining seysmodinamikasi [1] chiziqli bo'lmagan Klein-Gordon tenglamasi bilan tavsiflanadi.

$$u_{tt} - c^2 u_{xx} + F(u) = 0 \quad (1)$$

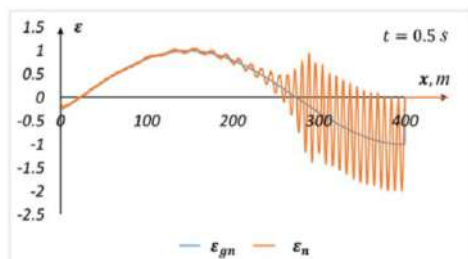
Uzun yer osti quvuri uchun (1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz [2]

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} &= c^2 \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \frac{\pi D}{F \rho} \tau, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} &= \frac{\partial v}{\partial x}, \\ \tau &= \tau(x, t, u_g - u) \end{aligned} \quad (2)$$

bu yerda ε, v, u – quvur zarrachalarining deformatsiyasi, tezligi va ko'chishi. $u_g = u_g(x, t)$ – grunt zarrachalarining ko'chishi, $\tau(x, t, u_g - u)$ – quvur va grunt orasidagi paydo bo'ladigan urunma kuchlanish bo'lib, bu kuchlanish va $(u_g - u)$ – nisbiy ko'chish orasidagi minosabat turli ko'rinishda bo'lishi mumkin. Bu munosabat “quvur-grunt” sistemasi uchun eksperiment asosida aniqlanadi.

Quvur-grunt orasidagi bog'lanishni gruntning deformatsiyalanishi jarayonida turli holatlarga tushishi hisobga olinadi, xususan tarkibiy buzilishi ham. Quvur va grunt orasidagi o'zaro munosabat chiziqli bo'lmagan modeli kesim-chiziqli model bilan approksimatsiya qilinadi [2].

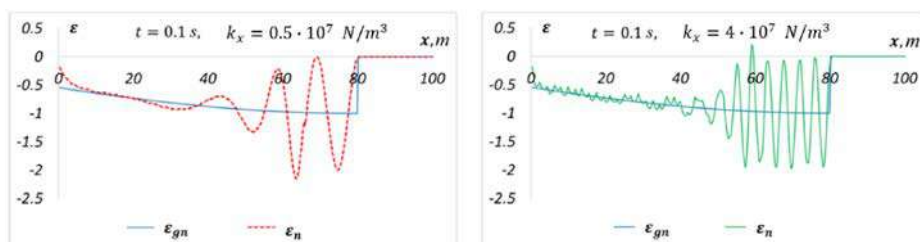
(2)- tenglamani birinchi tartibdagi aniqlikda Δx va Δt bo'yicha chekli ayirmalar usuliga mos ravishda approksimatsiya qilish va uni yechish algoritmi [2] da batafsil keltirilgan. Biz bu algoritmdan foydalanib, quyidagi holatlarni tahlil qilamiz.



1-rasm. $t=0.5$ s vaqt onidagi grunt va quvurdagi deformatsiyalar

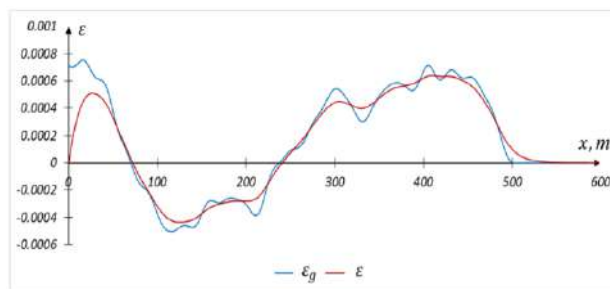
1. Gruntidagi to'liq tarqalish tezligi quvurdagi to'liq tarqalish tezligidan katta ($c_g > c$) bo'lgan holatni qaraylik. Bu holat uchun 1-rasmda gruntidagi ($\varepsilon_{gn} = \varepsilon_g / \varepsilon_{gm}$) va quvurdagi ($\varepsilon_n = \varepsilon / \varepsilon_{gm}$) normallashtirilgan deformatsiyalar keltirilgan. Natijadan ko'rish mumkinki, frontning orqasida quvurda yuqori chastotali tebranishlar paydo bo'ladi. Shuningdek, bu joyda quvurdagi maksimal deformatsiya gruntidagi maksimal deformatsiyadan 2 marta katta ekanligi ko'rinib turibdi [1]. Quvurdagi yuqori chastotali tebranishlarning paydo bo'lishiga asosiy sabab gruntida berilgan to'liq frontida tezlikda uzilish (sakrash) yoki deformatsiyaning tezligining qiymati katta bo'lganligidir.

Bu yuqori chastotali to'liqlarning davri asosan k_x – chiziqli munosabat ko'effitsientiga bog'liq bo'ladi. Xususan 2-rasmda $k_x = 0.5 \cdot 10^7 \text{ N/m}^3$ bo'lganda yuqori chastotali to'liq davri 0.014 s, $k_x = 4 \cdot 10^7 \text{ N/m}^3$ bo'lganda esa bu davr 0.005 s ga teng bo'lishi aniqlandi.



2-rasm. $t=0.1$ s vaqt onidagi grunt va quvurdagi deformatsiya

Endi esa 1976-yilda Gazlida sodir bo'lgan zilzila yozuvlari asosida hisoblangan natijalarni tahlil qilaylik. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, quvurdagi deformatsiya va gruntidagi deformatsiyaning qiymatlari bir biriga deyarli teng holatda bo'ladi. Bunga sabab shuki, zilzila ro'y berganda gruntidagi tezlik noldan boshlanadi. Bu xulosani aniqlashtirish uchun gruntidagi tezlikni sinus funksiya sifatida berib ko'rildi. Bu holatda ham yuqoridagi mulohaza olindi. Demak bu turdagi masalalarni yechish va tahlil qilish jarayonida gruntida berilayotgan seysmik ta'sirga alohida e'tibor qaratish kerakligi talab etiladi.



2-rasm. $t=1$ s vaqt onidagi gruntdagi va quvurdagi deformatsiya.

2. Yuqoridagi zilzila yozuvlari asosida $c_g < c$ holat uchun hisoblashlar olib borilganda, gruntdagi va quvurdagi deformatsiyalar qiymati bir biridan farqli ekanligini ko'rish mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1]. Рашидов Т. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан; 1973: 180.
- [2]. Mirzaev I., Shomurodov J.F. Seismodynamics of an extended underground pipeline based on a nonlinear model of interaction with the ground. AIP Conference Proceedings. 2022; 2637(030004).
- [3]. Israilov M.Sh. Action of an Oblique Seismic Wave on an Underground Pipeline. Mechanics of Solids. 2022; 57:1006-1015.

ZILZILA VAQTIDA BINO KONSTRUSIYALARIDA PAYDO BO'LADIGAN SEYSMIK KUCHLARNI QURUQ ISHQALANISH YORDAMIDA KAMAYTIRISHNING HISOBIY ALGORITMI.

Mirzayev I., Turdiyev M.S.

*Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston
e-mail: ibrahim.mir@mail.ru, malikjon_ts@mail.ru*

Ushbu ishda quruq ishqalanish elementlaridan foydalanib, bino konstruksiyasida hosil bo'ladigan seysmik kuchlarni kamaytirish masalasi algoritmi keltirilgan. Ko'plab mahalliy va xorijiy tadqiqotchilar bino va inshootlarning seysmik chidamliligi, seysmik himoya tizimlari muammosi yoritilgan faol ilmiy tadqiqot va ishlanmalar olib borishyabdi. Dunyoning rivojlangan davlatlarida seysmik izolyatsiya qilishning takomillashgan usullaridan foydalaniladi va bu ancha qimmatga tushadi. Biz taklif qiladigan usuldan foydalanib, bino konstruksiyasini seysmik izolyatsiya qilish arzonga tushadi. Shu kunga qadar biz bino konstruksiyasida zilzila vaqtida hosil bo'ladigan seysmik kuchlarni kamaytirish uchun ko'plab hisoblash ishlarini o'tkazdik. Konstruksiyaning gorizontaal va vertikal harakatini, konstruksiya poydevori va rostverk o'rtasiga quruq ishqalanish elementlaridan foydalanib seysmik izolyatsiya qilish, konstruksiyaning yon qismlariga qo'shimcha dempferlar qo'yish, o'lchami cheklangan bo'shliq qoldirish orqali seysmik kuchlarni kamaytirish masalalari o'rganib chiqilgan [1-2].

Konstruksiya poydevorining gorizontaal harakati haqiqiy seysmogramma ko'rinishida berilgan bo'lsin. Konstruksiya poydevori bilan rostverki orasi maxsus

material - ftoroplast yordamida seysmoizolyatsiya qilingan bo'lsin. Poydevor va rostverk o'zaro harakati Kulonning quruq ishqalanish modeliga keladi.

Konstruksiyaning gorizontall siljishdagi harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi [1].

$$[M] \cdot \{\ddot{U}\} + [C] \cdot \{\dot{U}\} + [K] \cdot \{U\} = \{Q(t)\}, \quad (1)$$

$$t = 0 \text{ da } \{U\} = 0, \quad \{\dot{U}\} = 0,$$

bu yerda $[M]$ – massalarning diagonal matritsasi, $[K]$ – bikrlilik matritsasi, $[C] = \alpha \cdot [M] + \beta \cdot [K]$ – qovushqoqlik matritsasi, $\{U\}$ – ko'chish vektori. M_0 massali poydevorning rostverk bilan sirpanishdagi shartlari quyidagicha:

$$u_0 = u_g - u_r, \text{ agar } |F_0| < |F_{fr}| \text{ bo'lsa, birgalikda harakat qiladi,} \quad (2)$$

$$F_0 = F_{fr}, \text{ da sirpanadi,} \quad (3)$$

bu yerda u_0 – rostverkning gorizontall ko'chishi; u_g – poydevorning ko'chishi; u_r – poydevorning rostverkga nisbatan ko'chishi, ularning birgalikdagi harakatida bu qiymat o'zgarmaydi (boshlang'ich vaqtda $u_r = 0$); F_0 – poydevor va rostverk orasidagi kuchning noma'lum qiymati; $F_{fr} = \text{sign}(\dot{u}_g - \dot{u}_0) \cdot f \cdot P$ – quruq ishqalanish kuchi qiymati; f – quruq ishqalanish ko'effitsiyenti; P – konstruksiyaning og'irligi. Konstruksiyaning vertikal harakatini hisobga olganimizda P o'zgaruvchan bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, vertikal tebranishlar binolarning gorizontall tebranishlariga bog'liq emas va gorizontall tebranishlar (3) shart orqali binolarning vertikal tebranishlariga bog'liq, chunki vertikal tebranishlar paytida sirpanuvchi poydevorga bosim o'zgaradi [2].

Birgalikdagi harakatdagi ko'chish u_0 (2) tenglama orqali hisoblanadi va poydevor tepasidagi M_1 massa harakati tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_1 \ddot{u}_1 + k_1 u_1 + c_1 \dot{u}_1 - k_2 (u_2 - u_1) - c_2 (\dot{u}_2 - \dot{u}_1) = k_1 u_0 + c_1 \dot{u}_0.$$

Bu holda $Q_1 = k_1 u_0 + c_1 \dot{u}_0$, $\{Q\}$ vektorning qolgan elementlari nolga teng.

Quruq ishqalanishli sirpanish faqatgina (3) shart bajarilganda sodir bo'ladi. Ko'rib chiqilayotgan (1), (2), (3) masalalar chiziqli bo'lmagan masalalar bo'lib, noma'lum F_0 funktsiyani hisoblash uchun hech qanday shartlar mavjud emas va biz ushbu funktsiyani hisoblashning hojati yo'qligini ko'rsatamiz. Sirpanish faqat rostverk kerakli nisbiy inertsia kuchini olganida va poydevorning tezlashishi nisbiy kamayganida sodir bo'lishi mumkin. Shuning uchun kuchsiz zilzilalar paytida sirpanuvchi poydevor ishlamaydi yoki samarasi kichik bo'ladi. Bu dinamik jarayonda $[M]$ va $[K]$ matritsalar o'lchami o'zgaradi. Sirpanishda M_0 massa, yani rostverk, tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$M_0 \cdot \ddot{u}_0 - k_1 (u_1 - u_0) - c_1 (\dot{u}_1 - \dot{u}_0) = F_{fr}, \text{ bunda } Q_0 = F_{fr}.$$

Masalani yechishda quyidagi algoritmdan foydalanamiz. Har bir qadamda masalani uch shartda hisoblaymiz [1-2]:

1. (1) tenglamani (2) shartga ko'ra yechamiz;
2. (1) tenglamani (3) shartga ko'ra yechamiz, bunda $F_0 = f \cdot P$;
3. (1) tenglamani (3) shartga ko'ra yechamiz, bunda $F_0 = -f \cdot P$.

$[M]$ va $[K]$ matritsalar birinchi shartda $m \times m$ o'lchamda bo'ladi (m - konstruksiya qavatlar soni). Ikkinchi va uchinchi shartlarda $(m+1) \times (m+1)$ bo'ladi. Ushbu uchta yechimdan haqiqiy yechimni tanlash quyidagicha amalga oshiriladi. Agar masalalarning ikkinchi va uchinchi shartlaridagi nisbiy tezliklar $\dot{u}_g - \dot{u}_0$ har xil ishoralarga ega bo'lsa, to'g'ri yechim birinchi shartdagi masalaning yechimidir, chunki quruq ishqalanish kuchi rostverkni turli yo'nalishlarda harakatga keltiradi va shuning uchun noma'lum kuch quruq ishqalanish kuchining chegara qiymatidan kamroq, ya'ni sirpanish yo'q. Agar masalalarning ikkinchi va uchinchi shartlaridagi nisbiy tezliklar bir xil ishoraga ega bo'lsa, unda nisbiy tezlikning absolyut qiymati eng kichik bo'lgan shartdagi yechim haqiqiy yechim hisoblanadi, chunki quruq ishqalanish kuchi har doim nisbiy harakatga qarshi yo'nalgan bo'ladi.

Adabiyotlar ro'yxati

[1] Mirzaev I, Turdiyev M S 2021 Vibrations of Buildings with Sliding Foundations under Real Seismic Effects *Construction of Unique Buildings and Structures* Volume 94 Article No 9407.

[2] Ibrakhim Mirzaev, Anvar Yuvmitov, Malikjon Turdiev and Jakhongir Shomurodov 2021 Influence of the Vertical Earthquake Component on the Shear Vibration of Buildings on Sliding Foundations E3S Web of Conferences 264, 02022 .

HISOBLASH EKSPERIMENTI O'TKAZISHDA SINOV FUNKSIYALARI METODIDAN FOYDALANISH

Mirzayeva B.M.

Termiz davlat universiteti

e-mail: borixolmirzayeva@gmail.com

Ko'pgina amaliy masalalar ayirmali sxemalarni qo'llash orqali yechiladi. Bunda ayirmali sxemalarni yechish algoritmi to'g'ri amalga oshirilganligi, kompyuter dasturi to'g'ri natija berayabdimi degan savollar paydo bo'ladi. Ayirmali sxemalarning yaqinlashishi va aniqlik tartibini tekshirish uchun akademik A.A. Самарский tomonidan sinov funksiyalari metodini qo'llash tavsiya etilgan [1]. Sinov funksiyalari metodining mohiyati quyidagidan iborat: biror-bir ixtiyoriy funksiya tanlanadi, unga faqat tenglama koefitsientlarining uzulish nuqtalarida uzluksizlik shartini qanoatlantirish talabi qo'yiladi. Tanlangan funktsiyani asosiy differentsial tenglamaga qo'yib, tenglamaning ozod hadi, chegaraviy va boshlang'ich shartlari aniqlanadi. Qo'llanilayotgan ayirmali sxema hosil qilingan o'ng tomon, chegaraviy va boshlang'ich shartlar bilan yechiladi. Hisoblash natijasida olingan taqribiy yechimning qiymatlari, to'r tugunlarida tanlangan sinov funksiyasining qiymatlari bilan taqqoslanadi. Ushbu qiymatlarning o'zaro yaqinligi hisoblash algoritmi va kompyuter dasturining to'g'ri amalga oshirilganligini ko'rsatadi. Ularning o'zaro mos tushmasligi esa hisoblash algoritmi yoki kompyuter dasturida qandaydir xatoliklarga yo'l qo'yilganligidan dalolat beradi. Hisoblash algoritmi va kompyuter dasturi o'zaro mutanosib bo'lgandan keyin ular

asosida differentsial masala oilasiga mansub bo'lgan ixtiyoriy masalalarni yechishda foydalanish mumkin.

Yuqorida aytilgan fikrlarni Puasson tenglamasini yechish misolida ko'rib o'tamiz :

$$\nabla^2 \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2} = -f(x_1, x_2), x \in G \quad (1)$$

$$\psi|_G = \mu(x_1, x_2) \quad (2)$$

bu yerda $\bar{G} = G + g = \{0 \leq x_\alpha \leq l_\alpha, \alpha = 1, 2\}$ to'g'ri to'rtburchakli soha. Differentsial masala (1)-(2) ga mos sinov funksiyasini tanlaymiz :

$$\psi(x_1, x_2) = e^{A(x_1 + x_2)} \quad (3)$$

Qo'yilgan masalaning o'ng tomonidagi funksiya $f(x_1, x_2)$ va chegaraviy shartlar $\mu(x_1, x_2)$ ni aniqlaymiz. Bu holda

$$f(x_1, x_2) = -\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2}\right) = -(A^2 e^{A(x_1 + x_2)} + A^2 e^{A(x_1 + x_2)}) = -2A^2 e^{A(x_1 + x_2)}$$

$$\begin{aligned} \psi(0, x_2) &= e^{Ax_2}, & \psi(l_1, x_2) &= e^{A(l_1 + x_2)} \\ \psi(x_1, 0) &= e^{Ax_1}, & \psi(x_1, l_2) &= e^{A(x_1 + l_2)} \end{aligned}$$

ekanligini aniqlash mumkin.

Endi differentsial masala (1)-(2) ni tanlangan sinov funksiyasi uchun o'zgaruvchan yo'nalishli iteratsiya sxemasi bilan yechamiz:

$$\frac{y^{j+\frac{1}{2}} - y^j}{\tau_{j+1}^{(1)}} = \Lambda_1 y^{j+\frac{1}{2}} + \Lambda_2 y^1 + f(x), f(x) = \xi(x), x \in \omega_h, \quad (4)$$

$$y^{j+\frac{1}{2}}|_{j_k} = \mu(x),$$

$$\frac{y^{j+1} - y^{j+\frac{1}{2}}}{\tau_{j+1}^{(2)}} = \Lambda_1 y^{j+\frac{1}{2}} + \Lambda_2 y^{j+1} + f(x), x \in \omega_h, \quad (5)$$

$$y^{j+1}|_{j_k} = \mu(x),$$

bunda $j=0, 1, 2, \dots$ bo'lib, boshlang'ich yaqinlashish $y^0 = y(x, 0)$ ixtiyoriy olinadi, bu yerda j -iteratsiya raqami, $y^{j+\frac{1}{2}}$ - oraliq iteratsiya (qisman iteratsiya), $\tau_{j+1}^{(1)} > 0$ va $\tau_{j+1}^{(2)}$ iteratsiya parametrlari bo'lib, ular iteratsiyalar sonining shartidan tanlab olinadi. Ayirmali masala (4)-(5) optimal iteratsiya parametrlari to'plami $\tau_{j+1}^{(1)}$ va $\tau_{j+1}^{(2)}$ bilan yechiladi [2]. Ayirmali masala algoritmi uchun C++ tilida dastur tuzildi va sonli hisoblashlar o'tkazildi.

Foydalanilgan adabyotlar

[1] А.А.Самарский Теория разностных схем.- М.: Наука, 1977.-656 с.

[2] Ч.Б.Нормуродов О сравнении итерационных схем для численного решения разностных аналогов повышенной точности задачи Дирихле для уравнения Лапласа // Числен. Методы механики силовой среды-Новосибирск, 1979.-№6 (10).-С.97-104.

QUALITATIVE PROPERTIES OF THE TASK OF BIOLOGICAL POPULATION TASK WITH DOUBLE NONLINEAR DIFFUSION

Muhamediyeva Dildora Kabilovna

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

e-mail: atematichka@inbox.ru

Let's consider in the domain $Q = \{(t, x) : 0 < t, x \in R\}$ parabolic system of two quasilinear equations of reaction-diffusion with double nonlinear diffusion

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D_1 u_2^{m_1-1} \left| \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u_1}{\partial x}) + k_1(t) u_1 (1 - u_1^{\beta_1}) \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D_2 u_1^{m_2-1} \left| \frac{\partial u_2}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u_2}{\partial x}) + k_2(t) u_2 (1 - u_2^{\beta_2}) \end{cases} \quad (1)$$

$$u_1|_{t=0} = u_{10}(x), \quad u_2|_{t=0} = u_{20}(x),$$

which describes the process of biological populations in two-component nonlinear medium, the diffusion coefficient which is equal to $D_1 u_2^{m_1-1} \left| \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|^{p-2}$, $D_2 u_1^{m_2-1} \left| \frac{\partial u_2}{\partial x} \right|^{p-2}$, where $m_1, m_2, p, \beta_1, \beta_2$ - positive real numbers, $u_1 = u_1(t, x) \geq 0$, $u_2 = u_2(t, x) \geq 0$ - sought solution.

Below we investigate the qualitative properties of the considered problem by constructing self-similar system of equations for (1).

Self-similar system of equations we will construct by the method of nonlinear splitting [1].

Substitution in (1)

$$u_1(t, x) = e^{k_1 t} v_1(t, x), \quad u_2(t, x) = e^{k_2 t} v_2(t, x),$$

lead (1) to the form:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau_1} = \frac{\partial}{\partial x} (D_1 v_2^{m_1-1} \left| \frac{\partial v_1}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial v_1}{\partial x}) + k_1 e^{[(\beta_1-p+2)k_1 - (m_1-1)k_2]t} v_1^{\beta_1+1} \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau_2} = \frac{\partial}{\partial x} (D_2 v_1^{m_2-1} \left| \frac{\partial v_2}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial v_2}{\partial x}) + k_2 e^{[(\beta_2-p+2)k_2 - (m_2-1)k_1]t} v_2^{\beta_2+1} \end{cases} \quad (2)$$

$$v_1|_{t=0} = v_{10}(\eta), \quad v_2|_{t=0} = v_{20}(\eta).$$

Choosing

$$\tau = \frac{e^{[(m_1-1)k_2 + (p-2)k_1]t}}{(p-2)k_1 + (m_1-1)k_2} = \frac{e^{[(m_1-1)k_1 + (p-2)k_2]t}}{(p-2)k_2 + (m_2-1)k_1};,$$

we get the following system of equations:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 v_2^{m_1-1} \left| \frac{\partial v_1}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) - a_1 \tau^{b_1} v_1^{\beta_1+1} \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_2 v_1^{m_2-1} \left| \frac{\partial v_2}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) - a_2 \tau^{b_2} v_2^{\beta_2+1} \end{cases} \quad (3)$$

where $a_1(t) = k_1(t) \cdot [(p-2)k_1 + (m_1-1)k_2]^{b_1}$; $b_1 = \frac{(\beta_1-p+2)k_1 - (m_1-1)k_2}{(p-2)k_1 + (m_1-1)k_2}$;

$$a_2 = k_2 \cdot [(p-2)k_2 + (m_2-1)k_1]^{b_2}; \quad b_2 = \frac{(\beta_2 - p + 2)k_2 - (m_2 - 1)k_1}{(p-2)k_2 + (m_2 - 1)k_1};$$

For the purpose of obtaining self-similar system for the system of equations (3) we find first the solution of a system of ordinary differential equations

$$\begin{cases} \frac{d\bar{v}_1}{d\tau} = -a_1 \tau^{b_1} \bar{v}_1^{\beta_1+1}, \\ \frac{d\bar{v}_2}{d\tau} = -a_2 \tau^{b_2} \bar{v}_2^{\beta_2+1}, \end{cases} \quad (4)$$

in the form

$$\bar{v}_1(\tau) = \tau^{-\alpha_1}, \quad \bar{v}_2(\tau) = \tau^{-\alpha_2},$$

where

$$\alpha_1 = \frac{b_1+1}{\beta_1}, \quad \alpha_2 = \frac{b_2+1}{\beta_2}.$$

Then for $w_i(\tau, x)$, $i = 1, 2$ we get the system of equations

$$\begin{cases} \frac{\partial w_1}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 w_2^{m_1-1} \left| \frac{\partial w_1}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial w_1}{\partial x} \right) + \psi_1(w_1^{\beta_1+1} - w_1) \\ \frac{\partial w_2}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_2 w_1^{m_2-1} \left| \frac{\partial w_2}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial w_2}{\partial x} \right) + \psi_2(w_2^{\beta_2+1} - w_2) \end{cases}, \quad (5)$$

where

$$\psi_i = \frac{1}{(1 - [\alpha_i(p-2) + \alpha_{3-i}(m_i-1)]\tau)}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

Consider the self-similar solution of system (5) of the form

$$w_1(t, x) = f_1(\xi), \quad w_2(t, x) = f_2(\xi), \quad \xi = |x| / (T + \tau)^{1/p} \quad (7)$$

Then substituting (7) into (5) with respect to $f_1(\xi), f_2(\xi)$ we get the following system of nonlinear degenerate self-similar equations:

$$\begin{cases} \frac{d}{d\xi} (f_2^{m_1-1} \left| \frac{df_1}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_1}{d\xi}) + \frac{\xi}{p} \frac{df_1}{d\xi} + \theta_1(f_1 - f_1^{\beta_1+1}) = 0, \\ \frac{d}{d\xi} (f_1^{m_2-1} \left| \frac{df_2}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_2}{d\xi}) + \frac{\xi}{p} \frac{df_2}{d\xi} + \theta_2(f_2 - f_2^{\beta_2+1}) = 0, \end{cases} \quad (8)$$

where $\theta_i = \frac{1}{(1 - [\alpha_i(p-2) + \alpha_{3-i}(m_i-1)]\tau)}$ Let's build an upper solutions for system (8).

Thus, it is assumed the possibility of adequate study of nonlinear equations, biological populations with double nonlinearity based on the method of nonlinear splitting and numerical study of nonlinear processes described by equations with double nonlinearity and analysis of results on the basis of the estimates of the

solutions gives a comprehensive picture of the process of multicomponent competing systems of biological populations.

Reference

- [1]. Aripov M. Method of Reference Equations for Solving Nonlinear Boundary-Value Problems Tashkent, Fan, 1988, 137 p.
- [2]. Belotelov N.V, Lobanov A.I Population models with nonlinear diffusion. // Math modeling. -M .; 1997, No. 12, pp. 43-56.

SOLUTION OF BIOLOGICAL POPULATION TASK BY TAKING INTO ACCOUNT THE REACTION-DIFFUSION

Muhamediyeva Dildora Kabilovna

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

e-mail: matematichka@inbox.ru

In this paper we investigate the properties of solutions of the problem of a biological population of the Fisher-Kolmogorov type in the case of variable density. The main method of investigation is the self-similar approach. Consider in the field $Q=\{(t,x): 0 < t < \infty, x \in \mathbb{R}^N\}$ parabolic system of two quasilinear reaction-diffusion equations

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} = \nabla \left(D_1 u_2^{m_1-1} |\nabla u_1^k|^{p-2} \nabla u_1 \right) + k_1 u_1 (1 - u_1^{\beta_1}), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} = \nabla \left(D_2 u_1^{m_2-1} |\nabla u_2^k|^{p-2} \nabla u_2 \right) + k_2 u_2 (1 - u_2^{\beta_2}), \end{cases} \quad (1)$$

$$u_1|_{t=0} = u_{10}(x), \quad u_2|_{t=0} = u_{20}(x), \quad (2)$$

which describes the process of a biological population of the Kolmogorov-Fisher type in a nonlinear two-component medium, the coefficients of mutual diffusion are respectively equal $D_1 u_2^{m_1-1} |\nabla u_1^k|^{p-2} \nabla u_1, D_2 u_1^{m_2-1} |\nabla u_2^k|^{p-2} \nabla u_2$. Numeric parameters $m_1, m_2, n, p, \beta_1, \beta_2, D_1, D_2$ - positive real numbers, $\nabla(\cdot) = \text{grad}(\cdot)$, $\beta_1, \beta_2 \geq 1$, $x \in \mathbb{R}^N$ $l > 0$;

$u_1 = u_1(t, x) \geq 0$, $u_2 = u_2(t, x) \geq 0$ - sought solutions.

We will study the properties of solutions of problem (1), (2) on the basis of a self-similar analysis of solutions of the system of equations constructed by the method of nonlinear splitting and standard equations.

We note that the substitution in (1)

$$u_1(t, x) = e^{-k_1 t} v_1(\tau(t), x), \quad u_2(t, x) = e^{-k_2 t} v_2(\tau(t), x)$$

will bring it to mind:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau} = \nabla \left(D_1 v_2^{m_1-1} |\nabla v_1^k|^{p-2} \nabla v_1 \right) + a_1(t) v_1^{\beta_1+1}, \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau} = \nabla \left(D_2 v_1^{m_2-1} |\nabla v_2^k|^{p-2} \nabla v_2 \right) + a_2(t) v_2^{\beta_2+1}, \end{cases} \quad (3)$$

where $a_1 = k_1 ((p-2)kk_1 + (m_1-1)k_2)^{b_1}$, $b_1 = \frac{(\beta_1 - (p-2)k)k_1 - (m_1-1)k_2}{(p-2)kk_1 + (m_1-1)k_2}$,
 $a_2 = k_2 ((m_2-1)k_1 + (p-2)kk_2)^{b_2}$, $b_2 = \frac{(\beta_2 - (p-2)k)k_2 - (m_2-1)k_1}{(m_2-1)k_1 + (p-2)kk_2}$.

If $b_i = 0$, and $a_i(t) = \text{const}$, $i = 1, 2$, then the system has the form:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau} = \nabla \left(D_1 v_2^{m_1-1} |\nabla v_1^k|^{p-2} \nabla v_1 \right) + a_1 v_1^{\beta_1+1}, \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau} = \nabla \left(D_2 v_1^{m_2-1} |\nabla v_2^k|^{p-2} \nabla v_2 \right) + a_2 v_2^{\beta_2+1}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\bar{v}_2(\tau) = (\tau(t))^{-\gamma_1}, \quad \gamma_1 = \frac{b_1+1}{\beta_1}, \quad \bar{v}_2(\tau) = (\tau(t))^{-\gamma_2}, \quad \gamma_2 = \frac{b_2+1}{\beta_2},$$

Then the solution of system (3) is sought in the form

$$\begin{aligned} v_1(t, x) &= \bar{v}_1(\tau) w_1(\tau(t), x), \\ v_2(t, x) &= \bar{v}_2(\tau) w_2(\tau(t), x), \end{aligned} \quad (5)$$

Then we obtain a system of equations:

$$\begin{cases} \frac{\partial w_1}{\partial \tau} = \nabla \left(D_1 w_2^{m_1-1} |\nabla w_1^k|^{p-2} \nabla w_1 \right) + \psi_1(w_1 - w_1^{\beta_1+1}), \\ \frac{\partial w_2}{\partial \tau} = \nabla \left(D_2 w_1^{m_2-1} |\nabla w_2^k|^{p-2} \nabla w_2 \right) + \psi_2(w_2 - w_2^{\beta_2+1}), \end{cases} \quad (6)$$

If $1 - [\gamma_1(p-2)k + \gamma_2(m_1-1)] = 0$, self-similar solution of system (9) has the form

$$w_i(\tau(t), x) = f_i(\xi), \quad i = 1, 2, \quad \xi = x / [\tau(t)]^{1/p}. \quad (7)$$

Then substituting (7) in (6) with respect to $f_i(\xi)$ we obtain a system of self-similar equations

$$\begin{cases} \xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} (\xi^{N-1} f_2^{m_1-1} \left| \frac{df_1^k}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_1}{d\xi}) + \frac{\xi}{p} \frac{df_1}{d\xi} + \mu_1 f_1 (1 - f_1^{\beta_1}) = 0, \\ \xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} (\xi^{N-1} f_1^{m_2-1} \left| \frac{df_2^k}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_2}{d\xi}) + \frac{\xi}{p} \frac{df_2}{d\xi} + \mu_2 f_2 (1 - f_2^{\beta_2}) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

where $\mu_1 = \frac{1}{(1 - [\gamma_1 k(p-2) + \gamma_2(m_1-1)])}$ and $\mu_2 = \frac{1}{(1 - [\gamma_2 k(p-2) + \gamma_1(m_2-1)])}$.

The system (8) has an approximate solution of the form

$$\bar{f}_1 = A(a - \xi^\gamma)^{n_1}, \quad \gamma = p / (p-1), \quad \bar{f}_2 = B(a - \xi^\gamma)^{n_2},$$

where A and B constant and

$$n_1 = \frac{(k(p-2)+1)(k(p-2)-(m_1+1))}{k^2(p-2)^2 - (m_1-1)(m_2-1)}, \quad n_2 = \frac{(k(p-2)+1)(k(p-2)-(m_2+1))}{k^2(p-2)^2 - (m_1-1)(m_2-1)}.$$

In this paper, based on the method described above, the qualitative properties of the solutions of the system (1) are investigated, and on this basis the problem of choosing the initial approximation for the iterative solution is solved, leading to rapid convergence to the solution of the Cauchy problem (1), (2), depending on the value of the numerical parameters and initial data. For this purpose, the asymptotic representation of the solution found by us was used as the initial approximation. This allowed us to perform a numerical experiment and visualization of the process, described by the system (1), depending on the values entering into the system of numerical parameters.

Thus, the proposed nonlinear mathematical model of a biological population with a double nonlinearity correctly reflects the process under study. Carrying out

the analysis of the results on the basis of the obtained estimates of the solutions gives an exhaustive picture of the process in two-component competing systems of the biological population with preservation of the localization properties in the final range and the size of the outbreak. It makes it possible to estimate the propagation velocity of diffusion waves.

Reference

- [1]. Aripov M. Method of Reference Equations for Solving Nonlinear Boundary-Value Problems Tashkent, Fan, 1988, 137 p.
- [2]. Belotelov N.V, Lobanov A.I Population models with nonlinear diffusion. // Math modeling. -M .; 1997, No. 12, pp. 43-56.

ATMOSFERADA ZARARLI MODDALARNING TARQALISH JARAYONINI IFODALOVCHI MATEMATIK MODELNI O‘ZGARUVCHILARNI ALMASHTIRISH USULI YORDAMIDA SONLI YECHISH.

^{1,2}*Muradov F.A.,* ^{1,2}*Eshboyeva N.F.,* ³*Mirbabayev Sh.R.,* ¹*Sadinov A.A.*

¹ *Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali*

²*Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti*

³*Toshkent pediatriya tibbiyot instituti*

e-mail: farrux1981@umail.uz

Ushbu [1] mualliflar ishida atmosferadagi ifloslantiruvchi moddalarni tashish va diffuziya jarayonlarini matematik modellashtirish sohasidagi so‘nggi yutuqlarni keng ko‘rib chiqdilar. Mualliflar modellarni ishlab chiqishning eng mashhur yondashuvlari va strategiyalarining afzalliklari va kamchiliklarini, ya‘ni Gauss, Lagranj, Eyler modellarini, shuningdek, hisoblash suyuqlik dinamikasi (CFD) modellarini muhokama qiladilar. Atmosferaning chegaralar qatlamida turbulent aralashtirishni parametrlash va zarrachalarning cho‘kish masalalariga alohida e‘tibor qaratildi, bu jarayonlarning ifloslanish konsentratsiyasini taqsimlashga ta‘siri tahlil qilindi. Mualliflar, shuningdek, hosilalarning cheklangan farqiga yaqinlashishiga asoslangan muammolarni sonli yechishning asosiy usullarini, shu jumladan fizik jarayonlar bo‘yicha dastlabki muammoni ajratish usulini ham yoritadilar.

Biz zararli moddalarning atmosferada ko‘chish va tarqalish jarayonini ifodalovchi matematik modelni quyidagicha ifodalab olamiz[2-6]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \sigma \theta = \mu \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \delta Q; \quad (1)$$

Unga mos boshlang‘ich va chegaraviy shartlari quyidagilardan iborat:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad (2)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi (\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=Lx} = \xi (\theta_E - \theta); \quad (3)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (4)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta\theta - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(\theta_E - \theta). \quad (5)$$

Bu yerda θ – zararli moddalarning atmosferadagi konsentratsiyasi; θ_0 – zararli moddalarning atmosferadagi boshlang‘ich konsentratsiyasi; θ_E – masala yechimi sohasidan tashqarida zararli moddalarning konsentratsiyasi; u, v, w – x, y, z yo‘nalishlarida shamol tezligi; w_g – zarrachalarning cho‘kish tezligi; σ – zararli moddalarning atmosferada yutilishi koefitsiyenti; μ, κ – diffuziya i turbulentlik koefitsiyentlari; Q – manbaaning quvvati; δ – Dirak funksiyasi; f_0 – zararli moddaning yer sathidan atmosferaga tashlanish jadalligi.

Sonli yechishda fazoviy o‘zgaruvchilar bo‘yicha approksimatsiya aniqligi tartibini oshirish maqsadida quyidagi almashtirishlarni kiritamiz[2,3]:

$$\bar{w} = w - w_g; \quad \theta = e^{\frac{ux+vy}{2\mu} + \frac{\bar{w}z}{2\kappa}} \tilde{\theta}$$

va (1)-(5) lar o‘rniga quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial t} + \sigma_1 \tilde{\theta} = \mu \frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial z} \right) + e_1 \delta Q; \quad (6)$$

$$\tilde{\theta} \Big|_{t=0} = \tilde{\theta}^0; \quad (7)$$

$$-\mu \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(e_1 \theta_E - \tilde{\theta}); \quad \mu \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(e_1 \theta_E - \tilde{\theta}); \quad (8)$$

$$-\mu \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(e_1 \theta_E - \tilde{\theta}); \quad \mu \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(e_1 \theta_E - \tilde{\theta}); \quad (9)$$

$$-\kappa \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \tilde{\theta} - e_1 f_0); \quad \kappa \frac{\partial \tilde{\theta}}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(e_1 \theta_E - \tilde{\theta}). \quad (9)$$

Bu yerda

$$\sigma_1 = \frac{\kappa u^2 + \kappa v^2 + \mu \bar{w}^2 + 4\sigma\mu\kappa}{4\mu\kappa}; \quad e_1 = e^{-\left(\frac{ux+vy}{2\mu} + \frac{\bar{w}z}{2\kappa}\right)}$$

Ushbu o‘zgaruvchilarni almashtirish usuli yordamida birinchi tartibli xususiy hosilalar bartaraf etiladi. Natijada hisoblash samaradorligi ancha oshadi. Ammo o‘zgaruvchilarni almashtirish usulini qo‘llaganimizda tezliklar vaqtning ayni bir qismlarida o‘zgarmas deb qaraladi.

Adabiyotlar

- [1]. Leelossy A., Molnar F., Izsak F., Havasi A., Lagzi I., Meszaros R. Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere // Central European Journal of Geosciences. – 2014. – Vol. 6, No. 3. – P. 257-278.

- [2]. Sharipov D., Muradov F., Akhmedov D.. Numerical Modeling Method for Short-Term Air Quality Forecast in Industrial Regions // Applied Mathematics E-Notes. – 2019. – № 19. – P. 575-584.
- [3]. Ravshanov N., Muradov F., Akhmedov D. Mathematical software to study the harmful substances diffusion in the atmosphere // Ponte. – 2018. – Vol. 74. – No. 8/1. – P. 171-179. – DOI: 10.21506/j.ponte.2018.8.13
- [4]. Ravshanov N., Muradov F., Akhmedov D. Operator splitting method for numerical solving the atmospheric pollutant dispersion problem // Journal of Physics: Conference Series. London, 2020. Vol. 1441. 012164.
- [5]. Muradov F., Akhmedov D. Numerical Modeling of Atmospheric Pollutants Dispersion Taking Into Account Particles Settling Velocity // IEEE International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). 4-6 Nov. 2019. – Tashkent, 2019. – pp. 1-5.
- [6]. Sharipov D., Muradov F., Akhmedov D. Numerical Modeling Method for Short-Term Air Quality Forecast in Industrial Regions // Applied Mathematics E-Notes. – 2019. – № 19. – pp. 575-584.

ZARRACHANING CHO‘KISH TEZLIGINI HISOBLOVCHI MATEMATIK MODEL VA UNI SONLI YECHISH.

^{1,2}**Muradov F.A.,** ^{1,2}**Nabiyeva I.S.,** ³**Mirbabayev Sh.R.;**

¹ *Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali;*

²*Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti;*

³*Toshkent pediatriya tibbiyot instituti;*

e-mail: farrux1981@umail.uz

Matematik modellashtirishning mavjud vositalari tadqiqotlarning murakkabligini ta‘minlashga qodir, ularning maqsadi sanoat hududlarining ekologik holatini bashorat qilish va atrof-muhitni zararli ta‘sirlardan himoya qilish bo‘yicha qarorlarni qabul qilish uchun yetarli modellarni, samarali hisoblash algoritmlarini va dasturiy vositalarni ishlab chiqish yetarlicha yuqori ishonchlilik darajasi ega [1].

Biz zarrachaning cho‘kish tezligini hisoblovchi quyidagi tenglamani qarab chiqamiz[2]:

$$\frac{dw_g}{dt} = \frac{mg - 6\pi\gamma rw_g - 0,5c\rho sw_g^2}{m} \quad (1)$$

Unga mos boshlang‘ich sharti quyidagidan iborat:

$$w_g \Big|_{t=0} = w_g^0; \quad (2)$$

Bu yerda w_g – zarrachalarning cho‘kish tezligi; $c=0.5$ – o‘lchovsiz kattalik; ρ – zarrachaning zichligi; r – zarrachaning radiusi; s – zarrachaning ko‘ndalang kesim yuzasi; g – erkin tushish tezlanishi; m – zarrachaning massasi; γ – zarrachaning solishtirma og‘irligi.

(1) masalaning yechimi davomida turg'unlikni ta'minlash maqsadida oshkormas sxemadan foydalangan holda, (1) tenglamani Ox yo'nalish bo'yicha quyidagicha approksimatsiyalaymiz[2]:

$$\frac{w_g^{n+\frac{1}{3}} - w_g^n}{\Delta t / 3} = \frac{mg - 6\pi\gamma r w_g^{n+\frac{1}{3}} - 0,5c\rho s \left(2\tilde{w}_g w_g^{n+\frac{1}{3}} - \tilde{w}_g^2 \right)}{m}; \quad (3)$$

(3) ni qavslarni ochamiz, o'xshash hadlarni ixchamlaymiz va quyidagiga kelimiz:

$$w_g^{n+\frac{1}{3}} = \frac{3m}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g} w_g^n + \frac{mg\Delta t + 0,5c\rho s \Delta t \tilde{w}_g^2}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g}.$$

Xuddi shuningdek Oy yo'nalish bo'yicha approksimatsiyalaymiz, qavslarni ochamiz, o'xshash hadlarni ixchamlaymiz va quyidagiga kelimiz:

$$\frac{w_g^{n+\frac{2}{3}} - w_g^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta t / 3} = \frac{mg - 6\pi\gamma r w_g^{n+\frac{2}{3}} - 0,5c\rho s \left(2\tilde{w}_g w_g^{n+\frac{1}{3}} - \tilde{w}_g^2 \right)}{m};$$

$$w_g^{n+\frac{2}{3}} = \frac{3m}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g} w_g^{n+\frac{1}{3}} + \frac{mg\Delta t + 0,5c\rho s \Delta t \tilde{w}_g^2}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g}.$$

Xuddi shuningdek Oz yo'nalish bo'yicha approksimatsiyalaymiz, qavslarni ochamiz, o'xshash hadlarni ixchamlaymiz va quyidagiga kelimiz:

$$\frac{w_g^{n+1} - w_g^{n+\frac{2}{3}}}{\Delta t / 3} = \frac{mg - 6\pi\gamma r w_g^{n+1} - 0,5c\rho s \left(2\tilde{w}_g w_g^{n+\frac{1}{3}} - \tilde{w}_g^2 \right)}{m};$$

$$w_g^{n+1} = \frac{3m}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g} w_g^{n+\frac{2}{3}} + \frac{mg\Delta t + 0,5c\rho s \Delta t \tilde{w}_g^2}{3m + 6\pi\gamma r \Delta t + c\rho s \Delta t \tilde{w}_g}.$$

Olingan w_g uchun nochiziqli tenglamalaroddiy iteratsiya usuli orqali yechiladi. Iteratsiya jarayonining yaqinlashuvi $|w_g^{s+1} - w_g^s| < \varepsilon$ sharti yordamida tekshiriladi, bu erda ε takrorlash jarayonining aniqligi, s – takrorlashlar soni.

Ushbu o'zgaruvchilar uchun boshlang'ich qiymatlar va dastlabki iteratsiyalar quyidagi munosabatlar bilan berilgan[3]:

a) turg'un holat uchun

$$w_g(0) = \frac{d^2 g(\rho - \rho_z)}{18k}; \quad w_g^s = \frac{d^2 g(\rho - \rho_z)}{18k};$$

b) turli holatlar uchun

$$w_g(0) = c_1 \frac{d^{1.14} (\rho - \rho_z)^{0.714}}{\rho_z^{0.286} k^{0.43}}; \quad w_g^s = c_1 \frac{d^{1.14} (\rho - \rho_z)^{0.714}}{\rho_z^{0.286} k^{0.43}};$$

d) noturg'un holat uchun

$$w_g(0) = 5.46 \sqrt{\frac{d(\rho - \rho_z)}{\rho_z}}; \quad w_g^s = 5.46 \sqrt{\frac{d(\rho - \rho_z)}{\rho_z}}.$$

Bu yerda ρ_z zarracha zichligi; $c_1 = 0,78$.

(1) muammosini hal qilish uchun sonli algoritm ishlab chiqilgan bo'lib, uning yordamida sanoatning ekologik holatini muhofaza qilish uchun kuzatish, bashoratlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun kompyuterda sonli tajribalar o'tkazish mumkin.

Xulosa. Zarrachalarning cho'kish tezligi har xil vaqtlarda va har xil koordinatalarda turlicha bo'ladi. Shuning uchun atmosferada zararli moddalarning tarqalishini kuzatish va bashoratlashni ifodalovchi matematik modelni zarrachalarning cho'kish tezligini hisobga olgan holda takomillashtirish imkonini berdi.

Shuningdek zarrachalarning cho'kish tezligining qiymatlari vaqtning turli momentlarida va hududning turli nuqtalarida har hil bo'lishi hisoblash eksperimentlarida o'z isbotini topdi.

Adabiyotlar

[1]. Ravshanov N., Sharipov D., Muradov F. Computational experiment for forecasting and monitoring the environmental condition of industrial regions // Theoretical & Applied Science : International Scientific Journal. – 2016. – Vol. 35. – Issue 3. – Pp. 132-139. – DOI: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.03.35.22>.

[2]. Ravshanov N., Muradov F., Akhmedov D. Operator splitting method for numerical solving the atmospheric pollutant dispersion problem // Journal of Physics: Conference Series. London, 2020. Vol. 1441. 012164.

[3]. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - 2 изд. - СПб.: ХИМИЗДАТ: ХИМИЗДАТ, 2009. - 544 с.

YER OSTI SUVLARINI FILTRATSIYA MUAMMOSINI HAL QILISH UCHUN O'RGANILAYOTGAN HUDUDNING GEOAXBOROT MASSIVINI YARATISH

Murodullayev B.T., Haqnazarova D.O.

*Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti
bmurodullayev1114@gmail.com*

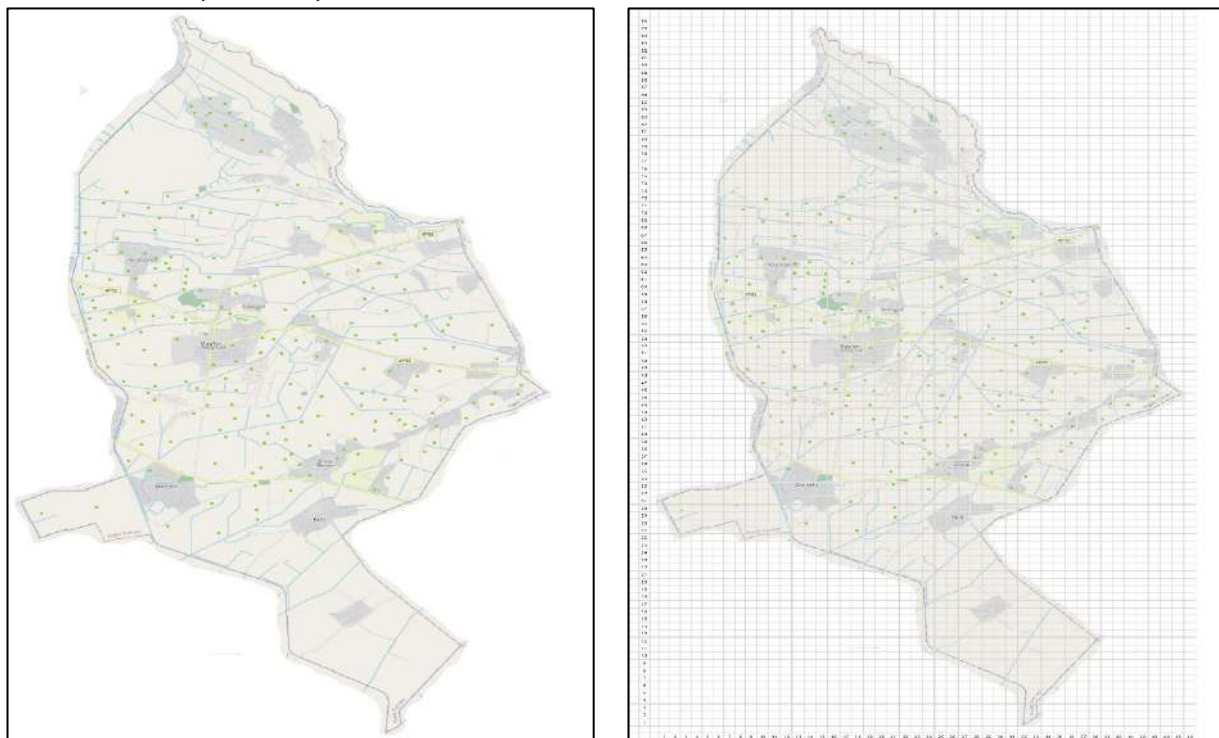
Hozirgi axborotlashgan zamonda real obyektning raqamli modelini yaratish va uni kompyuterda yechish usullari keng rivojlanib bormoqda. O'rganilayotgan hududning axborot massivini aniq tayyorlash, undan samarali foydalanishga zamin yaratadi.

Geofiltratsiya vazifalarini dasturlashda quyidagi bosqichlardan o'tish kerak: ishlab chiqilgan algoritm bo'yicha hisoblash dasturini tuzish; gidrogeologik va meliorativ sharoitlarni sxematiklashtirish; filtrlash maydonining to'r modelini qurish; dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash.

Filtrlash maydonining to'r modelini qurish. Belgilangan filtrlash maydoni $dx=dy$ qadam bilan to'rtburchaklar ortogonal to'r bilan qoplangan. Keyin tabiiy ravishda to'r domenining tashqi chegarasi va muntazam nuqtalari paydo bo'ladi.

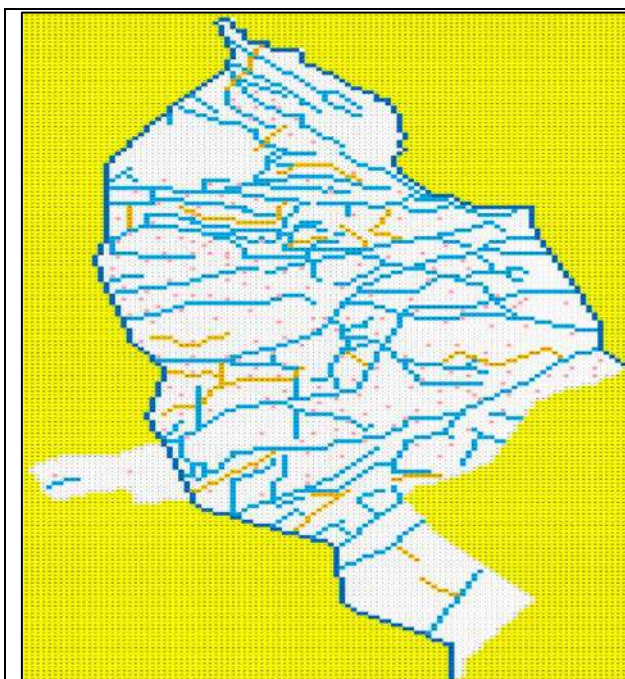
Tarmoqning har bir muntazam nuqtasida filtrlash maydonining parametrlari aniqlanadi, ular aniq muammolarni hal qilish uchun zarurdir.

Dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash. Kompyuterda yer osti suvlarini filtrlash muammosini hal qilish uchun simulyatsiya qilingan maydonni mashinaga tushunarli tilda tasvirlash, ya'ni hududning konfiguratsiyasi, quduqlar, gorizontaldrenajlar, kanallar va boshqalar haqida ma'lumot berish kerak. ikki o'lchovli massivning shakli. Matritsaning elementlari to'r maydonining har bir tuguniga mos keladi va har bir element $r_1r_2r_3r_4r_5$ tipidagi besh xonali raqamlardan iborat bo'lgan nuqtaga mos keladi, ularning raqamlari quyidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi: r_1 , chegara haqida; $r_1 = 1$ - birinchi turdagi chegara; $r_1 = 2$ - ikkinchi turdagi chegara (bu holda $r_4 r_5$ - chegaradagi kirish yoki chiqish guruhi, $r_2 r_3 = 00$), $r_1 = 3$ - uchinchi turdagi chegara; $r_1 = 0$ - ichki nuqta; $r_2 = 1$ —agar nuqtadan kanal yoki daryo o'tsa; $r_2 = 2$ - drenaj (kollektor); $r_2 = 3$ - bahor; $r_2 = 5$ - yaxshi, bu hollarda $r_3 r_4 r_5$ - guruh (kanal, drenaj, bahor yoki quduq). Tashqi nuqtalar uchun $r_2 = 1$, $r_2 = 0$, $r_3 r_4 r_5 = 000$.



1-Rasm. Axborot massivini kompilyatsiya qilish uchun to'r maydoni

Raqamli modelni tuzishda shuni hisobga olish kerakki, agar gidrotexnik inshootlar (kanallar, daryolar, suv havzalari va boshqalar) filtrlash hududi chegarasi bo'ylab o'tadigan bo'lsa, u holda ushbu chegara nuqtalarida suv gorizontining belgilari qo'yiladi, aks holda yer osti suvlari sathining belgilari mos ravishda qo'yiladi.



2-Rasm. Axborot massivini yaratish bu yerda:

1. Tashqi nuqta (10000)
2. Chegarada kanal va daryo (20000)
3. Suv olish qudug'i (5000)
4. Ichki kanallar
5. Ichki nuqtalar (0)

Kompyuterga kiritish uchun dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash. Massiv ko'rinishida, MS Excel yoki bloknot dasturlaridan foydalanib tayyorlab qolamiz. Ushbu tayyorlangan massivdan xoxlagan dasturlash tilida foydalanib, o'rganilayotgan hududning vizual ko'rinishini tayyorlashimiz mumkin.

Xulosa qilib aytganda biz geoaxborot massivini qanchalik samarali tashkil etilib, real obyektning parametrlarini minimal yaqinlikda kompyuterga ko'chiradigan bo'lsak, bizni dasturimiz shunchalik aniqlikda ishlaydi.

Adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Джуманов Ж.Х. , Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С. Математическое моделирование протсессов геофилтрация подземных вод в многослойних средах (на примере, Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод)/ ВЕСТНИК ТУИТ. -Тошкент. ТАТУ. 3(51) 2019. -С.87-98
- [2]. Хабибуллаев И.Х. Численное моделирование фильтрации подземных вод орошаемых массивов и пакеты прикладных программ. Т.: Фан, 1991, 155 с.

KASR TARTIBLI DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI ADAMSNING KASR OSHKOR METODI ORQALI SONLI YECHISH USULI.

Nafasov A.Y.

V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika instituti

e-mail: nafasov.azam@list.ru

1. Kirish

Kasr tartibli hisob va kasr tartibli differensial tenglamalarning muhim tadbirlari mavjud. Ular fan va muhandislikning turli sohalarida keng qo'llaniladi.

Dastlab quyidagi ko'rinishdagi boshlang'ich shartli masala berilgan bo'lsin [1]:

$${}_C D_{x_0}^\alpha y(x) = f(x, y(x)), \quad y(x_0) = y_0 \quad (1)$$

bunda $0 < \alpha < 1$ kasrning tartibi va ${}_C D_{x_0}^\alpha$ belgi Kaputoning α - hosila operatori deyiladi. Kasr differensial tenglamalarni aniq yechimini topishning bir qancha usullari mavjud [2]. Umuman olganda, kasrli differensial tenglamalarning ko'pchiligi aniq yechimlarga ega emas. Kasrli differensial tenglamalar yechimini topishda taqribiy yechish usullarning ahamiyati ortib bormoqda. Xususan, [3] da kasr tartibli differensial tenglamalarni sonli yechish uchun Adamsning kasr oshkor usuli taklif qilingan. Ushbu ishda biz yuqoridagi usulni takomillashtirib, Adamsning to'rtinchi tartibli kasr oshkor usulini hosil qilamiz.

2. To'rtinchi tartibli kasr oshkor Adams usuli

Quyidagi kasr tartibli differensial tenglama berilgan bo'lsin:

$$D^\alpha y(x) = f(x, y(x)), \quad y^k(0) = y_0^k, \quad k = 0, 1, \dots, [\alpha] - 1. \quad (2)$$

Bu (2) tenglamani Volterra integral tenglamasiga [4] ekvivalent bo'lgan

$$y(x) = \sum_{k=0}^{[\alpha]-1} \frac{x^k}{k!} y^k(0) + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x [(x-t)^{\alpha-1} f(t, y(t))] dt. \quad (3)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bunda α - ning qiymati $0 < \alpha < 1$.

Taklif qilinayotgan usul 4 qadamli bo'lganligi uchun F_n, F_{n-1}, F_{n-2} va F_{n-3} funksiyalar bilan Lagranj interpolyatsion funksiyasini olib, taqribiy yechimni quyidagicha baholash mumkin [5]:

$$P(x) (\approx f(x, y(x))) = F_n \frac{(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_n-x_{n-1})(x_n-x_{n-2})(x_n-x_{n-3})} + F_{n-1} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_{n-1}-x_n)(x_{n-1}-x_{n-2})(x_{n-1}-x_{n-3})} + F_{n-2} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-3})}{(x_{n-2}-x_n)(x_{n-2}-x_{n-1})(x_{n-2}-x_{n-3})} + F_{n-3} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})}{(x_{n-3}-x_n)(x_{n-3}-x_{n-1})(x_{n-3}-x_{n-2})}. \quad (4)$$

(4) tenglikni (3) tenglikka qo'yib quyidagi tengliklikni hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} y(x_{n+1}) = y(x_n) &+ \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \left[\int_0^{x_{n+1}} (x_{n+1}-x)^{\alpha-1} \left(F_n \frac{(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_n-x_{n-1})(x_n-x_{n-2})(x_n-x_{n-3})} + \right. \right. \\ &F_{n-1} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_{n-1}-x_n)(x_{n-1}-x_{n-2})(x_{n-1}-x_{n-3})} + F_{n-2} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-3})}{(x_{n-2}-x_n)(x_{n-2}-x_{n-1})(x_{n-2}-x_{n-3})} \\ &\left. + F_{n-3} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})}{(x_{n-3}-x_n)(x_{n-3}-x_{n-1})(x_{n-3}-x_{n-2})} \right) dt \Big] \\ &- \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \left[\int_0^{x_n} (x_n-x)^{\alpha-1} \left(F_n \frac{(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_n-x_{n-1})(x_n-x_{n-2})(x_n-x_{n-3})} + \right. \right. \\ &F_{n-1} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-2})(x-x_{n-3})}{(x_{n-1}-x_n)(x_{n-1}-x_{n-2})(x_{n-1}-x_{n-3})} + F_{n-2} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-3})}{(x_{n-2}-x_n)(x_{n-2}-x_{n-1})(x_{n-2}-x_{n-3})} \\ &\left. + F_{n-3} \frac{(x-x_n)(x-x_{n-1})(x-x_{n-2})}{(x_{n-3}-x_n)(x_{n-3}-x_{n-1})(x_{n-3}-x_{n-2})} \right) dt \Big] \end{aligned} \quad (5)$$

(5) tenglikdagi integrallarni ketma-ket hisoblaymiz va ularni soddalashtirib qo'yidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$y(x_{n+1}) = y(x_n) + \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot \left[\frac{4(n+1)^\alpha - (n)^\alpha}{\alpha} + \frac{11(n)^{\alpha+1} - 26(n+1)^{\alpha+1}}{6\alpha + 6} + \frac{3(n+1)^{\alpha+2} - 2(n)^{\alpha+2}}{2\alpha + 4} + \frac{(n)^{\alpha+3} - (n+1)^{\alpha+3}}{6\alpha + 18} \right] F_n +$$

$$+ \left[\frac{-6(n+1)^\alpha}{\alpha} + \frac{19(n+1)^{\alpha+1} - 6(n)^{\alpha+1}}{2\alpha + 2} + \frac{5(n)^{\alpha+2} - 8(n+1)^{\alpha+2}}{2\alpha + 4} + \frac{(n+1)^{\alpha+3} - (n)^{\alpha+3}}{2\alpha + 6} \right] F_{n-1} +$$

$$+ \left[\frac{-4(n+1)^\alpha}{\alpha} + \frac{14(n+1)^{\alpha+1} + 3(n)^{\alpha+1}}{2\alpha + 2} - \frac{7(n+1)^{\alpha+2} + 4(n)^{\alpha+2}}{2\alpha + 4} + \frac{(n+1)^{\alpha+3} + (n)^{\alpha+3}}{2\alpha + 6} \right] F_{n-2} +$$

$$+ \left[\frac{-(n+1)^\alpha}{\alpha} + \frac{11(n+1)^{\alpha+1} - 2(n)^{\alpha+1}}{6\alpha + 6} + \frac{(n)^{\alpha+2} - 2(n+1)^{\alpha+2}}{2\alpha + 4} + \frac{(n+1)^{\alpha+3} + (n)^{\alpha+3}}{6\alpha + 18} \right] F_{n-3}$$

Shunday qilib hosil qilingan oxirgi tenglik to'rtinchi tartibli Adamsning kasr oshkor metodi deyiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Garrappa R. On some explicit Adams multistep methods for fractional differential equations. *J. Comput. Appl. Math.* 2009, 229, 392–399.
- [2]. Kazem S. Exact solution of some linear fractional differential equations by Laplace transform. *Int. J. Nonlinear Sci.* 2013, 16, 3–11.
- [3]. Nur A.Z., Zanaria A.M., Adem K., Faranak R. Numerical solutions of fractional differential equations by using fractional explicit Adams method. *Mathematics-MDPI*, 2020, 8(10), 1675.
- [4]. Shadimetov Kh.M., Daliev B.S. Optimal formulas for the approximate-analytical solution of the general Abel integral equation in the Sobolev space. *Results in Applied Mathematics* **2022**, No. 15. 100276.
- [5]. Hayotov A.R., Milovanović G.V., Shadimetov Kh.M. Interpolation splines minimizing a semi-norm. *Calcolo*.2014, 6, 245-260.

GIPERBOLIK TIPDAGI TENGLAMALARNI SONLI YECHISH.

Normatova M.M., Mamanov J.H.

Termiz davlat universiteti

e-mail: moxiranormatova3@gmail.com, ibrohimbek4486@gmail.com

$$L\mathcal{G} = \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial x^2} \text{ differensial operatorni qaraylik.}$$

Qaralayotgan holda ayirmali operator $L_{h\tau}$ ni yozishda to'rt funksiyasining qiymatini vaqtning uchta $t - \tau, t, t + \tau$ qatlamlarida ko'ramiz. Bunda minimal shablon sifatida besh nuqtali va etti nuqtali shablonlarni olish mumkin.

Mumkin bo'lgan approksimatsiyalardan biri $\mathcal{G}_{\bar{x}\bar{x}}$ ning qiymatini vaqt bo'yicha o'rta qatlamda olishga asoslangan va quyidagi ko'rinishga ega

$$L_{h\tau} \mathcal{G} = \mathcal{G}_{\bar{t}\bar{t}} - \mathcal{G}_{\bar{x}\bar{x}},$$

bu yerda

$$\mathcal{G}_t(x, t) = (\mathcal{G}(x, t + \tau) - 2\mathcal{G}(x, t) + \mathcal{G}(x, t - \tau)) / \tau^2.$$

Ushbu sxemadan $\sigma_1 = 0$ bo'lganda oshkor holatda $\sigma_2 = 1$ da, oshkormas ayirmali sxemalar kelib chiqadi.

Ta'kidlash lozimki, σ_1 va σ_2 parametrlar nafaqat approksimatsiya tartibini, balki mos ayirmali sxemaning turg'unligini ham boshqarar ekan.

Qo'yilgan differensial masalani qaraylik.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq t \leq 0.5 \quad (1)$$

$$u(x, 0) = x(x + 1), \quad u_t(x, 0) = \cos x, \quad (2)$$

$$u(0, t) = 0, \quad u(1, t) = 2(t + 1). \quad (3)$$

Masala (1)-(3) sof oshkormas ayirmali sxema yordamida approksimatsiya qilinadi. Natijada differensial masala (1)-(3) ga mos quyidagi ko'rinishdagi ayirmali sxemalar yordamida hisoblanadi. Sxemalar a) oshkor b) oshkormas holatda.

$$a) \frac{u_i^{j+1} - 2u_i^j + u_i^{j-1}}{\tau^2} = \frac{u_{i-1}^j - 2u_i^j + u_{i+1}^j}{h^2}$$

$$b) \frac{u_i^{j+1} - 2u_i^j + u_i^{j-1}}{\tau^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{u_{i-1}^{j+1} - 2u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1}}{h^2} + \frac{u_{i-1}^{j-1} - 2u_i^{j-1} + u_{i+1}^{j-1}}{h^2} \right)$$

bu tenglamalarni u_i^{j+1} bo'yicha hisoblaymiz.

Bu yerda a) sxemamiz absolyut turg'un bo'lmaganligi uchun u_i^{j+1} ga nisbatan to'g'ridan to'g'ri hisoblanadi. Sxema b) absolyut turg'un sxema bo'lganligi uchun progonka metodiga keltirilib hisoblanadi.

Hisoblash natijalari.

τ va h qadamlar bir xil tanlab olinganda $\tau = h = 0.1$;

Sxema a) da olingan natijalar

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0.1100	0.2400	0.3900	0.5600	0.7500	0.9600	1.1900	1.4400	1.7100	2.0000
2	0	0.2095	0.3380	0.4855	0.6521	0.8378	1.0425	1.2665	1.5097	1.7722	2.2000
3	0	0.2280	0.4550	0.6001	0.7633	0.9446	1.1442	1.3622	1.5986	1.9997	2.4000
4	0	0.2455	0.4901	0.7328	0.8926	1.0698	1.2643	1.4764	1.8522	2.2265	2.6000
5	0	0.2621	0.5233	0.7826	1.0393	1.2123	1.4019	1.7543	2.1042	2.4525	2.8000
6	0	0.2778	0.5546	0.8298	1.1023	1.3714	1.7023	2.0298	2.3546	2.6778	3.0000

Sxema b) da olingan natijalar

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0.1100	0.2400	0.3900	0.5600	0.7500	0.9600	1.1900	1.4400	1.7100	2.0000
2	0	0.2095	0.3380	0.4855	0.6521	0.8378	1.0425	1.2665	1.5097	1.7722	2.2000
3	0	0.2693	0.4393	0.5959	0.7623	0.9447	1.1456	1.3674	1.6182	1.9267	2.4000
4	0	0.2746	0.5212	0.7097	0.8860	1.0703	1.2728	1.5045	1.7891	2.1793	2.6000
5	0	0.2562	0.5645	0.8090	1.0147	1.2144	1.4325	1.6948	2.0346	2.4657	2.8000
6	0	0.2551	0.5728	0.8787	1.1376	1.3768	1.6345	1.9475	2.3325	2.7169	3.0000

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki sxema a) ga nisbatan sxema b) absolyut turg'un bo'lganligi uchun vaqtning katta qadamlarida ham aniqroq yechim olishimiz mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] Ch.B.Normurodov Ayirmali sxemalar nazariyasi. Termiz 2021y
- [2] Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностных схемы. Наука. М. 1977.
- [3] Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике: Учебное пособие-М: БИНОМ. 2006 г. 523 с.
- [4]. Самарский А.А. Теория разностных схем. М. Наука. 1989 г.

ITERASIYA METODLARINING HISOBLASH NUQTAYI – NAZARIDAN TURG'UNLIGI

Normurodov Ch.B. Toshboyev A.K.

Termiz davlat universiteti

e-mail: ch.normurodov@gmail.com, abdulakimtoshboyev@gmail.com

Ikki qatlamli iterasiya sxemalari yechishda Chebishev parametrlari to'plamiga ega bo'lgan quyidagi oshkor sxemadan foydalanish mumkin

$$\frac{y_{k+1}-y_k}{\tau_{k+1}} + Ay_k = f, \quad k = 0, 1, \dots, \quad (1)$$

Ixtiyoriy $y_0 \in H$ berilgan, bu yerda $A: H \rightarrow H$ – chiziqli operator bo'lib, u chekli o'lchamli (o'lchamli H ga teng) fazoda skalyar ko'paytma $(\cdot)$ va norma $\|y\| = \sqrt{(y, y)}$ bo'yicha aniqlangan, τ_{k+1} – iterasiya parametrlari, ular quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} A = A^* > 0, \quad Z_1 E \leq Z_2 E, \quad Z_1 > 0 \\ \tau_k = \frac{\tau_0}{1 + \rho_0 t_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n \\ \xi = \frac{Z_1}{Z_2}, \quad \rho_0 = \frac{1 - \xi}{1 + \xi}, \quad \tau_0 = \frac{2}{Z_1 + Z_2}, \\ t_k = \cos \frac{2k - 1}{2n} \pi, \end{aligned} \quad (2)$$

Iterasiya metodi (1) - (2) ancha ilgari ma'lum, ammo, u so'ngi vaqtlargacha undan to'r tenglamalarini kompyuterda xisoblash amaliyotida foydalanilmasdan kelindi. Bunga asosiy sabab, ushbu metodning ideal xisoblash jarayoni (cheksiz ko'p raqamlar) uchun o'rganilganligi bo'lib, ayni paytda kompyuterlarda xisoblashlar chekli sondagi raqamlar bilan olib borilishidadir, shu sababli mashinaviy cheksizlik M_∞ va mashinaviy noldan iborat bo'lgan sonlar mavjud.

Agar xisoblash jarayonida mashinaviy cheksizlikdan katta son $M > M_\infty$ paydo bo'lsa, kompyuterda avariya to'xtash (avost) vujudga keladi.

Ideal xisoblash jarayoni nuqtai – nazaridan iterasiya metodidagi t_k nollar va τ_k parametrlarni ixtiyoriy $n!$ ta usulda tartiblashtirish mumkin. Bunday jarayon uchun $\{\tau_k\}$ parametrlar ketma – ketligining ixtiyoriy ikkitasi o'zaro ekvivalent

bo'lad, chunki ular uchun aynan bir anrior baxo o`rinli va ayirmali yechim ε aniqlik bilan aynan bir xil sondagi iterasiyalar bajarilganda topiladi.

Kompyuterlarda xisoblash jarayonida $\{\tau_k\}$ parametrlarning turli ketma – ketliklari o`zaro noekvivalent bo`ladi. Agarda iterasiya metodi (1) da t_k parametrlarni, masalan o`shish tartibida olsak

$$t_k = \cos \frac{2k-1}{2n} \pi, \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Yoki aksincha teskari tartibda, ya`ni kamayish tartibida olsak

$$t_k = -\cos \frac{2k-1}{2n} \pi, \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

bu xolda parameter ξ ning kichikqiymatlarida ayirmali yechim y_k ning $k \leq n$ oraliq qiymatlarining o`shib ketishi evaziga avost paydo bo`lishi mumkin. Ushbu xolat iterasion yechim y_k ning aniq yechimiga nomonotop yaqinlashishi bilan bog`liq bo`lib bunda $(k - 1)$ – iterasiyadan k – iterasiyaga o`tish operatori

$$S_k = E - \tau_k A$$

Ning normasi t_k ning manfiy qiymatlarida 1 dan katta bo`lib qolishi mumkin. Bu esa Chebishev iterasiya parametrlari to`plami (2) dan ixtiyoriy tartibda foydalanib bo`lmasligini, ushbu parametrlar to`plamini tartiblashtirish orqali iterasiya parametrlarining turg`un to`plamini aniqlash zaruratini qo`yadi.

Xulosa

Iterasiya metodida Chebishev iterasiya parametrlari to`plamidan to`g`ridan – to`g`ri foydalanib bo`lmasligi, ularni tartiblashtirish zarurati paydo bo`lishi asoslandi.

Adabiyotlar

[1] А.А.Самарский Теория разностных схем.- М.: Наука , 1977.-656 с.

[2] Ч.Б.Нормуродов О сравнении итерационных схем для численного решения разностных аналогов повышенной точности задачи Дирихле для уравнения Лапласа // Числен. Методы механики силовой среды-Новосибирск , 1979.-№6 (10).-С.97-104.

DERIVATIVE OPTIMAL QUADRATURE FORMULA COEFFICIENTS OF THE HERMITE TYPE

^{1,2}Nuraliev F.A., ¹Kuziev Sh.S.

¹Institute of Mathematics named after V.I. Romanovsky at the Academy of sciences of the Republic of Uzbekistan

²Tashkent State Transport University

e-mail: nuraliyevf@mail.ru, shahobiddin.qoziyev.89@gmail.com

Introduction

The present work is devoted to construction of optimal quadrature formulas for approximate evaluation of definite integrals in the space $L_2^{(m)}(0,1)$ equipped with the norm

$$\|\varphi(x)|_{L_2^{(m)}(0,1)}\| = \left\{ \int_0^1 \left(\frac{d^m \varphi}{dx^m} \right)^2 dx \right\}^{\frac{1}{2}}.$$

We consider the following quadrature formula

$$\int_0^1 \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \varphi(h\beta) + \frac{h^2}{12} (\varphi'(0) - \varphi'(1)) + \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \varphi''(h\beta) \quad (1)$$

with the error functional

$$\ell_N(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \delta(x - h\beta) + \frac{h^2}{12} (\delta'(x) - \delta'(x-1)) - \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \delta''(x - h\beta) \quad (2)$$

in the space $L_2^{(m)}(0,1)$. Here $C_0[\beta] = \begin{cases} h, & \beta = 0, N \\ \frac{h}{2}, & \beta = 1, N-1, \end{cases} \quad [\beta] = h\beta, \quad h = \frac{1}{N}, \quad N = 1, 2, \dots$

$\varepsilon_{[0,1]}(x)$ - is the indicator of the interval $[0,1]$, $\delta(x)$ is the Dirac delta-function, $C_1[\beta]$ are unknown coefficients of the formula (1.1).

The difference

$$(\ell_N, \varphi) = \int_0^1 \varphi(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \varphi(h\beta) - \frac{h^2}{12} (\varphi'(0) - \varphi'(1)) - \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \varphi''(h\beta)$$

is called the error of the quadrature formula (1). Error of the quadrature formula (1) is estimated by the norm of the error functional (2) in the conjugate space $L_2^{(m)*}(0,1)$

$$\|\ell_N | L_2^{(m)*}(0,1)\| = \sup_{\|\varphi|_{L_2^{(m)}(0,1)}\|} |(\ell_N, \varphi)|$$

Furthermore, the norm of error functional ℓ_N depends of the coefficients $C_1[\beta]$.

Finding the coefficients when the nodes are fixed is leaner problem. Therefore we minimize the norm of the functional ℓ_N by coefficients, we find

$$\|\overset{\circ}{\ell}_N | L_2^{(m)*}(0,1)\| = \inf_{C_1[\beta]} \|\ell_N | L_2^{(m)*}(0,1)\| \quad (3)$$

If $\|\overset{\circ}{\ell}_N | L_2^{(m)*}(0,1)\|$ is found then the functional $\overset{\circ}{\ell}_N$ is said to be correspond to the optimal quadrature formula (1) in $L_2^{(m)}(0,1)$ and the corresponding coefficients called optimal. Thus in order to construct optimal quadrature formulas of the form (1.1) we get following problems.

Problem 1. Find the norm of the error functional (2) of the quadrature formula of the form (1) in the space $L_2^{(m)*}(0,1)$.

Problem 2. Find coefficients $C_1[\beta]$ which satisfy the equality (3) [1].

The norm of the error functional of the quadrature formula (1) depends of the coefficients of this formula. Indeed, since the space $L_2^{(m)}(0,1)$ is Hilbert space, then by using $U_\ell(x) = (-1)^m \ell_N(x) * G_m(x) + P_{m-1}(x)$, taking into account of Riesz theorem about general form of a liner continuous functional on Hilbert space, we get

$$\|\ell_N | L_2^{(m)*}(0,1)\|^2 = (\ell_N, U_\ell) = \int_0^1 \ell_N(x) U_\ell(x) dx$$

$$\begin{aligned}
&= (-1)^m \left[\sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_1[\gamma] \frac{(h\beta - h\gamma)^{2m-5} \text{sign}(h\beta - h\gamma)}{2(2m-5)!} + \int_0^1 \int_0^1 \frac{(y-x)^{2m-1} \text{sign}(y-x)}{2(2m-1)!} dx dy \right. \\
&+ \frac{h^2}{6} \int_0^1 \left(\frac{x^{2m-2}}{2(2m-2)!} - \frac{(x-1)^{2m-2}}{2(2m-2)!} \text{sign}(x-1) \right) - 2 \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \int_0^1 \frac{(x-h\beta)^{2m-3}}{2(2m-3)!} \text{sign}(x-h\beta) dx \\
&\quad + 2 \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_1[\gamma] \frac{(h\beta - h\gamma)^{2m-3} \text{sign}(h\beta - h\gamma)}{2(2m-3)!} \\
&\quad - \frac{h^2}{6} \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \left(\frac{(h\beta)^{2m-2}}{2(2m-2)!} + \frac{(h\beta-1)^{2m-2}}{2(2m-2)!} \right) \\
&\quad - \frac{h^2}{6} \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \left(\frac{(h\beta)^{2m-4}}{2(2m-4)!} + \frac{(h\beta-1)^{2m-4}}{2(2m-4)!} \right) \\
&\quad - 2 \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \int_0^1 \frac{(x-h\beta)^{2m-1}}{2(2m-1)!} \text{sign}(x-h\beta) dx \\
&\quad \left. + \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_0[\gamma] \frac{(h\beta - h\gamma)^{2m-1} \text{sign}(h\beta - h\gamma)}{2(2m-1)!} + \frac{h^4}{144(2m-3)!} \right]
\end{aligned}$$

Thus, Problem 1 is solved for the quadrature formulas of the form (1) in the space $L_2^{(m)}(0,1)$.

Theorem. Quadrature formula of the form (1) with the error functional (2) in the space $L_2^{(m)}(0,1)$ there exists unique optimal formula which coefficients are determined by the following formulas

$$\begin{aligned}
C_1[0] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} w_k \frac{q_k^N - q_k}{1 - q_k}, \\
C_1[\beta] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} w_k (q_k^\beta + q_k^{N-\beta}), \quad \beta = \overline{1, N-1}, \\
C_1[N] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} w_k \frac{q_k^N - q_k}{1 - q_k}
\end{aligned}$$

where w_k satisfy the following system of $m-3$ linear equations

$$\sum_{k=1}^{m-3} w_k \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{q_k^{N+i} + (-1)^i q_k}{(1-q_k)^{i+1}} \Delta^i 0^\alpha = \frac{B_{\alpha+3}}{(\alpha+1)(\alpha+2)(\alpha+3)}, \quad \alpha = \overline{1, m-3},$$

here B_α are Bernoulli numbers, $\Delta^i \gamma^\alpha$ is the finite difference of order i of γ^j , $\Delta^i 0^\alpha = \Delta^i \gamma^\alpha \Big|_{\gamma=0}$, q_k are the roots of the Euler polynomial $E_{2m-6}(q)$, $q_k < 1$.

References

- [1]. A.Sard. Best approximate integration formulas, best approximate formulas, American Journal of Math. V.71. №1, 1949-year, pp. 80-91.
- [2]. Kh.M. Shadimetov, A.R. Hayotov, F.A. Nuraliev, Optimal quadrature formulas of Euler-Maclaurin type, Applied Mathematics and Computation 276 (2016) 340–355.
- [3]. Kh.M. Shadimetov, Optimal Lattice Quadrature and Cubature Formulas, Doklady Mathematics, volum.63, №1, 2001-year, pp. 92-94.

[4]. A.A. Zhensikbaev, Monosplines of minimal norm and the best quadrature formulas, Uspekhi Matem. Nauk, №36, 1981-year, pp. 107–159. (in Russian).

DISPERSIYA VA DISSIPATSIYALI MUHITDAGI TO'LQINLAR HARAKATI

Nuraliyeva F.

Termiz davlat universiteti

e-mail: feruza.abdusalimovna@gmail.com

Dispersiya va dissipatsiyali muhitdagi to'lqinlarni ko'rib chiqaylik. Bu holat Kordevega-de Vriza-Burgers tenglamasi bilan tavsiflanadi

$$u_t + uu_{xx} + \beta u_{xxx} = \nu u_{xx}. \quad (1)$$

(1) tenglamaning statsionar yechimlari uchun

$$u'' = -\frac{dW}{du}$$

o'rniga manfiy ishqalanishli chiziqli bo'lmagan osilator tenglamasini olamiz:

$$u'' - \frac{\nu}{\beta} u' = -\frac{dW}{du}, \quad (2)$$

bunda $W(u)$

$$W = -\frac{1}{2\beta} \left(Uu^2 - \frac{u^3}{3} \right)$$

tenglama bilan aniqlanadi. Osilator (2) hali ham ikkita muvozanat holatiga ega: $u_1 = 0$, bu egar va $u_2 = 2U$. Biz turg'unlik uchun oxirgi muvozanat holatini tekshiramiz. $u = 2U + \tilde{u}$, $|\tilde{u}| \ll 2U$ deb faraz qilib (2) tenglamani chiziqlashtiramiz:

$$\tilde{u}'' - \frac{\nu}{\beta} \tilde{u}' + \frac{U}{\beta} \tilde{u} = 0.$$

Yechimni $\tilde{u} \sim \exp(\lambda \xi)$ ko'rinishda qidirib, quyidagi xarakteristik tenglamani olamiz

$$\lambda^2 - \frac{\nu}{\beta} \lambda + \frac{U}{\beta} = 0,$$

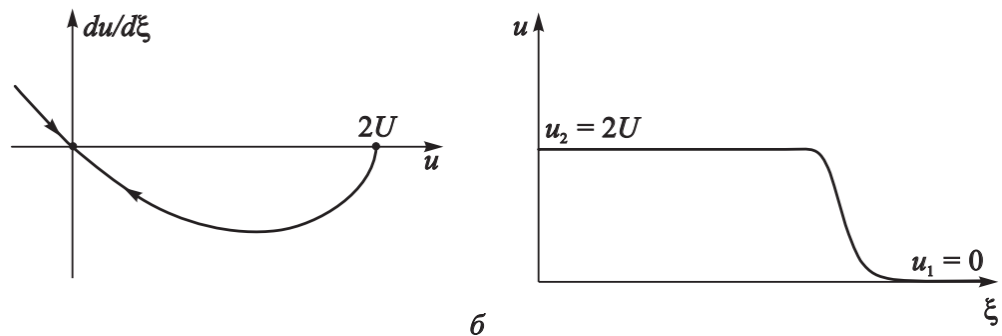
uning ildizlari

$$\lambda_{\pm} = \frac{\nu}{2\beta} \pm \sqrt{\left(\frac{\nu}{2\beta}\right)^2 - \frac{U}{\beta}}.$$

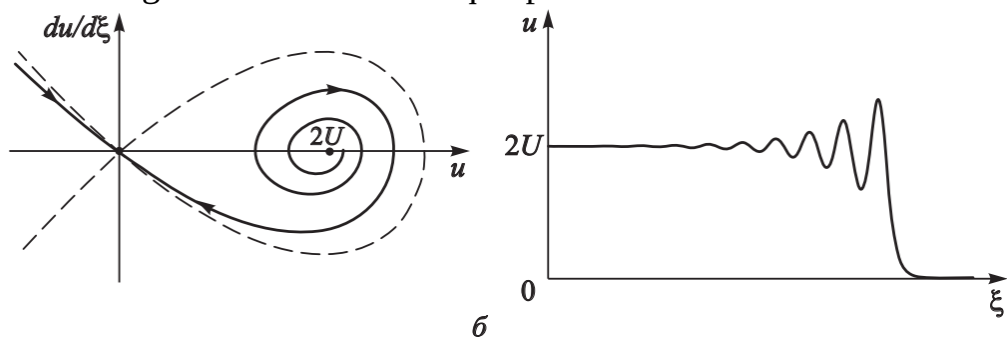
$\nu^2 > 4\beta U$ uchun $\lambda_{\pm}$ ildizlar haqiqiy, u_2 muvozanat holati esa noturg'un tugundir. Ushbu holat uchun fazali portretva to'lqin profili 1a,b-rasmda ko'rsatilgan. Osilator $\xi \rightarrow -\infty$ da u_2 noturg'un muvozanat holatidan boshlanadi, $u_1 = 0$ egar nuqtasiga $\xi \rightarrow \infty$ da yaqinlashadi. Yechim Burgers tenglamasining statsionar zarba to'lqiniga o'xshash zarba to'lqinidir. Shunday qilib, bu holda dissipative effektlar ustunlik qiladi va dispersiyaning mavjudligi sifat o'zgarishlariga olib kelmaydi.

$\nu^2 < 4\beta U$ bo'lganda boshqa holat rivojlanadi. Bu holda $\lambda_{\pm}$ murakkab va muvozanat holati u_2 noturg'un fokus hisoblanadi. Yechim solitonlar ketma-ketligiga o'xshash tebranuvchi yetakchi qirrali statsionar zarba to'lqinidir (2-rasm). Ushbu turdagi zarba to'lqinlari plazmada kuzatiladi, ular to'qnashuvsiz deb ataladi (tarqalish zarrachalarning to'qnashuvi emas, balki boshqa mexanizmlar tomonidan

sodir bo'lishining belgisi sifatida). Bularga, xususan, ion-akustik va magnit tovushli zarba to'lqinlari kiradi [1,2]. Ularni dastlab R.Z. Sagdeev 1960-yillarda tadqiqqilgan. Bundan tashqari, tebranish jabhalari bilan zarba elektromagnit to'lqinlar turli chiziqli bo'lmagan uzatish liniyalarida kuzatiladi [3]. Zaif dissipatsiya holatida zarba to'lqinining yetakchi old qismining shakli $u = a \operatorname{sech}^2(\xi/\Delta)$ solitonga yaqin bo'ladi.



1-rasm. (a) (2) Osilatorning faza portretiva (b) $v^2 > 4\beta U$ uchun KdV-Burgers tenglamasining statsionar zarba to'lqini profili



2-rasm. (a) (2) Osilatorning fazaliportretiva (b) $v^2 < 4\beta U$ da Kordevega-de Vriza-Burgers tenglamasining statsionar zarba to'lqinining profili.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988.
- [2]. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.
- [3]. Гапонов А.В., Островский Л.А., Фрейдман Г.И. Ударные электромагнитные волны // Изв. вузов. Радиофизика. 1967. Т. 10, № 9–10. С. 1376–1413.

MEHNAT BOZORI KUCHLANISHNINI INTEGRAL BAHOLASHNI MODELLASHTIRISH VA AXBOROT TIZMINI LOYIHALASHTIRISH

Nurmamatov M.Q.

O'zbekiston-finlandiya pedagogika institute;

mehridinnur@gmail.com

O'zbekistondagi transformatsion jarayonlarning eng muhim tarkibiy qismi iqtisodiy va siyosiy institutlardagi tub o'zgarishlardan keyin, axoli o'rtasida hayot tarzini yaxshilashning yangi tizimiga o'tish jarayoni amalga oshmoqda. Kichik va shaxsiy tadbirkorlikni rivojlantirish, iqtisodiyotning muvaffaqiyatli tarmoqlarida

axoli bandligini taminlash. Ko'p sonli murakkab tizim ob'ektlarini chuqur sifatli o'rganish iqtisodiy-matematik usullar va modellarning zamonaviylarni ishlab chiqish orqali amalga oshirish mumkin. Ushbu sinfga tegishli modellarning yana bir namunasi sifatida mehnat bozori kuchlanishni integral baholash modelini keltirish mumkin:

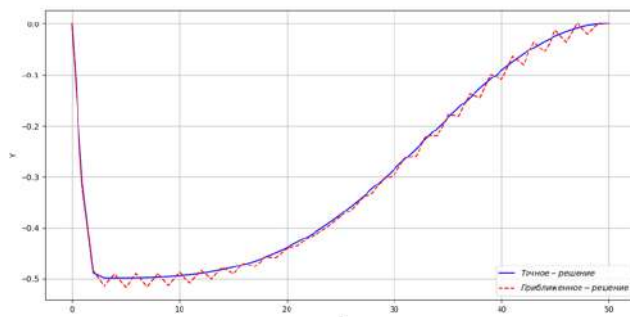


Рис.6. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N=49$, $\varepsilon=0.001$)

$J_H^r = 0,182y_1^r + 0,179y_2^r + 0,148y_3^r + 0,131y_4^r + 0,125y_5^r + 0,112y_6^r + 0,176y_7^r + 0,047y_8^r$,
bu yerda:

J_H^r – kuchlanish indeksi; r – tuman va shaxar kO'rsatkichi (O'zbekiston respublikasi uchun $r = 1 - 200$)(30 ta shaxar 170 ta tuman); y_i^r – birlashtirilgan mintaqadagi kuchlanishning o'ziga xos ko'rsatkichi (y_1^r – rasmiy ravishda ro'yxatdan o'tgan ishsizlar soni; y_2^r – bitta bo'sh ish joyi uchun ishsiz fuqarolar soni; y_3^r – bir ishchiga hisoblangan o'rtacha oylik ish haqi; y_4^r – izlayotgan ishsizlarning nisbati bir yildan ortiq ishlash; y_5^r – bitta ishchi uchun kechiktirilgan ish haqi bo'yicha qarzдорlik miqdori; y_6^r – ishsizlarning umumiy sonida yoshlar ulushi; y_7^r – ish vaqtining qisqartirilgan va ma'muriy ishlarda ishlashi sababli o'zlashtirilmagan vaqt ta'tili; y_8^r – ishsizlarning umumiy sonida ayollar ulushi); y_i^r – mehnat bozoridagi keskinlikning xususiy ko'rsatkichlarining nisbiy ahamiyatliligi koeffitsientlari.

Hozirgi kunda mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan noravshan matematik modellar orasida mintaqadagi ijtimoiy va mehnat jarayonlarida noaniq chiziqli regressiyali ifodalash uchun Chebishev g'oyasiga ko'ra, mintaqaviy mehnat bozoriga ijtimoiy-iqtisodiy va demografik omillar bog'liqligini ko'rish mumkin.

Modelning matematik asosi ushbu $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ tenglama bilan ifodalaniladi, bu yerda $f \in \Phi$ – kirishning o'zaro ta'sir mexanizmini tavsiflovchi ba'zi bir oiladan olingan aniq bo'lmagan Φ funktsiya, kirish va chiqish omillarining o'zaro ta'sir mexanizmini tavsiflash ya'ni $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ Y – noravshan raqamli bilan bog'liq to'plamning qiymati. Kuzatilayotgan qiymati $y_i \in R$ ga mos $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$ noravshan raqamni aniqlash uchun $Y_i = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$ funksiyani ko'rib chiqamiz.

Ikkinchi model ijtimoiy va mehnat jarayonlarining rivojlanish dinamikasini o'rganish uchun ishlab chiqilgan, noravshan vaqt seriyasi usuli yordamida

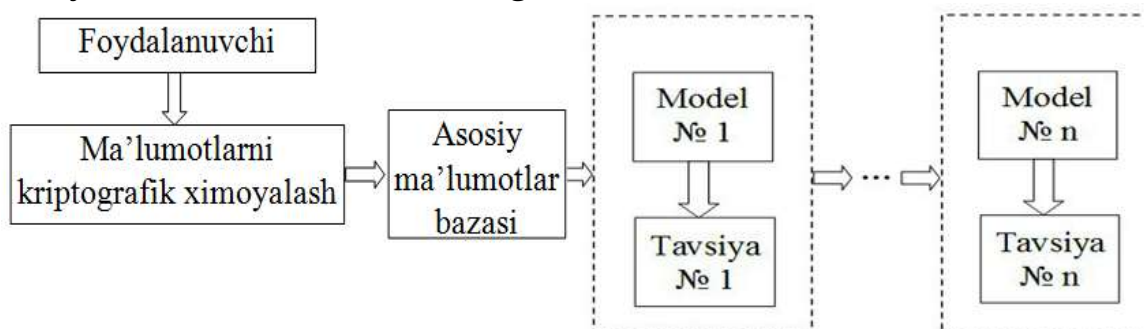
belgilangan hudud mehnat bozorida bo'sh ish o'rinlari sonini aniqlash uchun namuna bo'la oladi. Yani $\tilde{X}_t = \tilde{X}_{t-\tau} \circ R(t, t-\tau)$ vaqt qatori kompozitsiyasi sifatida qaraladi. Bu erda $\tilde{X}_{t-\tau}$ qiymati tufayli $\tilde{X}_t - t$ indikatorning qiymati, Avvalgi bosqichda ketma-ketliklarni tahlil qilish jarayonida hosil bo'lgan $R(t, t-\tau)$ noaniq munosabatlar indikatorning t vaqt holatidagi yo'nalishini ko'rsatadi.

Respublika aholisining yagona ma'lumotlar bazasini yaratish hamda shaxsiy ma'lumotlar asosida har bir kishining ijtimoiy ahvolini aniqlash, unga ijtimoiy axvoni yaxshilashga tavsiyalarni beruvchi axborot tizimi ishlab chiqiladi.

Axborot tizimini ishlab chiqishda quyidagi bosqichlarni bajarish asosiy vazifa etib belgilanadi:

- a) Foydalanuvchi ma'lumotlar bazasini modellashtirish va loyixalashtirish;
- b) Mavjud ma'lumotlar asosida foydalanuvchining ijtimoiy holati haqida xulosa qilishning turli modellari va ularni qo'llash yondashuvlarini aniqlashtirish;
- c) Ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash uchun zamonaviy kriptografik metodlari asosida axborotlarni himoyalash algoritmlarini ishlab chiqish va qo'llash;
- d) Kompyuter tarmoqlarida shaxsiy ma'lumotlarga ishlov berishning yangi yondashuvlari, usul va algoritmlarini ishlab chiqish va qo'llash;

Ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash jarayonini shakllantirishning umumiy sxemasi 1- rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash jarayoni.

Yuqorida tasvirlangan 1-rasmda foydalanuvchilarning ma'lum bir turga mansub ma'lumotlari alohida modellar asosida tavsiyalarni ishlab chiqish jarayoni aks ettirilgan. Ishlab chiqilgan model, algoritmlar va usullar asosida yaratiladigan axborot tizimida Respublikaning har bir aholisining kelajakda sodir bo'lishi mumkin ijtimoiy va iqtisodiy holatini bashorat qilish asosida tavsiyalar berib borish ijtimoiy ahvolning keskin o'zgarishiga olib keladi.

Xulosa sifatida axoli ijtimoiy mexnat munosabatlarini tartibga soluvchi matematik modellarning hududlarda turlicha natija berishi bu esa bitta tizim uchun bir qancha matematik modellarni ishlatish va ishlatilayotgan matematik modellarni avtomatlashtirilgan holda ishlatish ko'zlangan maqsadga erishishni tezlashtiradi.

Adabiyotlar

[1]. Axatov A.R., Nurmamatov M.Q. Shaxsiy ma'lumotlar asosida har bir kishining ijtimoiy ahvolini monitoring qilish va aholi sharoitlarini bashoratlash modellarini ishlab chiqish // Muhammad al-xorazmiy avlodlari - 2020, №2(12). – B.6-10.

[2]. Nurmatov M.Q. Mehnat bozori samaradorligini oshirishning zamonaviy usullari // O'zbekiston milliy axborot agentligi -2022, -B. 373-383.

KORRELYATSIYA VA REGRESSION TAHLIL ASOSIDA VILOYAT IQTISODIYOTIDAGI BANDLIK DARAJASINI BASHORATLASH

Nurmatov M.Q., Abbasov I.I.

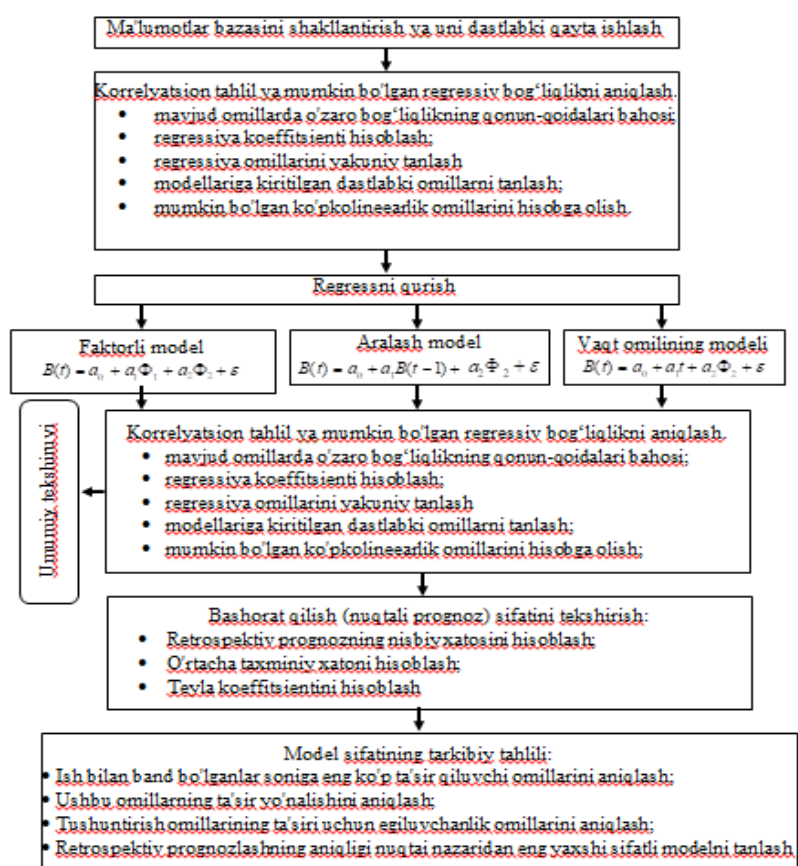
O'zbekiston-finlandiya pedagogika instituti

e-mail: mehriddinnur@gmail.com, abbasov2001@gmail.com

Yangi O'zbekistonni barpo etish jarayonida raqamli texnologiyalarni iqtisodiyotning barcha sohlariga joriy qilish shu qatorda, aholini ish bilan bandlik darajasini oshirishda hamda mehnat resurslaridan samarali foydalanishda qo'llash iqtisodiy va ijtimoiy tarmoqlar bo'yicha ishchi kuchi taqsimoti optimallashtirish sezilarli darajada foydali ekanligi oydinlashmoqda.

Yangi tashkil etilgan kadrlar tarkibiga va shu kabi loyihalarning boshqa parametrlariga ko'paytirish, internetda ochiq ma'lumotlar bazalarining ko'payishi bilan ba'zi bir qulayliklar paydo bo'ladi bular: ma'lumotlarni qidirish va sun'iy nazorat usullaridan foydalangan holda avtomatlashtirilgan tahlil asosida bashorat qilinadi va yashirin ma'lumotlarni olish imkonini beradi. Ommaviy elektron aloqaning tobora ommalashib borishi, kompyuter texnologiyalarini amaliyotga joriy qilish orqali bashoratni shakllantirishda yanada ishonchli ekspert baholarini olish uchun "ekspert sifatida foydalanuvchi" tushunchasini samarali amalga oshiriladi[1].

Statistik bazaning nisbiy cheklovlari (etarli darajada asosli) ishlatilgan regressiya modellari turini oldindan belgilab qo'yilgan. $B(t) = F(\Phi_1, \Phi_2)$, bu yerda $B(t)$ – band axolining soni; Φ_1, Φ_2 - bandlikka ta'sir qiluvchi omillar. Biz statistik tahlil bo'yicha adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarni hisobga olgan holda, ushbu modelga kiritilgan qo'shimcha omillar umumiy aholi sonidan kamida uch baravar kam bo'lishi kerakligini ko'rishimiz mumkin. 1-rasmga muvofiq vaqt seriyalari dinamikasini tahlil qilish jarayonida iqtisodiyotning barqarorlik ko'rsatkichlar bandlik bilan uzviy bog'liqlikni ko'rsatadi. Biroq, ushbu o'zaro bog'liqliklarning aksariyat aralashuvlar bilvosita (boshqa omillar orqali) sabab-oqibat munosabatlariga to'g'ri keladi[2].



1-rasm. Hududning band bo'lganlar sonini modellashtirish va bashoratlash bosqichlari sxemasi

Noravshan regressiya modelning elementlari sifatida quyidagi ijtimoiy iqtisodiy ko'rsatkichlar tanlandi. Tanlangan ko'rsatkichlarning qiymatlari asosida Samarqand viloyati misolida quyidagi jadvalni hosil qilinadi (1-jadval).

Y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
9	189,2	37594	43,977	9798,6	3878	2,6
9,3	183,7	30600	32,983	7643,2	3798,9	1,9
9,6	179,2	26562	28,325	6125,8	3687,6	1,3

1-jadval. Samarqand viloyatining noravshan regressiya parametrlari

Yuqorida keltirilgan sonli qiymatlar asosida $korr_{\infty}(X, Y)$ elementlardan iborat korrelyatsion matritsa analogi, R – matritsa quyidagi kurinishda shakllantiriladi. Bu koeffitsentlar ikkita faktor orasidagi yaqin bog'lanish holatini ko'rsatadi. Korrelyatsiyani hisoblashda standart usul(Pirson)dan foydalanildi [3].

$$R = \begin{pmatrix} 1.0 & -0.99834 & -0.98824 & -0.97376 & -0.995 & -0.99527 & -0.96077 \\ -0.99834 & 1.0 & 0.99541 & 0.98526 & 0.9991 & 0.988 & 0.97516 \\ -0.98824 & 0.99541 & 1.0 & 0.9971 & 0.99857 & 0.9687 & 0.99188 \\ -0.97376 & 0.98526 & 0.9971 & 1.0 & 0.9916 & 0.94703 & 0.99868 \\ -0.995 & 0.9991 & 0.99857 & 0.9916 & 1.0 & 0.9806 & 0.98365 \\ -0.99527 & 0.988 & 0.9687 & 0.94703 & 0.9806 & 1.0 & 0.92927 \\ -0.96077 & 0.97516 & 0.99188 & 0.99868 & 0.98365 & 0.92927 & 1.0 \end{pmatrix}$$

Matritsaning tahlili ba'zi regressorlar orasida yaqin o'zaro bog'lanish mavjud degan xulosa chiqarishga imkon beradi. Manfiy ishora o'zgaruvchilarning teng qiymatlilikda emasligi natijasidir, ya'ni bog'lanish xarakteri to'g'ri yoki teskari o'zgaruvchilardan qaysinisi erksiz ekanligiga bog'liqdir. Masalan, aholi sonining o'sishi xizmatlar hajmining o'sishiga olib keladi, lekin shu bilan birga aholiga maishiy xizmatlarning kamayishi aholi sonining kamayishidan daloat beradi.

Xulosa sifatida kadrlar ehtiyojlarini modellashtirishda zamonaviy yondashuvlar tahlili tashqi va ichki omillarni hisobga olgan holda amalga oshirish kelajakdagi sodir bo'lishi mumkin bo'lgan kadrlar tanqisligini yengillashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Егорова Н.Е., Ярошенко Я.В. Моделирование кадровой потребности предприятий и отраслей экономики. Аудит и ф.а. 2011. №1. – с.75-83.
- [2]. Перекаренко Ю.А., и.др. Региональный рынок труда: анализ, моделирование, прогнозирование. Вестник Алтайской науки. 2014. №1(19). –с. 57-65.
- [3]. Ахатов А.Р., Нурмаматов М.Қ., Мардонов Д. Аҳолининг ижтимоий ҳолати ва бандлигини мониторинг қилиш жараёнининг математик моделлари. ФарПИ илмий-техника журнали. 2020. Том 24, №5. – б. 150-157.

HUDUDLARDA KASBIY MA'LUMOTGA EGA MUTAXASSISLAR EHTIYOJINI BASHORATLASH TEXNOLOGIYALARI

¹Nurmamatov M.Q., ²Shodmonov Q.N., ³Ismatova Y.Y.

¹O'zbekiston-finlandiya pedagogika institute

²Pastdarg'om tuman XTBga qarashli 126-maktab

³Pastdarg'om tuman XTBga qarashli 45-maktab

e-mail: mehridinnur@gmail.com, ismatovay@gmail.com.

Hozirgi kunda Respublika iqtisodiyotida malakali kadrlarning o'qitish darajasi, yo'nalishlari va hajmlari bo'yicha ehtiyojlarini modellashtirish asosda O'zbekiston Respublikasining oliy talim hamda kasb-hunar ta'limi tizimi uchun mutaxassislar tayyorlash bo'yicha davlat buyurtmasini shakllantirishga imkon beradi.

Kadrlar ehtiyojlarini modellashtirishning asosiy sxemasida iqtisodiy faoliyatning har bir turi uchun mehnat resurslari soni modellashtiriladi[1]:

$$L(t_{i+1}) = L(t_i) + S(t_i) - L^-(t_i),$$

bu yerda: $L(t_{i+1}) - t_{i+1}$ yilda mavjud bo'lgan ish haqi miqdori.

$L(t_i) - t_i$ yilda iqtisodiyotda band bo'lganlarning o'rtacha soni.

$S(t_i) - t_i$ davrida mehnat bozorida qo'shimcha taklif (kasb-hunar ta'limi tizimining bitiruvchilari, qayta o'qitilganlar, ishsizlar, ishdan holi qolgan mehnat qiluvchilar);

$L^-(t_i)$ - mehnat bozoridan mehnat resurslari oqimi.

$$L^-(t_i) = L_{SC}^i(t_i) + L_M^-(t_i),$$

bu yerda: $L_{SC}^i(t_i)$ – tabiiy yosh bo'yicha pensiya (aylanish darajasi); $L_M^-(t_i)$ – mehnat muhojirlari.

Mutaxassislarga qo'shimcha ehtiyoj aniqlanadi:

$$\Delta D(t_{i+1}) = L^*(t_{i+1}) - L(t_i) + L^-(t_i) - S(t_i),$$

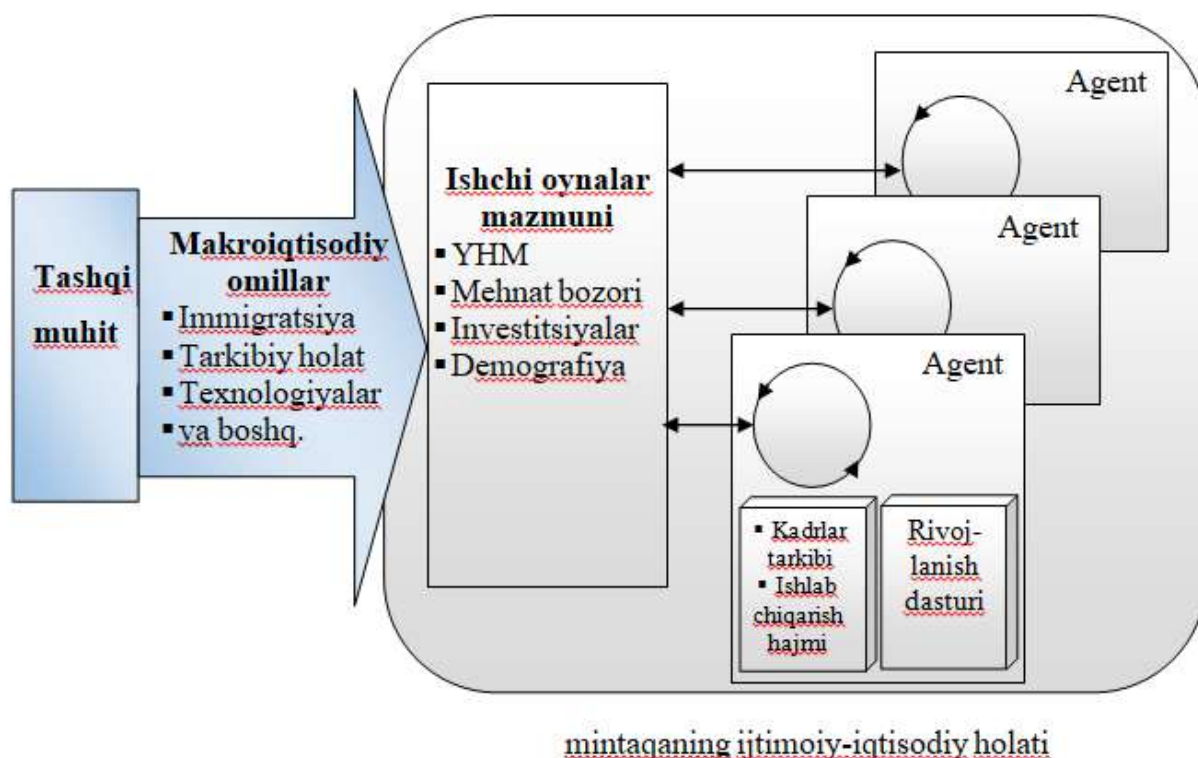
bu yerda: $L^*(t_{i+1}) - t_{i+1}$ yildagi xodimlar ehtiyojining o'rtacha yillik bashorati.

Xodimlar ehtiyojini bashoratlash kasbiy ta'lim darajasi bo'yicha taqsimlanadi.

$$R^e(i+1) = k^e \cdot \Delta D(t_{i+1}), \quad \sum_{n=1}^e k^n = 1,$$

bu yerda: $R^e(i+1)$ – ma'lumot darajasi bo'yicha mutaxassislarga mo'ljallangan ehtiyojlar; e – ta'lim darajasi, k^e – e tashqi iqtisodiy faoliyat bilan shug'ullanuvchi mutaxassislarning ma'lumoti darajasi [2].

Kadrlar ehtiyojlarini bashoratli modellashtirish uchun agent texnologiyasida hal qilishning istiqbolli usuli bu agentlik arxitekturasida yordamida bashoratli modellashtirish texnologiyalarini yaratishdir, bunda agentlar yakka tartibdagi tadbirkorlik sub'ektlarini yoki ularning ayrim sinflarini ifodalaydi va o'rganilayotgan mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy holatini aks ettiradi (1-rasm).



1-rasm. Agentlik texnologiyasining kontseptual sxemasi

Bundan tashqari, agent modeli ma'lum darajada real ijtimoiy-iqtisodiy tizimga izomorf bo'lganligi sababli, tizim rivojlanishining turli stsenariylarini shakllantirish va tahlil qilish soddalashtirilgan. Bundan tashqari, agentliklarni modellashtirish uchun ishlab chiqilgan dasturiy vositalarning mavjudligi keyingi ekspert tahlilini o'tkazish uchun tizimning ko'plab alternativ traektoriyalarini yaratishga imkon beradi. Shu bilan birga, modellashtirishda agentlarga asoslangan yondashuvdan foydalanish manbali ma'lumotlarning to'liq emasligi va noaniqligi

muammosini tubdan hal qilmaydi. Ularni olishning keng tarqalgan usullari - rasmiy statistika, so'rovlar va ekspert baholariga qo'shimcha ravishda, analogiya usulidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi[3].

Shunday qilib, biz ko'rsatilgan muammo kontekstida hal qilinishi kerak bo'lgan quyidagi tegishli ilmiy va amaliy muammolarni aniqlashimiz mumkin:

- mintaqaning kadrlar ehtiyojini bashoratli modellashtirish tizimining arxitekturasini rivojlantirish;
- namunaviy agentlarni ishga tushirishda analogiya usulini qo'llashni asoslash va asoslash;
- modelning tuzilishini va tarkibiy qismlarining aniqligini hisobga olgan holda bashoratning ishonchliligini baholash metodologiyasini ishlab chiqish.

Xulosa sifatida aytish mumkinki tadqiqotda ko'rib chiqilayotgan kadrlar ehtiyojini bashorat qilish modellari va yondashuvlarining eng muhim kamchiliklari ularning mintaqqa iqtisodiyotining hozirgi tuzilishiga nisbatan izomorfizm darajasining pastligini ko'rsatdi. Agent modellari yaxshi miqyosga ega va turli darajadagi iqtisodiy agentlarning ta'sirini ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda hisobga olinishi mumkin. Shu bilan birga, agentlik arxitekturasini ierarxik ijtimoiy-iqtisodiy tuzilmalarni aks ettiradigan ichki maketlarni qurish qobiliyatini beradi.

Adabiyotlar

[1]. Мокроносов А.Г. Прогнозирование потребности региональной экономики в подготовке кадров: монография. Екатеринбург: РГППУ, 2010. 111с.

[2]. Васильева З.А., Филимоненко И.В., Проблемы моделирования кадровой потребности региональной экономики. Вестник ТГЭУ. 2012. №4(64). -с.46-57.

[3]. Nurmamatov M.Q. Aholining ijtimoiy holati va bandligini monitoring qilish jarayonining matematik modellashtirish va bashorat qilish // SamDU ilmiy axborotnomasi. Samarqand. 2020 y. –№(3), –b. 107-113.

GAZLAR DINAMIKASIDA ODDIY TO'LQINLAR.

O'roqova Sh.

Termiz davlat universiteti

e-mail: oroqovashahzoda4@gmail.com

Giperbolik to'lqinlar nazariyasining asosiy g'oyalari ishlab chiqilgan gaz dinamikasi tenglamalarini ko'rib chiqaylik. Tenglamalar sistemasiga Eyler tenglamasi (gaz hajmi birligining harakat tenglamasi)

$$\rho(v_t + vv_x) = -p_x, \quad (1)$$

massaning saqlanish qonuni yoki uzluksizlik tenglamasi

$$\rho_t + (\rho v)_x = 0 \quad (2)$$

bu yerda ρ - gaz zichligi, v - tezlik, p - bosim va

$$s_t + vs_x = 0, \quad (3)$$

tenglama, agar qovushqoqlik va issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonlari mavjud bo'lmasa, gaz hajmining birligining entropiyasining saqlanishini aks ettiradi.

(1)–(3) sistema bosimni zichlik va entropiya funksiyasi sifatida belgilaydigan algebraik munosabat bilan “yopiq” bo‘lishi kerak (holat tenglamasi):

$$p = p(\rho, s). \quad (4)$$

Gaz dinamikasi tenglamalarini xarakteristik shaklda ifodalaymiz. (3) tenglama C_0 xarakteristikasi bo'yicha

$$\frac{ds}{dt} = 0$$

xarakterli shakl bo'lib, uning tenglamalari quyidagiga teng

$$\frac{dx}{dt} = v.$$

Ko'rinib turibdiki, bu xususiyatlar shunchaki gaz zarralarining traektoriyalari.

Boshqa ikkita xarakteristikalar turkumini olish uchun (3) tenglamani (4) tenglamadan foydalangan holda

$$p_t + vp_x - a^2(\rho_t + v\rho_x) = 0, \quad (5)$$

shaklda qayta yozamiz, bu yerda

$$a^2 = \frac{dp}{d\rho}.$$

Uzluksizlik tenglamasi (2) ni qandaydir l_1 qiymatga, (1) tenglamani l_2 ga ko'paytiramiz va hosil bo'lgan tenglamalarni (5) bilan qo'shib, quyidagiga ega bo'lamiz

$$p_t + (l_2 + v)p_x + \rho l_2(v_t + vv_x) + \rho l_1 v_x + (l_1 - a^2)(\rho_t + v\rho_x) = 0. \quad (6)$$

Agar l_1 va l_2 bir vaqtning o'zida nolga teng bo'lmasa, u holda (6) dan xarakteristik shaklni olishning yagona yo'li ρ bo'yicha hosilalarni nolga tenglashdir, shuning uchun

$$l_1 = a^2.$$

U holda (6) tenglama quyidagi shaklni oladi

$$p_t + (l_2 + v)p_x + \rho l_2[v_t + (v + l_1/l_2)v_x] = 0$$

bundan kelib chiqadiki, $l_2 = l_1/l_2$ ni tanlash kerak, ya'ni $l_2 = \pm a$.

Shunday qilib, xarakteristikaning yana ikkita turkumi $C_{\pm}$

$$\frac{dx}{dt} = v \pm a$$

tenglamalar bilan aniqlanadi va tegishli xarakteristikalar shakllari

$$\frac{dp}{dt} \pm \rho a \frac{dv}{dt} = 0 \quad (7)$$

shaklga ega.

Bu tenglamalar akustik to'lqinlarni tavsiflaydi va a miqdori chiziqli bo'lmagan nazariyadagi tovush tezligi ma'nosiga ega. " $\pm$ " belgilari yuqoriga va quyi oqimga tarqaladigan to'lqinlarga mos keladi.

Dastlabki momentda $s = s_0 = \text{const}$ bo'lsin, u holda (3) tenglamaga ko'ra, bu har qanday keyingi vaqt momentida ham sodir bo'ladi. Bunday gaz oqimi izentropik deb ataladi. Bunda (1)–(3) tenglamalar tizimi

$$\begin{aligned} \rho(v_t + vv_x) &= -a^2(\rho)\rho_x, \\ \rho_t + (\rho v)_x &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

shaklni olib, soddalashadi.

Tenglama (7) ni quyidagi shaklda yozish mumkin

$$\frac{a(\rho)}{\rho} \frac{d\rho}{dt} \pm \frac{dv}{dt} = 0.$$

Tenglamani integrallaganda, Riman invariantlari deb ataladigan xarakteristikalar bo'yicha

$$r_{\pm} = \int \frac{a(\rho)}{\rho} d\rho \pm v \quad (9)$$

miqdorlar saqlanib qoladi.

Politropik gaz uchun holat tenglamasi $p = k\rho^{\gamma}$ ko'rinishga ega, bunda $\gamma = \text{const}$. Bundan $a^2 = k\gamma\rho^{\gamma-1}$. (9) tenglamaga $a(\rho)$ ni qo'yib,

$$r_{\pm} = \frac{2}{\gamma-1} a \pm v \quad (10)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Xususan, $\gamma=2$ bo'lganda, ayniqsa oddiy holat yuzaga keladi. Bu holda (8) tenglamalar quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} v_t + vv_x + 2k\rho_x &= 0, \\ \rho_t + (\rho v)_x &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Ko'rib chiqilayotgan sohaning barcha qismida Riman invariantlaridan biri doimiy bo'lgan yechimlar alohida rol o'ynaydi. Bunda (9) tenglamalardan mos keladigan ρ va v

$$v = v(\rho)$$

o'zgaruvchilar orasidagi funksional bog'liqlikni beradi va (8) sistema bitta tenglamaga

$$\rho_t + (v(\rho) \pm a(\rho))\rho_x = 0. \quad (12)$$

kamaytiradi.

Bunday turdagi yechimlar oddiy to'lqinlar, tenglama (12) esa mos ravishda oddiy to'lqin tenglamasi deb ataladi. Ular chiziqli tizimning xos rejimlarini chiziqli bo'lmagan holatga umumlashtirishdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Трубецков Д.И., Рожнев А.Г. Линейные колебания и волны. М.: Физматлит, 2001.
- [2]. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1988.

PARABOLIK TIPDAGI TENGLAMALARNI TAQIRIBIY YECHISH ALGORITMLARI HAQIDA

Olimov M., Abdulvoxidov T.

Namangan muhandislik-qurilish institute

e-mail: molimov5152@gmail.com, abdulvoxidov90@mail.ru

Agar o'rganilayotgan jarayonda vaqt bo'yicha ketish tezligi o'zgarmas bo'lsa, bu jarayonlarning matematik modeli parabolik tipdagi tenglamalar orqali ifodalanadi.

Bunga misol bo'lib, g'ovak to'sinning issiqlik o'tkazuvchanlik masalalari, diffuziya jarayonlari va boshqalar kiradi.

Masala quyidagi ko‘rinishda bo‘lsin:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = c^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + f(x,t) \quad (1)$$

$$u(x,0) = \psi(x) \quad (2)$$

$$u(a,t) = \psi_1(x), \quad u(b,t) = \psi_2(x) \quad (3)$$

Bu yerda $u(x,t)$ - izlanayotgan funksiya, $f(x,t)$ - masalaning fizik mohiyati, c^2 - o‘zgarmas koeffitsient. (2) formula (1) masalaning boshlang‘ich sharti; (3) formula (1) masalaning chegaraviy shartini ifodalaydi. Qo‘yilgan chegaraviy shart turlariga ko‘ra Dirixle masalasiga mos keladi.

Yuqorida qo‘yilgan (1), (2), (3) masalani to‘r usulida yechish algoritmini tuzamiz [1]

$$u(x_i, t_j) = u_i^j, \quad f(x_i, t_j) = f_{ij} \quad \text{deb} \quad \text{va} \quad \frac{\partial u_i}{\partial t} \approx \frac{u_i^{j+1} - u_i^j}{\tau}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial x^2} \approx \frac{u_{i+1}^j - 2u_i^j + u_{i-1}^j}{h^2} \quad (5) \quad \text{deb} \quad \text{olamiz} \quad [1.1]. \quad \text{Bu} \quad \text{yerda}$$

$$x_i = a + i \cdot h, \quad h = \frac{b-a}{n}; \quad t_j = j \cdot \tau, \quad \tau = \frac{\tau}{m}$$

a) oshkor sxemada:

(1) formulaga (4) va (5) larni qo‘yib quyidagini olamiz

$$u_i^{j+1} = u_i^j + \frac{\tau \cdot c^2}{h^2} [u_{i+1}^j - u_i^j + u_{i-1}^j] + \tau \cdot f_{ij} \quad (6)$$

Chegaraviy va boshlang‘ich shartlar; ya’ni (2) va (3) formulalar quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$u_i^0 = \psi_i, \quad i = \overline{0, n} \quad (7)$$

$$u_0^j = \varphi_i^j, \quad u_n^j = \psi_i^j, \quad j = \overline{0, m} \quad (8)$$

(6) formuladan ko‘rinib turibdiki, vaqtning har bir $j+1$ qatlamidagi noma’lum yechimlar, j -qatlam orqali topiladi va yechim kelib chiqadi, ammo xatoliklarga bir oz ko‘proq yo‘l qo‘yiladi.

b) oshkormas sxema:

(1) formulani quyidagicha approksimatsiya qilamiz:

$$\frac{u_i^{j+1} - u_i^j}{\tau} = c^2 \frac{u_{i-1}^{j+1} - 2u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1}}{h^2} + f_{ij} \quad \text{yoki}$$

$$A_i u_{i-1}^{j+1} - B_i u_i^{j+1} + C_i u_{i+1}^{j+1} = F_i \quad i = 1, 2, \dots, n-1$$

(9) ko‘rinishda yozish mumkin.

Bu yerda

$$A_i = \frac{c^2 \cdot \tau}{h^2}; \quad B_i = \frac{2 \cdot c^2 \cdot \tau}{h^2} - 1$$

$$C_i = \frac{c^2 \cdot \tau}{h^2}; \quad F_i = -\tau \cdot f_{ij} - u_i^j$$

Hosil qilingan (9) tenglamalar sistemasi j ning har bir qiymatida $n-1$ ta noma’lumdan iborat. Natijada $n+1$ noma’lumni $n+1$ ta tenglamadan iborat uch diagonalli tenglamalar sistemasi vaqt t ning har bir qiymati t_j uchun hosil bo‘ladi.

Bunday tenglamalar sistemasini haydash usuli yordamida yechiladi [2,3].

Umuman olganda har qanday murakkab, chiziqsiz parabolik tipdagi xususiy hosilali differensial tenglamalarga keltirilgan chegaraviy masalalarni to‘r usulining oshkormas sxemasi orqali yechish maqsadga muvofiqdir, chunki biror qatlamda yo‘l qo‘yilgan hisoblash xatoliklari boshqa qatlamga deyarli uzatilmaydi. Oshkor sxemada esa, to‘planib boradi va natija ishonchsiz bo‘lishi mumkin. Shuning uchun, amalda oshkor sxemani faqat qisqa vaqt oralig‘ida yechiladigan masalalarga qo‘llash mumkin.

Adabiyotlar

- [1] A. A. Самарский “Теория разностных схем” Москва, 1977.-С.658.
- [2] M. Olimov “Amaliy matematik dasturlar paketi” Namangan, 2021y. 268 bet.
- [3] M. Olimov , T. Jurayev. S. Abdusalilov “Sonli usullar va algoritmlar” Namangan, 2022y. 187 bet.

HARORAT TAQSIMOTINI CHEKLI ELEMENTLAR USULIDA ANIQLASH

Olimov M., Parpiyev S.P.

Namangan muhandislik - qurilish instituti

e-mail: molimov5152@gmail.com, sanjarbekparpiyev5@gmail.com

Qurilish, mashinasozlik, samalyot sozlikda va boshqa sohalarda haroratga bog‘liq masalalar muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun haroratni tarqalish masalalari bilan juda ko‘p olimlar ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Sterjeda harorat tarqalishi masalasini chekli elementlar usulida funktsiyani aniqlashning boshlang‘ich sohasi odatda bir xil bo‘lmagan to‘r yordamida alohida - *chekli elementlarga* bo‘linadi. Kerakli uzluksiz funktsiya chekli elementlar to‘plamida aniqlangan bo‘lak-bo‘lak funktsiya bilan yaqinlashadi.

Umuman olganda, chekli elementlar usuli algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

1-bosqich . Har bir element *uchun yaqinlashuvchi funktsiyaning* ta‘rifi (element funktsiyasining ta‘rifi). Bu bosqichda uzluksiz $\varphi^{(e)}$ *funktsiyaning uning* chekli elementining ixtiyoriy nuqtasidagi qiymati ko‘phad bilan yaqinlashtiriladi.

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)}R + A_0 ,$$

bu yerda $A^{(e)}$ - polinom koeffitsiyentlarining qator vektori; A_0 - ozod had; $R = (x, y, z)$ - ko‘rib chiqilayotgan nuqtadagi koordinatalar vektori.

Bosqichning vazifasi noma‘lum vektor $A^{(e)}$ va erkin a‘zo A_0 ni aniqlashdir . Buning uchun funktsiyaning tugunlardagi uzluksizligi shartidan foydalanib, ko‘phadning koeffitsiyentlari vektor bilan ifodalanadi. $\Phi^{(e)}$ *Funktsiyaning tugun qiymatlari* va tugunlarning koordinatalari va ekvivalent o‘zgarishlarni amalga oshirib olinadi[1].

$$\varphi^{(e)} = N^{(e)}\Phi^{(e)} , \tag{1}$$

Bu yerda $N^{(e)}$ - elementlari chekli elementlar *shakli funksiyalari* deb ataladigan qator matritsasi .

Shakl funksiyalari chekli elementning har bir nuqtasida nuqtaning o'zi va element tugunlarining koordinatalari orqali osongina hisoblanadi.

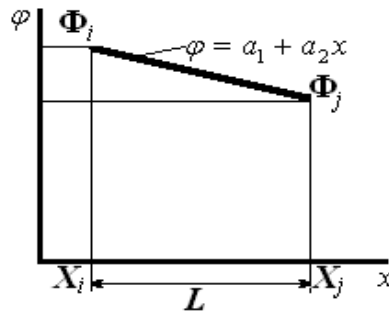
2-bosqich . Cheklangan element bo'laklarini birlashtirish . Ushbu bosqichda alohida elementlarga tegishli tenglamalar (1), ya'ni algebraik tenglamalar sistemasiga birlashtiriladi[1]:

$$\varphi = N\Phi \quad (2)$$

(2) tenglamalar sistemasi - kerakli uzluksiz funksiyaning modeli hisoblanadi.

3-bosqich. Funksiyaning tugun qiymatlari ta'rifi.

Element uchun interpolyasiya polinomi $\varphi = a_1 + a_2x$ shaklga ega (1-rasm) .



1-rasm

Koeffisiyentlar a_1 va a_2 funksiyaning tugun qiymatlari orqali Φ_i va Φ_j uzluksizlik shartiga muvofiq aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \varphi &= \Phi_i \text{ при } x = X_i \\ \varphi &= \Phi_j \text{ при } x = X_j \end{aligned} \quad (3)$$

$$a_1 = (\Phi_i X_j - \Phi_j X_i) / L; \quad a_2 = (\Phi_j - \Phi_i) / L \quad \text{Elementn}$$

ing yaqinlashtiruvchi polinom koeffisiyentlarining hisoblangan qiymatlarini va interpolyasiya polinomiga almashtirib, quyidagi hosil bo'ladi .

$$\varphi = \frac{\Phi_i X_j - \Phi_j X_i}{L} + \left(\frac{\Phi_j - \Phi_i}{L} \right) x$$

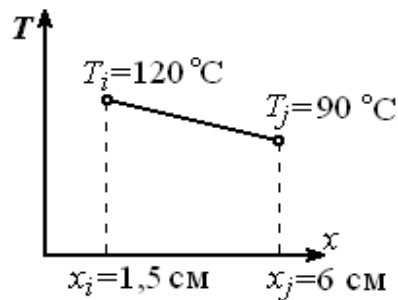
O'ng tomonning ekvivalent o'zgarishlarini amalga oshiramiz:

$$\varphi = \frac{\Phi_i X_j - \Phi_j X_i}{L} + \left(\frac{\Phi_j - \Phi_i}{L} \right) x = \Phi_i \frac{X_j - x}{L} + \Phi_j \frac{x - X_i}{L}$$

$$N_i = (X_j - x) / L; \quad N_j = (x - X_i) / L$$

Bular. $\varphi = N_i \Phi_i + N_j \Phi_j$ yoki matritsa shaklida $\varphi = N\Phi$, bu yerda

$N = [N_i, N_j]$ qator matritsasi; $\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_i \\ \Phi_j \end{bmatrix}$ ustun vektoridir[1].



2-rasm

Sterjendagi harorat taqsimotini taxminiy aniqlash uchun i va j tugunlarida harorat mos ravishda 120 va 90 °C ga teng ekanligi aniqlandi (2-rasm). Boshlanish nuqtasidan ma'lum sm uzoqda joylashgan nuqtalardagi aniqlang. i va j tugunlari koordinatadan 1,5 va 6 sm masofada joylashgan.

Bir o'lchovli simpleks element ichidagi harorat (t) bilan berilgan

$$t = \left(\frac{X_j - x}{L} \right) T_i + \left(\frac{x - X_i}{L} \right) T_j.$$

1-jadval

№	h	T
1	1.8	118°C
2	2.25	115°C
3	2.7	112°C
4	3.15	109°C
5	3.6	106°C
6	4.05	103°C
7	4.5	100°C
8	4.95	97°C
9	5.4	94°C
10	5.85	91°C

Ixtiyoriy tugun nuqta kordinatalarini C++ dasturlash tili yordamida aniqlash mumkin[2].

Biz misol sifatida 2 ta tugun nuqta olib , ular orasidagi xarorat taqsimotini aniqladik.(1-jadval)

Element ma'lumotlari:

$X_i = 1,5$ sm, $T_i = 120$ °C.

$X_j = 6,0$ sm, $T_j = 90$ °C

$L = X_j - X_i = 4,5$ sm.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1]. Zenkevich O. Konechnyye elementy i approssimasiya / O. Zinkevich, K. Morgan. — M.: Mir, 1986. – 318 s.
- [2]. MADRAXIMOV Sh.F. C++ OB'EKTGA YO'NALTIRILGAN PROGRAMMALASH. Toshkent 2014.

BIR INTERPOLYATSION FORMULANING EKSTREMAL FUNKSIYASI VA XATOLIK FUNKSIONALI

N.N. Olimov

*V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti, Toshkent, O'zbekiston,
Buxoro davlat universiteti, Buxoro O'zbekiston;
e-mail: olimovnurali8@gmail.com, n.n.olimov@buxdu.uz*

Quyidagi interpolyatsion formulani muhokama qilamiz:

$$\varphi(x) \cong P_{\varphi}(x) = \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \cdot \varphi(x_{\beta}) \quad (1)$$

bunda, C_{β} va x_{β} lar mos ravishda (1) - interpolyatsion formulaning *koeffitsiyentlari* va *tugunlari*. Faraz qilamiz φ funksiya quyidagi Hilbert fazosiga tegishli bo'lsin

$$W_{2,\sigma}^{(2,1)}(0,1) = \{\varphi: [0,1] \rightarrow R | \varphi' \text{ absolyut uzluksiz va } \varphi'' \in L_2(0,1)\}$$

va bu fazodagi funksiya normasi quyidagicha aniqlangan

$$\|\varphi\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)}} = \{\int_0^1 (\varphi'' + \sigma \varphi')^2 dx\}^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

bu yerda $\sigma \in \mathbb{R}$, $\sigma \neq 0$ va bu norma

$$\langle \varphi, \psi \rangle_{W_{2,\sigma}^{(2,1)}} = \int_0^1 (\varphi''(x) + \sigma \varphi'(x))(\psi''(x) + \sigma \psi'(x)) dx$$

skalyar ko'paytma yordamida aniqlangan.

(1)- interpolyatsion formulaning xatoligi $\varphi(x) - P_{\varphi}(x)$ ayirma bilan aniqlanadi.

Bu xatolikning $z \in [0,1]$ nuqtadagi qiymati $W_{2,\sigma}^{(2,1)}(0,1)$ fazodagi chiziqli funksionaldir, ya'ni

$$\begin{aligned} (\ell, \varphi) &= \varphi(z) - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta}(z) \cdot \varphi(x_{\beta}) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left(\delta(x-z) - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta}(z) \delta(x-x_{\beta}) \right) \varphi(x) dx. \end{aligned}$$

Bunda, $\delta(x)$ -Dirakning delta-funksiyasi, ℓ xatolik funksionali.

Bundan yuqoridagi skalyar ko'paytmaning formulasidan foydalanib, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\ell(z) = \delta(x-z) - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta}(z) \cdot \delta(x-x_{\beta}) \quad (3)$$

$$(\ell, \varphi) = \langle \varphi, \psi_{\ell} \rangle_{W_{2,\sigma}^{(2,1)}} \quad (4)$$

Bundan, Riss teoremasiga asosan, $\|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)*}} = \|\psi_{\ell}\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)}}$ tenglikni olamiz, ψ_{ℓ} funksiya ℓ funksionalning ekstremal funksiyasi. (1)-formulaning xatoligini baholash uchun Koshi-Shvars tengsizligidan foydalanamiz

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)*}} \|\varphi\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)}}, \text{ bu yerda } \|\ell\|_{W_{2,\sigma}^{(2,1)*}} = \sup_{\varphi, \|\varphi\| \neq 0} \frac{|(\ell, \varphi)|}{\|\varphi\|}.$$

Masala 1. $W_{2,\sigma}^{(2,1)}$ fazodagi (1)- interpolyatsiyon formulaning ℓ xatolik funksionali normasini toping.

Ta'kidlash kerakki, [3] ishda xatolik funksionalining ekstremal funksiyani topilgan. Ekstremal funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega

$$\psi_{\ell}(x) = \ell(x) * G(x) + ae^{-\sigma x} + d,$$

bunda $G(x) = \frac{\operatorname{sign} x}{4\sigma^3} (-2\sigma x + e^{\sigma\varphi} - e^{-\sigma x})$. So`ngra xatolik funksionali normasining ko`rinishi topilgan

$$\|\ell\|^2 = -(2 \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \cdot G_2(z - x_{\beta}) - \sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_{\beta} C_{\gamma} G_2(x_{\beta} - x_{\gamma})). \quad (4)$$

Masala 2. x_{β} tugunlar fiksirlanganda (4) ifodaga minimum qiymat beruvchi $C_{\beta}(z)$ koeffitsiyentlarni topish.

Endi $\|\ell\|^2$ ni C_{β} lar bo`yicha lokal minimumini topamiz. Bu yerda xatolik funksional $(\ell, e^{-\sigma x}) = 0$, $(\ell, 1) = 0$ sharlarni qanoatlantiradi.

Lokal minimumni topish uchun Lagranjning aniqmas koeffitsiyentlar usulidan foydalanamiz. Quyidagi funktsiyani qaraymiz

$$\Phi(C_{\beta}, \lambda_1, \lambda_2) = \|\ell\|^2 + 2\lambda_1(\ell, e^{-\sigma x}) + 2\lambda_2(\ell, 1).$$

Ko`p o`zgaruvchili funktsiyaning ekstremumini topish uchun Φ funktsiyadan $C_{\beta}, \lambda_1, \lambda_2$ lar bo`yicha xususiy hosilalarini olib 0 ga tenglashtirimiz va

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=0}^N C_{\gamma} G_2(x_{\beta} - x_{\gamma}) + \lambda_1 e^{-\sigma x_{\beta}} + \lambda_2 = G_2(z - x_{\beta}), \quad \beta = \overline{0, N}, \\ \sum_{\gamma=0}^N C_{\gamma}(z) e^{-\sigma x_{\gamma}} = e^{-\sigma z}, \\ \sum_{\gamma=0}^N C_{\gamma}(z) = 1, \end{array} \right.$$

$N + 3$ ta noma'lum, $N + 3$ ta tenglamalar sistemasiga ega bo`lamiz. Olingan natijamiz  $\sigma = 1$  bo`lgan holda [1,2] ishlardagi natijalarni beradi.

Ushbu sistemaning yechimi qaralayotgan fazoda (1) ko`rinishdagi optimal interpolasyon formulaning koeffitsiyentlarini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Babaev S.S., Hayotov A.R. Optimal interpolation formulas in the space $W_2^{(m, m-1)}$, Calcolo 56, (2019).
- [2]. Hayotov A.R., Milovanovic G. V., Shadimetov Kh. M. Interpolation splines minimizing a semi-norm, Calcolo 51, 245–260 (2014).
- [3]. Babaev S.S., Olimov N.N., Mahmudov M.M. Extremal function for error functional of optimal interpolation formula in $W_{2, \sigma}^{(2, 1)}$ space. Pedagogik mahorat, Maxsus son, (2021), 35-bet

INVESTIGATING THE DUALITY RELATIONSHIPS AND OPTIMAL CONDITIONS FOR AN OPTIMIZATION PROBLEM IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Orinbaev A.B.

Tashkent University of Information Technologies

e-mail: aymuratorinbaev@gmail.com

Consider the mathematical model of the problem presented in the following form:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ji} h_{ji} x_{ji} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l b_{kj} z_{kj} y_{kj} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ji} x_{ji} \leq S_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l b_{kj} y_{kj} \leq T_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n b_{kj} y_{kj} = C_k, \quad k = \overline{1, l} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ji} x_{ji} = \sum_{k=1}^l b_{kj} y_{kj}, \quad j = \overline{1, n} \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ji} \leq \overline{x_{ji}}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \quad (6)$$

$$0 \leq y_{kj} \leq \overline{y_{kj}}, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, l} \quad (7)$$

Here S_i - reserve power of the substation i ; T_j - reserve power of the transformer j ; C_k - consumer demand k ; h_{ji} - the cost of transferring one unit of electricity from substation i to transformer j ; z_{kj} - the cost of transferring one unit of electricity from transformer j to consumer k ; $a_{ji} \in \{0,1\}$: - coefficient that shows the feasibility of transferring electricity from substation i to transformer j ; $b_{kj} \in \{0,1\}$: - coefficient that shows the feasibility of transferring electricity transformer j to consumer k ; x_{ji} - the quantity of electricity transported from substation i to transformer j ; y_{kj} - the quantity of electricity transported from transformer j to consumer k ; $\overline{x_{ji}}$ - denotes the network's capability to transmit power from substation i to transformer j ; $\overline{y_{kj}}$ - denotes the network's capability to transmit power from transformer j to consumer k .

In order to establish the optimality conditions and determine whether an optimal solution exists for problem (1)-(7), a dual problem is formulated [1]. To do

so, we begin by constructing the Lagrange function for problem (1)-(7), which is presented below."

$$L(x, y, u, v, w, q) = \sum_{k=1}^l C_k w_k - \sum_{i=1}^m S_i u_i - \sum_{j=1}^n T_j v_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (h_{ji} + u_i - q_j) a_{ji} x_{ji} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l (z_{kj} + v_j + q_j - w_k) b_{kj} y_{kj} \quad (8)$$

By utilizing equation (8), we can express the dual problem for problem (1)-(7) as follows:

$$\sum_{k=1}^l C_k w_k - \sum_{i=1}^m S_i u_i - \sum_{j=1}^n T_j v_j \rightarrow \max \quad (9)$$

$$a_{ji}(h_{ji} + u_i - q_j) \geq 0 \quad (10)$$

$$b_{kj}(z_{kj} + q_j + v_j - w_k) \geq 0 \quad (11)$$

$$q_j \geq 0, w_k \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, k = \overline{1, l} \quad (12)$$

Resolving the problem (9)-(12) is achievable through the implementation of the dual simplex method.

REFERENCES

[1] Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Орынбаев А.Б. Соотношения двойственности и условия оптимальности для одной оптимизационной задачи электроэнергетики // Международная конференция "Статистика и её применения". 19-20 октября 2022 г. 298-300 с.

ON THE PROPERTIES OF SOLUTIONS OF A NONLINEAR FILTRATION PROBLEM WITH A SOURCE

¹Rakhmonov Z. R., ²Turaev J. N.

¹National University of Uzbekistan

²Karshi state university

e-mail: zraxmonov@inbox.ru, 0511jurabek@gmail.com

We will discuss the next parabolic equation

$$\rho(x) \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u^m}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u^m}{\partial x} \right) + \rho(x) u^\beta, \quad (x, t) \in R_+ \times (0, +\infty) \quad (1)$$

with nonlinear boundary condition

$$-\left| \frac{\partial u^m}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u^m}{\partial x} (0, t) = u^q(0, t), \quad t > 0 \quad (2)$$

and initial value condition

$$u(x, 0) = u_0(x) \geq 0, \quad x \in R_+ \quad (3)$$

where $1 < p < 1 + 1/m$, $\beta, q > 0$, $\rho(x) = x^{-n}$, $n \in R$, $u_0(x)$ – bounded, continuous, non-negative and non-trivial initial data.

Equation (1) occurs in various areas of natural science [1, 3-5]. For example, equation (1) is considered in mathematical modeling of the thermal conductivity of nanofluids, in the study of problems of fluid flow through porous media, in problems of the dynamics of biological populations, polytropic filtration, structure formation in synergetics and nanotechnologies, and in a number of other areas [1–4].

Equation (1) is called a parabolic equation with variable density [1] and in case $m(p-1)-1>0$ corresponds to the equation of slow filtration [2-3]. Problem (1)–(3) has been intensively studied by many authors (see [2, 5-7] and references therein) for various values of numerical parameters.

In work [5], the condition of global unsolvability in time of the solution of the Cauchy problem for equation (1) at was obtained that $m=1$, $\rho(x)=1$ and the critical exponent of the Fujita type $\beta=2p-1$ was established.

In [7], the unboundedness of the solution of the following reaction-filtration model with a nonlinear boundary condition was studied

$$\begin{aligned} u_t &= \Delta u^m + u^\beta, \quad (x, t) \in \Omega \times (0, T), \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} &= u^q, \quad (x, t) \in \partial\Omega \times (0, T), \\ u(x, 0) &= u_0(x), \quad x \in \Omega, \end{aligned}$$

where $\Omega \in R^N$ is the bounded area. The authors showed that all positive solutions exist globally in the case $m>1$ if and only if $\beta, q \leq 1$, and in the case $m \leq 1$ when $\beta \leq 1, q \leq 2m/(m+1)$.

Main results. Below, we will determine the condition of solvability and unsolvability in general in terms of time for solving problem (1)–(3) in the case of fast diffusion. It is assumed that $1 < p < 1+1/m$.

Theorem 1. If $q \leq \frac{m(1-n)+1}{p-n}(p-1)$ and $0 < \beta \leq 1$, then any solution to problem (1)-(3) is global.

Theorem 2. If $\beta < 1$ and $q \geq \frac{(m(1-n)+1)(p-1)}{(p-n)}$, then the solution of problem (1)-(3) is unbounded in a finite time.

References

- [1]. M.Aripov. *Standard Equation's Methods for Solutions to Nonlinear problems*, Tashkent, FAN, 1988, 138 p.
- [2]. Galaktionov V.A., Vazquez J.L. The problem of blowup in nonlinear parabolic equations. *Discrete and continuous dynamical systems*, 2002, **8** (2), P. 399–433.
- [3]. Kalashnikov A.S. Some problems of the qualitative theory of nonlinear degenerate secondorder parabolic equations. *Russian. Math. Surveys*, 1987, **42** (2), P. 169–222.
- [4]. Galaktionov V.A., Levine H.A. On critical Fujita exponents for heat equations with nonlinear flux boundary condition on the boundary. *Israel J. Math.*, 1996, **94**, P. 125–146.
- [5]. Galaktionov V.A. On global nonexistence and localization of solutions to the Cauchy problem for some class of nonlinear parabolic equations. *Zh. Vychisl. Mat.*

Mat. Fiz., 1983, **23**, P. 1341–1354. English transl.: *Comput. Math. Math. Phys.* 1983, **23**, P. 36–44.

[6]. Pablo A.D., Quiros F., Rossi J.D. Asymptotic simplification for a reaction-filtration problem with a nonlinear boundary condition. *IMA J. Appl. Math.*, 2002, **67**, P. 69–98.

[7]. Song X., Zheng S. Blowup and blowup rate for a reaction-filtration model with multiple nonlinearities. *Nonlinear Anal.*, 2003, **54**, P. 279–289.

NUMERICAL SOLUTIONS OF NONLINEAR DIFFUSION PROBLEM WITH CONVECTIVE TRANSFER

Z.Rakhmonov, G'.Urolov

National University of Uzbekistan

e-mail: zraxmonov@inbox.ru, gulomurolov59@gmail.com

In this paper, we studied the properties of solution of a nonlinear parabolic equation of diffusion with convective transfer

$$u_t = \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u^m}{\partial x} \right|^{p-2} \frac{\partial u^m}{\partial x} \right) + v(t) \frac{\partial u^\alpha}{\partial x} + u^\beta, \quad x > 0, \quad t > 0 \quad (1)$$

with initial condition

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad (2)$$

where $m > 1$, $\alpha > 0$, $p > 1 + 1/m$, $\beta > 0$, u_0 is nonnegative continuous functions with compact support in R_+ .

Problem (1), (2) occurs in various applications. It is a mathematical model of many physical, biological, etc. processes. For example, Eq. (1) arises in the mathematical modeling of diffusion in nonlinear media, in the study of the problems of fluid flow through porous layers, in problems of the dynamics of biological populations, polytropic filtration, formation of structures in synergetics and in a number of other areas [1-4].

The problem (1)-(3) for different values of the parameters has been studied by many authors [3-5]. In [5] studied the conditions of existence of blow-up and global solutions by constructing self-similar supersolutions and subsolutions in $v(t) = 0$, $m = 1$.

We constructed various self-similar solutions of the nonlinear diffusion problem in the slow diffusion case. The main result of this work is to prove the asymptotics of the self-similar solution of problem (1), (2) for $\beta > 1$. Using the asymptotic formulas as the initial approximation for the iterative process, numerical calculations are performed.

References

[1] Wu, Z.Q., Zhao, J.N., Yin, J.X. and Li, H.L., *Nonlinear Diffusion Equations*, Singapore: World Scientific, 2001.

[2] M. Aripov, Standard Equation's Methods for Solutions to Nonlinear Problems, FAN, Tashkent, 1988.

[3] A. A. Samarskii, V. A. Galaktionov, S. P. Kurdyumov, and A. P. Mikhailov, Blow-up in Quasilinear Parabolic Equations, Walter de Gruyter, Berlin, 1995.

[4] A.S.Kalashnikov, Some problems of the qualitative theory of nonlinear degenerate parabolic equations of second order, Russian Math. Surveys, 42, (1987), 169-222.

[5] Galaktionov V.A. On global nonexistence and localization of solutions to the Cauchy problem for some class of nonlinear parabolic equations. Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 1983, 23, P. 1341–1354. English transl.: Comput. Math. Math. Phys. 1983, 23, P. 36–44.

PROPERTIES OF SOLUTIONS FOR A NONLINEAR DIFFUSION PROBLEM WITH A GRADIENT NONLINEARITY

¹*Rakhmonov Z.R.*, ²*Alimov A.A.*

¹*National university of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

²*Tashkent branch of the G.V. Plekhanov Russian University of Economics*

e-mail: zraxmonov@inbox.ru, akram.alimov18@gmail.com

In this article, we deal with the following doubly degenerate parabolic equations with the damping

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\left| \frac{\partial u^k}{\partial x} \right|^{m-1} \frac{\partial u^k}{\partial x} \right) + \left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^p, \quad (t, x) \in Q \quad (1.1)$$

coupled through nonlinear boundary flux and the initial data.

$$-\left| \frac{\partial u^k}{\partial x} \right|^{m-1} \frac{\partial u^k}{\partial x} \Big|_{x=0} = u^q(0, t), \quad t \in Q_t \quad (1.2)$$

$$u|_{t=0} = u_0(x) \geq 0, \quad x \in Q_x \quad (1.3)$$

where $m > 1, k \geq 1$ and $q > 0$ are given parameters and $Q_t = \{t | t > 0\}$, $Q_x = \{x | x \in R_+\}$, $Q = Q_t \times Q_x$.

The (1.1) arises in different applications (see [5]) and references therein. Equation (1.1) is degenerate type. Therefore, in the domain Q , where $u = 0, \nabla u = 0$ it is degenerate type. Therefore, in this case, we need to consider a weak solution from having a physical sense class.

The main aim of this paper is to establish the conditions of blow-up, global existence and nonexistence of solutions to the Neumann problem. Also, to analyze the asymptotics of the solution under some conditions.

Theorem 1: If $k \geq 1 + \frac{2}{m}$ and $q \leq \frac{m(k+1)}{m+1}$ inequalities hold, then each solution of problem (1.1)-(1.3) is global in time.

Theorem 2: If $0 < p < \frac{m+1}{2} < \frac{k}{m}$ and $q \geq \frac{m(k(p+1)+1-p)}{m+p+1}$ inequality holds, then every solution of problem (1.1)–(1.3) blows up in finite time.

The case $\frac{m+1}{2-m(k-1)} < p$ and $q \geq \frac{m(k(p+1)+1-p)}{m+p+1}$

consider the following self-similar solution of problem (1.1)–(1.3)

To simplify such auxiliary systems of equations, one can use the following transformations:

$$u_1(x, t) = t^{\alpha_1} \varphi(\xi), \quad \xi = xt^{-\alpha_2} \quad (5.1)$$

$$\left(\left| \varphi_\xi^k \right|^{m-1} \varphi_\xi^k \right)_\xi + \alpha_2 \xi \varphi_\xi - \alpha_1 \varphi + \left| \varphi_\xi \right|^p = 0 \quad (5.2)$$

$$-\left| \varphi_\xi^k \right|^{m-1} \varphi_\xi^k(0) = \varphi^q(0) \quad (5.3)$$

Consider the function

$$\bar{\varphi}(\xi) = E \left(a - \xi^{\frac{m+1}{m}} \right)_+^{\frac{m}{mk+1}}, \quad E = \left(\frac{mk-1}{m+1} \alpha_2^{\frac{1}{m}} \right)^{\frac{m}{mk-1}} \quad (5.4)$$

where $a > 0$, $(d)_+ = \max\{d, 0\}$. We show that the function (5.4) is the asymptotics of the solutions of problem (5.2)–(5.3).

Theorem 3: The compactly supported solution of problem (5.2)–(5.3) has the asymptotic

$$\varphi(\xi) = \bar{\varphi}(\xi)(1 + o(1))$$

when $\xi \rightarrow a^{\frac{m}{m+1}}$

References

- [1] Aripov, M.M., Matyakubov, A.S., (2017). To the qualitative properties of solution of system equations not in divergence form of polytrophic filtration in variable density. *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. Vol. 8(3), pages 317–322.
- [2] J. I. Diaz and J. E. Saá, Uniqueness of very singular self-similar solution of a quasilinear degenerate parabolic equation with absorption, *Publ. Mat.* 36 (1992), no. 1, 19–38. MR 1179599.
- [3] J. N. Zhao, On the Cauchy problem and initial traces for the evolution p-Laplacian equations with strongly nonlinear sources, *J. Differential Equations*, 1995, 121 (2):329–383.
- [4] K. Mukai, K. Mochizuki and Q. Huang, “Large time behavior and life span for a quasilinear parabolic equation with slowly decaying initial values”, *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications A*, vol. 39, no. 1, pp. 33–45, 2000.
- [5] Rakhmonov Z. On the properties of solutions of multidimensional nonlinear filtration problem with variable density and nonlocal boundary condition in the case of fast diffusion // *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics* 2016, 9(2), 236–245.

- [6] Aripov, M. The fujita and secondary type critical exponents in nonlinear parabolic equations and systems. Springer Proceedings in Mathematics and Statistics, 2018, 268, pp. 9-23.

CHORVACHILIK KOMPLEKSLARIDA JONIVORLARNI IDENTIFIKATSIYALASHDA RFID TEXNOLOGIYASIDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI TAHLILI

Samandarov B.S., Geldibayev B.Y.
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Bugungi kunga kelib internet buyumlari (IoT – Internet of Things) ko'plab sohalarda ma'lumotlarni yig'ish jarayonida keng qo'llanilmoqda va kundan kunga sohadagi ulushi oshib bormoqda [1]. Sensor qurilmalari, o'lchash asboblari va qabul qiluvchilar uskunalarning so'nggi yutuqlari sanoatda ham, qishloq xo'jaligida ham sezilarli muvaqqiyatlarga olib kelmoqda[2]. Lekin, mazkur texnologiyani amalda qo'llash uning asosini tashkil etadigan boshqa texnologiyalardan ham foydalanishni taqazo etadi. Hususan identifikatsiyalashni amalga oshirishda qo'llaniladigan texnologiyalar shulardan biri bo'lib hisoblanadi. Iqtisodiyotning turli sohalariga sensorli tizimlarni joriy qilish real vaqt rejimida monitoring yuritishga yordam beradi hamda ilg'or texnologiyalar orqali kuzatuvlarni amalga oshirish imkoniyatlari paydo bo'ladi [3,4].

Identifikatsiyalash buobyektning axborot tizimida aniqlanish jarayoni. Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun turli xil texnologiyalardan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda identifikatsiyalashni amalga oshirishda asosan quyidagicha tizimlardan foydalanilmoqda.

1. shtrix kodlar asosida identifikatsiyalash –bunda ma'lumotlar vizual jihatdan ko'rinadigan ma'lum bir yuzada joylashtiriladi va ularni kompyuterlar yoki boshqa maxsus vositalar yordamida o'qish mumkin bo'ladi. Bunga misol sifatida shtrix kodlarni keltirish mumkin;
2. biologik xususiyatlar asosida amalga oshiriladigan identifikatsiyalash – bunda predmetni identifikatsiyalashda uning biologik parametrlarining unikal xususiyatlariga asoslaniladi. Bunga misol qilib insonlarni yuz ko'rinishi, barmoq izlari orqali identifikatsiyalashni keltirish mumkin;
3. radiosignallar yordamida identifikatsiyalash – bunda ma'lumotlarning radiosignallar ko'rinishida chiqarilishiga asoslaniladi. Buning uchun maxsus qurilma va radiosignallarni chiqaradigan metkalardan foydalaniladi. Bunga misol sifatida RFID metkalar yordamida identifikatsiyalashni keltirish mumkin.

Mazkur texnologiyalarning har birining o'ziga hos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Lekin bular ichida eng ko'p afzalliklarga ega bo'lgani RFID yordamida identifikatsiyalash bo'lib hisoblanadi. Shuningdek RFID texnologiyasi ob'ektlarni avtomatik identifikatsiyalash va kuzatish imkonini beradi. Taqdim etadigan shunday imkoniyatlari sababli oxirgi yillarda RFID savdo-sotiq, logistika, sog'liqni saqlash, transport va qishloq xo'jaligi kabi ko'plab sohalarda ommalashdi.

Ushbu identifikatsiyalash texnologiyasining boshqalari bilan taqqoslanishi quyidagi jadvalda kengroq ko'rsatilgan (1-jadval).

1-jadval. Identifikatsiyalash texnologiyalarining afzalliklarining taqqoslanishi

[1]. Afzalliklari	[2]. R FID	[3]. Biometrik identifika-tsiya	[4]. S htrix kodlar
[5]. Birnechta obyektlarni bir vaqtda identifikatsiyalash	[6]. +	[7]. –	[8]. –
[9]. O'qish tezligi	[10]. +	[11]. –	[12]. –
[13]. Obyekt bilan to'g'ridan-to'g'ri tasirlashmasdan turib ishlay olish qobiliyati	[14]. +	[15]. –	[16]. +
[17]. Ko'rinmay turgan obyektlarni identifikatsiyalash	[18]. +	[19]. –	[20]. –
[21]. Turli xil ma'lumotlarni saqlash mumkinligi	[22]. +	[23]. –	[24]. –
[25]. Ma'lumotlarni qayta yozish imkoniyatining mavjudligi	[26]. +	[27]. –	[28]. –
[29]. Harakatlanayotgan obyektlarni identifikatsiyalash imkoniyati	[30]. +	[31]. –	[32]. –
[33]. Sirtqi ta'sirlarga bordoshliligi	[34]. +	[35]. +	[36]. –
[37]. Jonivorlarning ichki a'zolariga joylashtirish imkoniyatining mavjudligi	[38]. +	[39]. –	[40]. –
[41]. Qalbakilashtirishdan himoyalanganligi	[42]. +	[43]. +	[44]. –
[45]. Xizmat qilish vaqtining uzoqligi	[46]. +	[47]. +	[48]. +

Umuman olganda RFID texnologiyasi yordamida identifikatsiyalash jarayoni boshqa texnologiyalarga qaraganda ancha samarali ekanligi jadval yordamida ko'rsatilgan. Lekin, shuningdek ushbu texnologiyadan foydalanish uchun qo'yilgan masalani yechishda uning qanchalik samarali ekanligini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

Mazkur identifikatsiyalash texnologiyasidan foydalanish chorvachilik komplekslarida identifikatsiyalash bilan bog'liq bo'lgan birnechta muammolarni hal qilishga yordam beradi. Birinchidan, chorva mollari doimiy harakatta bo'ladi va ularni idenfikatsiyalash jarayonini tezkor amalga oshirish talab etiladi. Bu borada RFID texnologiyasidan foydalanish samarali sababi uning yordamida jarayonni juda tez amalga oshirish mumkin.

Ikkinchidan, axborot tizimida ba'zi jarayonlarni amalga oshirish uchun birnechta jonivorlarni bir vaqtning o'zida identifikatsiyalash talab etiladi. Bu yerda yuqorida keltirilgan boshqa texnologiyalardan foydalanish imkonsiz bo'lib faqatgina RFID texnologiyasidan foyalanish mumkin.

Uchunchidan, jonivorlar sog'lig'ida yuz berayotgan o'zgarishlarni vaqtida aniqlash ularni davolash va oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Buning uchun ularning sog'lig'ini ichki a'zolaridan kuzatish eng samarali yechim bo'ladi va bu vazifani bajarishda ham RFID texnologiyasidan foydalanishimiz kerak bo'ladi.

Bulardan tashqari RFID texnologiyasi tashqi ta'sirlarga chidamliligi va xizmat vaqtining uzoqligi kabi bir nechta imkoniyatlarni taqdim etadi.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak axborot texnologiyalarining rivojlanishi, internetning ommalashishi va IoT konsepsiyasining sohalarga kirib kelishi axborot tizimlariga qo'yiladigan talablarni tubdan o'zgartirdi. Bu o'z o'rnida obyektlarni identifikatsiyalash jarayonini amalga oshirish uchun texnik jihatdan yangicha yondoshuvlarni talab qilmoqda. Buni amalga oshirish uchun bugungi kunda eng samarali texnologiyalardan biri bu RFID texnologiyasi bo'lib u boshqa texnologiyalarga nisbatan bir qancha afzalliklarga ega. Mazkur taqdirot ishida ushbu texnologiyani chorvachilik komplekslarida qo'llashning afzalliklari ko'rib chiqildi tahliliy jihatdan asoslab berildi. Tadqiqot ishi davomida olingan natijalarni chorvachilik komplekslari uchun IoT asosida tashkil etilayotgan axborot tizimlarini qurishda foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Floerkemeier, C. . RFID Technology and the Internet of Things. IEEE Internet of Things Journal, 2014. 1(2), 206-218 pp.
- [2]. Babadjanov E.S., Aldebayev A.V. Aqilli chorvachilik yaratishdagi ilg'or texnologiyalarning o'ri // Theory and Analytical Aspects of Recent Research. International scientific-online conference. Part 1, Issue 5: MAY 31st 2022. 618-627 pp.
- [3]. Бабаджанов Э.С., Самандаров Б.С. Қорамол касаллик белгилари билан сенсорлараро алоқалар // Journal of Advances in Engineering Technology Vol.3(7) 2022.
- [4]. Бабаджанов Э.С. Чорвачилик фаолиятини автоматлаштиришда замонавий сенсор ва RFID технологияларининг таъбиқий таҳлили // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари, №3(21), 2022. Б.105-116

CHORVA FERMALARIDA RATSIONNI ISHLAB CHIQISH ALGORITMI UCHUN KIRUVCHI PARAMETRLARNI SHAKLLANTIRISH MASALASI

¹*Samandarov B.S., ¹Geldibayev B.Y., ¹Toliyev X.I., ²Yesbergenov A.J.*

¹*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti*

²*Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti*

Chorvachilik fermalaridan qoramollarni oziqlantirishni to'g'ri yo'lga qo'yish maxsuldorlik va naslchilik sifatlarini oshirishda katta ahamiyatga ega. O'rnatilgan tartibdagi ratsion bilan me'yorlashtirilgan oziqlantirish qoramollarning maksimal mahsuldorligini va ishlab chiqarish birligiga nisbatan ozuqaning tejankor sarflanishini ta'minlaydi [1,2].

Chorva fermermalarini texnik jihatdan modernizatsiya qilish bilan birgalikda chorva mollarini kuzatish va boqish jarayonlarini [3,4,5,6] kompleks mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish chorvadorlarning mehnatini engillashtirish bilan birga mahsulot ishlab chiqarishni ko'paytirishga imkon beradi.

Qoramollar uchun mavsumiy ratsionni shakllantirishni avtomatlashtirish mavjud ozuqa turi va sifati, qoramollarning ozuqaviy talablari va boshqa ekologik hamda iqtisodiy omillar kabi turli omillarni o'z ichiga olgan dasturiy vositani

ishlab chiqish bugungi kunning dolzarb masalalaridan sanaladi. Dasturiy vosita uchun har bir mavsumga mos optimal ratsionni shakllantirish algoritmlarini ishlab chiqish zarur, bunda ozuqaning o'zgaruvchan mavjudligi va tan narxi, shuningdek, qoramollarning o'zgaruvchan ozuqa ehtiyojlarini hisobga olish zurrati tug'iladi [7]. Dasturiy vositaning chiquvchi ma'lumotlari fermer xo'jaligi uchun batafsil oziqlantirish rejasini tuzish uchun ishlatilishi mumkin, bu esa fermer xo'jaligi xodimlari tomonidan mavjud ozuqani osonlik bilan tayyorlash imkonini beradi. Bu esa o'z o'rnida qoramollarni oziqlantirishning samaradorligini oshirishi va yil davomida qoramollarning muvozanatli va ozuqaviy jihatdan mos ovqatlanishini ta'minlashga yordam beradi.

Chorvachilik fermalari uchun ratsionni shakllantirishni avtomatlashtirish dasturiy vositaga tatbiq qilingan algoritmlar yordamida ham ekologik, ham iqtisodiy omillarni hisobga olib amalga oshiriladi. Shuningdek, qoramollar uchun muvozanatli va barqaror ratsion rejasini ishlab chiqishda mavjud resurslar, ozuqa xarajatlari va ularning atrof muhitga tasirini hisobga oladigan algoritmlarga zarurat tug'iladi. Ushbu yondashuv nafaqat muvozanatli va barqaror ratsion rejasini ishlab chiqadi, balki chiqindilar va ularning atrof-muhitga zararni kamaytirish bilan birga ishlab chiqarishni optimallashtirishga yordam beradi.

Qoramollarni oziqlantirishga qo'yiladigan talablar ularning sog'lig'i va mahsuldorligini saqlash uchun zarur bo'lgan ozuqa miqdori va turini anglatadi. Chorva mollarini oziqlantirish talablarini shakllantirish fermerlar va chorvadorlar uchun hayvonlarning o'sishi, ko'payishi va sut ishlab chiqarishini qo'llab-quvvatlash uchun etarli darajada oziqlanishini ta'minlash uchun juda muhimdir. Qoramollarni oziqlantirish algoritmi uchun zarur bo'ladigan kiruvchi ma'lumotlar uchun qoramollarni oziqlantirishga bo'lgan talablarga ta'sir etuvchi omillar va fermerlar o'z podalari uchun mos ratsionni qanday shakllantirishlari zarurati quyidagilar asosida shakllantiriladi.

Belgilangan meyorlar bo'yicha qoramollarni oziqlantirish algoritmini ishlab chiqishda quyidagi jihatlarga e'tibor qaratish lozim:

Talab	Amalga oshirish mexanizmi
Oziq moddalar balansi	Ratsionda uglevodlar, oqsillar, yog'lar, minerallar va vitaminlarning to'g'ri muvozanatini ta'minlash
Ozuqa sifati	Qoramollarning ehtiyojlarini qondirish uchun tegishli sifat, miqdor va moslikdagi ozuqa tarkibiy qismlaridan foydalanish
Ozuqa xavfsizligi	Ozuqada zararli ifloslantiruvchi moddalar va patogenlar yo'qligiga ishonch hosil qilish. Bunda xududning ekologik parametrlarini xisobga olish lozim. Masalan ochiq xavoda saqlanayotgan ozuqalarga turli chang to'zonlarning zarari.
Ozuqa iste'moli	o'sish, parvarish qilish va ishlab chiqarish uchun etarli miqdorda ozuqa olishni ta'minlash
Ozuqa samaradorligi	ozuqa chiqindilarini minimallashtirish va xarajatlarni kamaytirish uchun ozuqadan foydalanishni optimallashtirish
Ozuqa xarajati	qoramollarning ozuqa moddalariga bo'lgan ehtiyojini qondirish bilan birga ozuqa narxini nazorat qilish
Atrof-muhitning barqarorligi	ozuqa ishlab chiqarish, tashish va chiqindilarning atrof-muhitga ta'sirini ko'rib chiqish
Hayvonlar salomatligi	ozuqalanishning qoramollar salomatligi va o'zini tutishi ta'sirini

	ko'rib chiqish
Normativ muvofiqlik	qoramollar uchun ozuqa bo'yicha barcha tegishli qoidalar va standartlarga rioya qilish

Qoramollarning turi, yoshi va o'sish (ulg'ayish – bu erda uning yoshga mos o'sayotganligi nazarda tutiladi) bosqichi uchun asosiy oziq moddalar talablarini qondirishdan iborat bo'lib, ozuqa moddalariga bo'lgan ehtiyojini aniqlash ularning salomatligi, mahsuldorligi va umumiy farovonligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Qoramollarning oziq moddalarga bo'lgan talablarini aniqlash algoritmi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Qoramollarning yoshi, zoti, jinsi, vazni va semizligini aniqlash;
2. Mollarning jismoniy faollik darajasini va hayotiy tsiklini (masalan, homiladorlik, laktatsiya, o'sish, parvarishlash) aniqlash.
3. Qoramollarning o'rtacha sutkalik quruq modda iste'molini ularning vazni va hayotiy tsikliga qarab aniqlash;
4. Qoramollarning energiya talablarini ularning quruq modda istemoli va kutilayotgan vazn ortishi yoki sut ishlab chiqarish darajasiga qarab aniqlash;
5. Qoramollarning yoshi, jinsi va mahsuldorlik darajasiga qarab oqsilga ehtiyojini aniqlash;
6. Qoramollarning mineral va vitaminlarga bo'lgan ehtiyojini ularning yoshi, jinsi va hayotiy tsikl darajasi, ozuqa tarkibidagi mineral tarkibiga qarab aniqlash.
7. Oziq moddalarning so'rilishi yoki metabolizmiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan don allergiyasi, oshqozon atsidozi yoki metabolik kasalliklar kabi har qanday maxsus ovqatlanish ehtiyojlari yoki cheklovlarini aniqlash.

Xulosa qilib aytganda, ushbu algoritmgaga asosida ishlab chiqilgan dasturiy modul yordamida fermalarda qoramollarning ozuqaviy ehtiyojlarini aniqlash hamda optimal sog'liq va oziqlantirish amaliyoti haqida ongli qarorlar qabul qilishlari mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Z.Babić, T.Perić. Optimization of livestock feed blend by use of goal programming // International Journal of Production Economics. Volume 130, Issue 2, April 2011, Pages 218-223
- [2]. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. National Academic Press, 2001. 405 pages
- [3]. Babadjanov E.S. Aproblems and solutions of organizing smart livestock farms. CAJECS, ISSN: 2181-3213 VOLUME 1, ISSUE 4, 09.2022. P.6-19.
- [4]. Бабаджанов Э.С. PLF (аниқ чорвачилик) технологиялари ва мавжуд тизимлар ҳолати // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари, № 4(22), 2022. Б.68-84
- [5]. Бабаджанов Э.С., Самандаров Б.С. Қорамол касаллик белгилари билан сенсорлараро алоқалар // Journal of Advances in Engineering Technology. Vol.3(7) 2022. P.64-67. DOI 10.244122181-1431-2022-3-64-67
- [6]. Бабаджанов Э.С. Чорвачилик фаолиятини автоматлаштиришда замонавий сенсор ва RFID технологияларининг татбиқий таҳлили // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари, №3(21), 2022. Б.105-116

- [7]. Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef // Nutrition Journal, 9(1), 10, 2010, 12 pages

THE EXTREMAL FUNCTION OF AN OPTIMAL DIFFERENCE FORMULA IN THE HILBERT SPACE $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$

^{1,2} **Shadimetov Kh.M.**, ^{2,3} **Karimov R.S.**

¹*Tashkent State Transport University*

²*V.I.Romanovskiy Institute of Mathematics*

³*Bukhara Institute of Natural Resources Management*

e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru, roziq.s.karimov@gmail.com

In this work, we consider the matter of an approximate solution of a first-order linear ordinary differential equation

$$y' = f(x, y), \quad x \in [0, 1] \quad (1)$$

with initial condition $y(0) = y_0$. Let us assume that $f(x, y)$ is an appropriate function and differential equation (1) with the initial condition has a unique solution on the segment $[0, 1]$.

Everyone knows that there are many methods for solving the initial condition for the ordinary differential equation (1). For example, the ordinary differential equation with the initial condition can be solved using the Euler, Runge-Kutta, Adams-Bashforth and Adams-Moulton formulas of various degrees [1]. Our goal in this work is to find an explicit expression for the extremal function of an optimal difference formula in the Hilbert space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$.

In this regard, consider the following implicit difference formula of the Adams-Moulton type:

$$\sum_{\beta=0}^k C_{\beta} \varphi(h\beta) - h \sum_{\beta=0}^k C_{\beta,1} \varphi'(h\beta) \cong 0, \quad (2)$$

where $h = 1/N$, N is a natural number, C_1 and $C_{\beta,1}$ are coefficients, functions $\varphi(x)$ belong to the Hilbert space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$. The norm of functions in this space is defined as follows

$$\|\varphi\|_{W_2^{(m,m-1)}} = \left\{ \int_0^1 \left(\varphi^{(m)}(x) + \varphi^{(m-1)}(x) \right)^2 dx \right\}^{1/2}.$$

The next difference between the amounts given in formula (2) is called the error

$$\ell(\varphi) = (\ell, \varphi) = \sum_{\beta=0}^k C_{\beta} \varphi(h\beta) - h \sum_{\beta=0}^k C_{\beta,1} \varphi'(h\beta),$$

with error functional

$$\ell(x) = \sum_{\beta=0}^k C_{\beta} \delta(x - h\beta) + h \sum_{\beta=0}^k C_{\beta,1} \delta'(x - h\beta),$$

where $\delta(x)$ Dirac delta function.

It should also be noted that since the error functional ℓ is defined on the space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$, it satisfies the following conditions

$$(\ell, e^{-x}) = 0, \quad (\ell, x^\alpha) = 0, \quad \alpha = \overline{0, m-2}.$$

The function that $\psi_\ell(x)$ satisfies the following equation is called the extremal function [2] of the difference formula (2)

$$(\ell, \psi_\ell) = \|\ell\|_{W_2^{(m,m-1)*}} \|\psi_\ell\|_{W_2^{(m,m-1)}}.$$

Since the space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$ is a Hilbert space, from the Riesz theorem on the general form of a linear continuous functional in a Hilbert space, there exists a function $\psi_\ell(x)$ (which is an extremal function) that satisfies the following equation

$$(\ell, \varphi) = \langle \psi_\ell, \varphi \rangle_{W_2^{(m,m-1)}} \quad (3)$$

and the equality holds $\|\ell\|_{W_2^{(m,m-1)*}} = \|\psi_\ell\|_{W_2^{(m,m-1)}}$, here $\langle \psi_\ell, \varphi \rangle_{W_2^{(m,m-1)}}$ is the inner product in space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$, and is defined as follows [3].

Theorem. The solution of equation (3) has the form

$$\psi_\ell(x) = (-1)^m \ell(x) * G_m + de^{-x} + P_{m-2}(x)$$

and is the extremal function for the difference formula (2), where

$G_m(x) = \frac{\text{sign}(x)}{2} \left(\frac{e^x - e^{-x}}{2} - \sum_{i=1}^{m-1} \frac{x^{2i-1}}{(2i-1)!} \right)$, d is a real number, and $P_{m-2}(x)$ - polynomial of degree $m-2$.

References

- [1]. Burden R.L., Faires D.J., Burden A.M. Numerical analysis. - Boston, MA: Cengage Learning, 2016, 896 p.
- [2]. Babuška I., Sobolev S.L. Optimization of numerical methods. - Appl. Mat., 1965, 10, 9-170.
- [3]. Shadimetov Kh.M., Hayotov A.R. Optimal quadrature formulas in the sense of Sard in $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$ space. Calcolo, Springer, 2014, V.51, pp. 211-243.

THE TECHNOQUE FOR SOLVING ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION WITH MATHEMATICAL MODELLING

Sodikkhujieva Sh.K., Olimjonov A.O.

Fergana Polytechnic Institute

e-mail: shahnoz2019@gmail.com, asrorbekolimjonov316@gmail.com

Ordinary differential equations (ODE's) have certain characteristics. These characteristics often determine the method of solution. We classify ODE's using these characteristics. The general first order ODE is of the form

$$F(x, y, y') = g(x)$$

Differential equations are used as mathematical models of scientific and other phenomena, particularly systems that change with time and space. Applied math problems are driven by a desire to get answers to specific questions in a given application area.

EXAMPLE: If a ball is thrown up with an initial velocity of 30 ft per second, when will it come down? What will its velocity be when it comes down?

To develop a model for the one-dimensional motion of a ball, we make three assumptions. The ball can be modeled as a particle or point mass. The ball is constrained to move in one direction, namely up and down. For this problem, we assume up is positive. The particle has one degree of physical motion. However, as we shall see later, there are two state variables so that the model actually has two degrees of freedom.

Air resistance is negligible and we assume that the only force acting is gravity.

Next, we list the variables and parameters used in our model (we may add to the list as the model is developed) and draw a sketch to help visualize the process.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = x - \text{the acceleration of the particle.}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = x - \text{the velocity of the particle}$$

x – the position of the particle

t – time

m – the mass of the particle

F – the force of the particle in the x direction

g – acceleration due to gravity

F_g – the force of gravity

We set up a coordinate system where the positive direction for x is up with $x = 0$ being at ground level. Since the only force acting on the particle is the force due to gravity then $F = F_g = -mg$.

The minus sign is required since we have selected up as positive x direction and gravity acts in the downward direction (force is a vector quantity even though we are considering only one-dimensional motion). Hence, if the velocity is positive, this means that the particle is moving up. If the velocity is negative, the particle is traveling down. If we had selected down as the positive direction, then the model would be different mathematically by a minus sign. Then solution of the mathematical model would yield different mathematical formulas for the position and velocity of the particle. However, the particle behaves the same for both models. The mathematical descriptions are just different. That is, interpretation of the mathematical results will yield the same physical results, even though different mathematical functions would be used to describe the physical behavior. Here g is the acceleration due to gravity with magnitude, 32 ft/sec² in English units. However, g is easier to write and we leave open the option to use metric units. To develop the mathematical model, we use the physical laws we have cited and the

notation we have developed. Putting $F = ma$ or $a = F$ and $F = F_g = -mg$ together we obtain $m\ddot{x} = -mg$ or $\ddot{x} = -g$.

With more or different forces acting, the Ordinary Differential Equation (ODE, since it involves only derivatives with respect to one independent variable, namely time t) is given by $m\ddot{x} = F(t, x, \dot{x})$ – sum of all forces acting on the particle which can be more complicated and more difficult to solve. In order to uniquely determine the path of the particle and complete the mathematical model, we must also specify the particle's initial position and initial velocity.

$$\text{ODE} \quad \ddot{x} = -g$$

IVP

$$\text{IC's} \quad x(0) = x_0, \dot{x}(0) = v_0$$

The usual strategy for solving an IVP is to first find all solutions of the ODE. There will be an infinite number of solutions involving one or more arbitrary (integration) constants. We then apply the IC's to evaluate these constants.

Solution.

$$x_1 = -\frac{1}{2}gt^2$$

$$x_2 = -\frac{1}{2}gt^2 + t + 3$$

$$x_3 = -\frac{1}{2}gt^2 + c_1t + c_2$$

Here x_3 is a parametric representation of a whole family of solutions since c_1 and c_2 are arbitrary constants.

REFERENCES:

- [1]. C. Lawrence, Evans, "Partial differential equations"-2000.
- [2]. Панов, Егоров, "Математическая физика. Методы решения задач"-2005.
- [3]. E. Trubowits, "Methods of mathematical physics"-2006.

SOLVING ECONOMIC PROBLEM WITH MATHEMATICAL MODELLING

Sodikkhujieva Sh.K., Rasulov A.

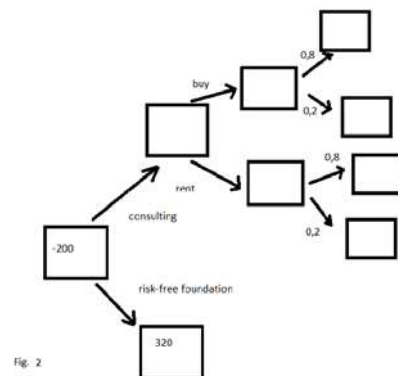
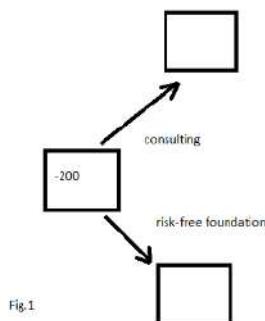
Fergana Polytechnic Institute

e-mail: shahnoz2019@gmail.com, asrorbekolimjonov316@gmail.com

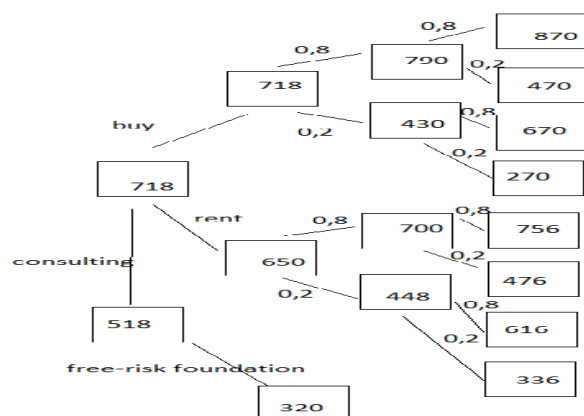
Problem. You're looking at the prospects for a new consulting service. Volume necessary investments at the initial stage \$200 thousand. There is a 60% probability, that demand will be high in the 1st year. If demand is high in the first year, then in subsequent years, the probability of high and low demand will be 80% and 20% respectively. If demand is low in the 1st year, then in subsequent years probabilities high and low demand will be 40% and 60%, respectively. With high demand projected revenues will amount to 500 thousand dollars. per year; with low demand projected revenues equal to 300 thousand dollars. per year. You can stop providing services in any moment. Costs other than those associated with

computer use are projected in amount of 140 thousand dollars. per year, regardless of the level of demand. If you decide not to invest in a consulting service, you can invest them on a practically risk-free basis at 20% per year. If it is decided to organize a consulting service, you will need to decide the issue of computer calculations, which form the basis of activity. One a possible option is to buy a server. The term of moral obsolescence is 5 years. Costs will consist of initial costs of \$150,000 and annual operating costs of 20 thousand. An alternative option is to rent computer resources as necessity. In this case, rental costs will be proportional to demand and will amount to 30% of the revenue, less the agreed permanent expenses of 140 thousand. In all cases, there are no other costs.

- Build a "solution tree" that illustrates these options and spans 3 of the year.
 - Is it worth organizing a consulting service or is risk-free income more profitable? Consider the results of two and three years.
 - Is it better to buy a computer or rent it?
 - Suppose that after 3 years of activity you can sell the service as a separate business for an average of 350 thousand dollars. What is the annual percentage of growth corresponding to the income you received?
 - Clearly state any additional assumptions that you have will need a deal
- We build a decision tree. At the initial stage, we have 200 thousand dollars and 2 alternatives - to invest money in a consulting service or invest on a risk-free basis.



On a risk-free basis, we get an increase of 20% every year. $20\% \cdot 200 = 40$ thousand dollars per year, total for 3 years we have $200 + 40 \cdot 3 = 320$ thousand dollars. If we choose consulting from us again in the alternative - buy or rent a server. Depending on the choice, there will be different costs, but we will take this into account later. Next, we no longer choose, but with a probability of 0.8 or 0.2 in the first year high or low demand. Further, if demand is high in the first year, then in subsequent years the probabilities of high and low demand will be 80% and 20%, respectively. If demand will be low in the 1st year, then in subsequent years the probability of high and low demand will be 40% and 60%, respectively.



Next, we calculate the expected profit for each probabilistic outcome:

Server	Demand in a year	Demand in 2-3 years	Income
Buy	High	High	$500 \cdot 3 - 140 \cdot 3 - 150 - 20 \cdot 3 = 870$
	High	Low	$500 + 300 \cdot 2 - 140 \cdot 3 - 150 - 20 \cdot 3 = 470$
	Low	High	$300 + 500 \cdot 2 - 140 \cdot 3 - 150 - 20 \cdot 3 = 670$
	Low	Low	$300 \cdot 3 - 140 \cdot 3 - 150 - 20 \cdot 3 = 270$
Rent	High	High	$(500 \cdot 3 - 140 \cdot 3) \cdot 0,7 = 756$
	High	Low	$(500 + 300 \cdot 2 - 140 \cdot 3) \cdot 0,7 = 476$
	Low	High	$(500 + 300 \cdot 2 - 140 \cdot 3) \cdot 0,7 = 616$
	Low	Low	$(300 \cdot 3 - 140 \cdot 3) \cdot 0,7 = 336$

We summarize the results into a decision tree. We move up the tree of solutions, multiplying the profits not probabilities and folding. So, we have come to our last choice - to buy or rent a server. We see that the profit on purchase is higher ($718 > 650$), therefore, we choose "buy." Next, we choose what is more profitable - consulting or a risk-free basis: Consulting profit is higher ($718 > 320$), we choose consulting, as a result we get net profit = $718 - 200 = 518$ thousand dollars. If after 3 years we can sell the service for 350 thousand dollars, the percentage of return.

REFERENCES:

- [1]. C. Lawrence, Evans, "Partial differential equations"-2000.
- [2]. Панов, Егоров, "Математическая физика. Методы решения задач"-2005.
- [3]. E. Trubowitsz, "Methods of mathematical physics"-2006.

ORR-ZOMMERFELD TENGLAMASI UCHUN XOS QIYMAT MUAMMOSI

Tilovov M.A.

Termiz davlat universiteti

e-mail: mtilovov21@gmail.com

Yopishqoq qisilmaydigan suyuqlikning harakati Nave-Stoks tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right),$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + u \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} &= 0,\end{aligned}\quad (1)$$

bu yerda u va ϑ -uzunasiga va koʻdalangiga tezlik komponentalari, p -bosim, $Re = \rho UL / \mu$ - Reynolds soni, ρ - zichlik, μ - suyuqlikning yopishqoqligi, U va L - mos ravishda tezlik va uzunlikning xarakterli masshtablari.

Turgʻunlikni tadqiq etish uchun sistema (1) ning yechimini, odatdagidek, asosiy laminar oqim $U(y)$ va kichik qoʻzgʻalishlarning yigʻindisi koʻrinishida ifodalaymiz:

$$\begin{aligned}u(x, y, t) &= U(y) + \tilde{u}(x, y, t), \\ \vartheta(x, y, t) &= \tilde{\vartheta}(x, y, t), \\ p(x, y, t) &= P(x, y) + \tilde{p}(x, y, t).\end{aligned}\quad (2)$$

Sistema (1)ni munosabat (2)ni eʻtiborga olgan holda yozamiz va hosil boʻlgan tenglamalarda qoʻzgʻalishlarga nisbatan birinchi tartibli kichiklikdagi hadlarni saqlagan holda quyidagiga ega boʻlamiz:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} + U \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} + \tilde{\vartheta} \frac{dU}{dy} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} &= \frac{1}{Re} \left(\frac{d^2 U}{dy^2} + \Delta \tilde{u} \right) \\ \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial t} + U \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial y} &= \frac{1}{Re} \Delta \tilde{\vartheta} \\ \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial y} &= 0, \\ \Delta &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\end{aligned}\quad (3)$$

Agarda asosiy oqimning oʻzi Nave-Stoks tenglamasini qanoatlantirishini eʻtiborga olsak, yaʼni:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{1}{Re} \frac{d^2 U}{dy^2}, \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 0$$

U holda sistema (3) ushbu koʻrinishni oladi:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} + U \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} + \tilde{\vartheta} \frac{dU}{dy} &= -\frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} + \frac{1}{Re} \Delta \tilde{u} \\ \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial t} + U \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial x} &= -\frac{\partial \tilde{p}}{\partial y} + \frac{1}{Re} \Delta \tilde{\vartheta} \\ \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{\vartheta}}{\partial y} &= 0.\end{aligned}\quad (4)$$

Qoʻzgʻalishlar harakati uchun tok funksiyasini kiritamiz:

$$\begin{aligned}\psi(x, y, t) &= \phi(y) e^{i(kx - \omega t)} = \phi(y) e^{ik(x - \lambda t)} \\ \omega &= \omega_r + i\omega_i \\ \lambda &= \lambda_r + \lambda c_i\end{aligned}\quad (5)$$

$$\tilde{u} = \frac{\partial \psi}{\partial y} = \phi'(y) e^{i(kx - \omega t)}\quad (6)$$

$$\tilde{\vartheta} = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\phi(y) e^{i(kx - \omega t)} (ik)$$

Tenglama (6) ni tenglama (4) ning birinchi va ikkinchi tenglamasiga qoʻyamiz:

$$\begin{aligned} & \phi e^{i(kx-\omega t)}(-i\omega) + U\phi' e^{i(kx-\omega t)}(ik) + (-ik)\phi e^{i(kx-\omega t)} \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} = \\ & \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] (\phi' e^{i(kx-\omega t)}) \\ & (-ik)\phi e^{i(kx-\omega t)}(-i\omega) + U(-ik)\phi e^{i(kx-\omega t)}(ik) + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial y} = \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \right. \\ & \left. \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] ((-ik)\phi e^{i(kx-\omega t)}) \end{aligned}$$

Qayta tartiblaymiz:

$$\begin{aligned} & (-i\omega)\phi' e^{i(kx-\omega t)} + (ik)U\phi' e^{i(kx-\omega t)} + (ik)U'\phi e^{i(kx-\omega t)} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} = \\ & \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] (\phi' e^{i(kx-\omega t)}) \\ & -\alpha\omega\phi e^{i(kx-\omega t)} + k^2 U\phi e^{i(kx-\omega t)} + \frac{\partial \partial \tilde{p}}{\partial y} = (-ik) \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \right. \\ & \left. \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] (\phi e^{i(kx-\omega t)}) \end{aligned}$$

Tenglamalarning o'ng tomonlarini soddalashtiramiz:

$$\begin{aligned} & (-i\omega)\phi' e^{i(kx-\omega t)} + (ik)U\phi' e^{i(kx-\omega t)} + (ik)U'\phi e^{i(kx-\omega t)} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} = \\ & \frac{1}{Re} [-k^2 \phi' e^{i(kx-\omega t)} + \phi''' e^{i(kx-\omega t)}], \quad (7) \\ & -k\omega\phi e^{i(kx-\omega t)} + k^2 U\phi e^{i(kx-\omega t)} + \frac{\partial \tilde{p}}{\partial y} = -ik \frac{1}{Re} [-k^2 \phi e^{i(kx-\omega t)} + \phi'' e^{i(kx-\omega t)}] \\ & (7*) \end{aligned}$$

Tenglama (7)dan y bo'yicha, tenglama (7*)dan x bo'yicha xususiy hosilalar olamiz:

$$\begin{aligned} & -i\omega\phi'' e^{i(kx-\omega t)} + ikU'\phi' e^{i(kx-\omega t)} + ikU\phi'' e^{i(kx-\omega t)} - ik[U''\phi e^{i(kx-\omega t)} + \\ & U'\phi' e^{i(kx-\omega t)}] + \frac{\partial^2 \tilde{p}}{\partial x \partial y} = \frac{1}{Re} [-k^2 \phi'' e^{i(kx-\omega t)} + \phi'''' e^{i(kx-\omega t)}] \quad (8) \\ & -ik^2\omega\phi e^{i(kx-\omega t)} + ik^3 U\phi e^{i(kx-\omega t)} + \frac{\partial^2 \tilde{p}}{\partial x \partial y} = -ik \frac{1}{Re} [-ik^3 \phi e^{i(kx-\omega t)} + \\ & ik\phi'' e^{i(kx-\omega t)}] \quad (8*) \end{aligned}$$

Tenglama (8) dan tenglama (8*) ni ayiramiz. Natijada $\frac{\partial^2 \tilde{p}}{\partial x \partial y}$ lar ixchamlanadi.

$$\begin{aligned} & [-i\omega\phi'' + ikU'\phi' + ikU\phi'' - ikU'' - ikU'\phi' + ik^2\omega\phi - ik^3 U\phi] e^{i(kx-\omega t)} = \\ & \left[-k^2 \frac{1}{Re} \phi'' + \frac{1}{Re} \phi'''' + k^4 \frac{1}{Re} \phi - k^2 \frac{1}{Re} \phi'' \right] e^{i(kx-\omega t)} \\ & -i\omega\phi'' + ikU'\phi' + ikU\phi'' - ikU''\phi - ikU'\phi' + ik^2\omega\phi - ik^3 U + \frac{1}{Re} [k^2 \phi'' - \\ & \phi'''' - k^4 \phi + k^2 \phi''] = 0 \quad (9) \end{aligned}$$

Tenglama (9) ni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$i(Uk - \omega)\phi'' + i(k^2\omega - kU'' - k^3U)\phi = \frac{1}{Re} [\phi'''' - 2k^2\phi'' + k^4\phi]$$

$$ik(U - \lambda)\phi'' + ik(k\omega - U'' - k^2U)\phi = \frac{1}{Re} [\phi'''' - 2k^2\phi'' + k^4\phi] \quad (10)$$

Tenglama (10) ni ikkita tarafini ik ga bo'lib yuboramiz va quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned}(U - \lambda)\phi'' + (k\omega - k^2U)\phi - U''\phi &= \frac{1}{ikRe} [\phi'''' - 2k^2\phi'' + k^4\phi] \\ (U - \lambda)\phi'' - (U - \lambda)k^2\phi - U''\phi &= \frac{1}{ikRe} [\phi'''' - 2k^2\phi'' + k^4\phi]\end{aligned}\quad (11)$$

$$\begin{aligned}(U - \lambda)(\phi'' - k^2\phi) - U''\phi &= -\frac{i}{kRe} [\phi'''' - 2\alpha^2\phi'' + k^4\phi] \\ U = U(\eta); \quad U'' = \frac{d^2U}{d\eta^2}; \quad D = \frac{d^2}{d\eta^2} - k^2; \quad \bar{D} &= \frac{d^4}{d\eta^2} - 2k^2 \frac{d^2}{d\eta^2} + k^4\end{aligned}\quad (12)$$

Tenglama (12) ga ko'ra, Orr-Zomerfeld tenglamasi uchun xos qiymat muammosiga ega bo'lamiz:

$$\frac{1}{ikRe} \bar{D}^2 \phi - \left((U(\eta) - \lambda)D + \frac{d^2U}{d\eta^2} \right) \phi = 0, \eta_0 < \eta < \eta_l, \quad (13)$$

$$\phi(\eta_0) = \frac{d\phi}{d\eta}(\eta_0) = 0, \quad \phi(\eta_l) = \frac{d\phi}{d\eta}(\eta_l) = 0. \quad (14)$$

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1]. Абуталиев Ф. Б., Нармурадов Ч. Б. Математическое моделирование проблемы гидродинамической устойчивости –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 188 с.
- [2]. Normurodov Ch.B., Mengliyev Sh.A. Siqilmaydigan yopishqoq suyuqlik harakatini matematik modellashtirish - T.:2019, 17 b.

OSHKOR ITERASIYA SXEMASIDA ITERASIYA PARAMETRLARINI TANLASH

Toshboyev A. K.

Termiz Davlat Uuniversiteti

e-mail: abdulakimtoshboyev@gmail.com

Ikki qatlamli iterasiya sxemalarini sonli yechish oshkor iterasiya sxemasidan foydalanish mumkin:

$$\frac{y_{k+1} - y_k}{\tau_{k+1}} + Ay_k = f, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

ixtiyoriy $y_0 \in H$ berilgan.

Bunda asosiy masala iterasiya parametrlari to'plami

$$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$$

ning shunday ketma – ketligini topishdan iboratki, izlanayotgan ayirmali yechimni berilgan $\varepsilon > 0$ aniqlikda topish uchun zarur bo'lgan iterasiyalar soni $n(\varepsilon)$ minimal bo'lsin.

Tenglama (1) dagi A operator o'z – o'ziga qo'shma va uning spektrlarining chegarasi ma'lum, ya'ni eng kichik ($z_1 > 0$) va eng katta (z_2) xos qiymatlari ma'lum deb xisoblanadi:

$$A = A^* > 0, \quad Z_1 E \leq A \leq Z_2 E, \quad Z_1 > 0 \quad (2)$$

Sxema (1) ni quydagi ko'rinishda yozib olamiz

$$\frac{y_{k+1} - y_k}{\tau_{k+1}} = -(Ay_k - f), \quad (3)$$

bunda xatolik $r_k = Ay_k - f$ ni kiritsak xamda tenglama (3) ning xar ikkala tarafiga A operatorni qo'llasak xamda tenglamaning suratiga f funksiyani ham qo'shib, ham ayirsak quyidagi tenglamani xosil qilamiz

$$\frac{(Ay_{k+1} - f) - (Ay_k - f)}{\tau_{k+1}} = -Ar_k$$

yoki

$$\frac{r_{k+1} - r_k}{\tau_{k+1}} + Ar_k = 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad r_0 = Ay_0 - f \in H, \quad (4)$$

Oxirgi tenglamani r_{k+1} ga nisbatan yechib

$$r_{k+1} = S_{k+1}r_k, \quad S_{k+1} = E - \tau_{k+1}A$$

tenglamaga ega bo'lamiz. Bu tenglamadan r_n ni r_0 orqali ifodalaymiz

$$r_n = T_n r_0, \quad T_n = S_1 S_2 \dots S_n.$$

bu yerda T_n – xal qilish operatori bo'lib, u A operatorga nisbatan n – tartibli ko'phaddan iborat bo'ladi:

$$T_n = \mathcal{P}_n(A) = (E - \tau_1 A)(E - \tau_2 A) \dots (E - \tau_n A)$$

bu holda

$$r_n = \mathcal{P}_n(A)r_0$$

o'rinli bo'ladi. Xatolik r_n ni normasi bo'yicha baxolasak

$$\|r_n\| \leq \|\mathcal{P}_n(A)\| \|r_0\| = q_n \|r_0\|$$

bo'ladi.

Endi masala $\|\mathcal{P}_n(A)\|$ normani Z_1 va Z_2 orqali baxolash, xamda parametrlar $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$ ning shunday qiymatlarini topishdan iboratki, quyidagi miqdor

$$q_n = \|\mathcal{P}_n(A)\|$$

minimal qiymat qabul qilsin. Ushbu masalaning yechimi $\mathcal{P}_n(A)$ ko'phadni boshqa bir algebraik ko'phad $\mathcal{P}_n(x)$ bilan almashtirish masalasiga keltiriladiki bunda $\mathcal{P}_n(A)$ ko'phadning minimal bo'lishi talabi $\mathcal{P}_n(x)$ ko'phadning minimaks masalasiga keltiriladi, ya'ni

$$\min_{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n} \max_{Z_1 \leq x \leq Z_2} |\mathcal{P}_n(x)|.$$

Ushbu masalani yechishda Chebishev ko'phadlarining minimakslik xossasidan foydalaniladi, xamda iterasiya parametrlarini aniqlash uchun quyidagi formula xosil qilinadi:

$$\tau_k = \frac{\tau_0}{1 + \rho_0 t_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n(\varepsilon), \quad (5)$$

$$\xi = \frac{Z_1}{Z_2}, \quad \rho_0 = \frac{1 - \xi}{1 + \xi},$$

$$\tau_0 = \frac{2}{Z_1 + Z_2},$$

$$t_k = \cos \frac{2k-1}{1n} \pi, \quad k = 1, 2, \dots, n(\varepsilon)$$

Ushbu iterasiya parametrlari to'plami Chebishev iterasiya parametrlari to'plami deb ataladi. Sonli xisoblashlar ko'rsatadiki iterasiya parametrlari to'plami (5), oddiy iterasiya metodi $\tau_k = \tau = \text{const}$ ga nisbatan juda kam iterasiya talab qiladi.

Amaliy masalalarni to'rlar metodi bilan yechishda Chebishev parametrlari to'plamidan foydalanish samarali natija beradi, iterasiyalarning tejalishiga olib keladi.

Adabiyotlar

- [1]. А.А.Самарский Теория разностных схем.- М.: Наука , 1977.-656 с.
- [2]. Ч.Б.Нормуродов О сравнении итерационных схем для численного решения разностных аналогов повышенной точности задачи Дирихле для уравнения Лапласа // Числен. Методы механики сплошной среды-Новосибирск , 1979.-№6 (10).-С.97-104.

NOCHIZIQLI TO'LQINLAR HARAKATI VA ULARNING TABIATI

Toshboyeva F.

Termiz Davlat Uuniversiteti

e-mail: feruzatoshboyeva35@gmail.com

To'lqinlar dispersiyasi odatiy holda yoki muhitning to'lqin qo'zg'alishlariga ta'sirining vaqt bo'yicha kechikishi (vaqt bo'yicha dispersiya) yoki qaralayotgan nuqtaga qo'shni tugunlar fazosi ta'siri (fazoviy dispersiya) bilan bog'liq. Ammo, ko'pgina hollarda dispersiyani fazoviy va vaqt bo'yicha dispersiyalarga qat'iy ajratib bo'lmaydi. Dispersiyaning paydo bo'lishiga olib keladigan aniq fizik mexanizm, qaralayotgan aniq vaziyatga bog'liq bo'ladi.

Chiziqsiz to'lqinlar nazariyasida dispersiya tushunchasi bilan uzviy bog'liq bo'lgan dissipatsiya so'zi keng qo'llaniladi. Dissipatsiya (lotincha *dissipatio* "tarqalish") – tartiblashgan jarayonlar energiyasining bir qismining (harakatlanayotgan jism kinetik energiyasi, elektr toki energiyasi va boshqalar) tartiblashmagan jarayonlar energiyasiga, oxir-oqibatda issiqlikka aylanishidan iborat. Tartiblashgan harakat energiyasining vaqt o'tishi bilan dissipatsiya evaziga pasayib, energiyaning boshqa turlariga aylanishiga, masalan, issiqlik yoki nurlanishga yo'l beradigan tizimlar, dissipativ tizimlar deyiladi.

Ochiq tizimlarda energiya dissipatsiyasida tizimdan energiyaning chiqib ketishi jarayoni sodir bo'ladi, masalan, nurlanish ko'rinishida, bu o'z navbatida qaralayotgan tizimning entropiyasining kamayishiga olib keladi, bunda tizimning va atrof-muhitning to'liq entropiyasi ortadi.

Dissipatsiyaning asosiy sababi, moddaning kichik strukturaviy birliklarining o'zaro ta'sirlashuvi bo'lib hisoblanadi. Masalan, bunday dissipatsiya jarayonlarining sababi sifatida, qovushqoqlik ishqalanishini, molekulalarning issiqlik harakati evaziga gazlar va suyuqliklardagi issiqlik o'tkazuvchanlik va diffuziyani: moddaning tanlangan kichik hajmi harakatlenganda, molekulalar hajmiy chegara bo'ylab xaotik harakatlanib, boshqa hajmlardagi molekulalar bilan doimiy to'qnashadi, natijada muhitning kichik hajmlari o'rtasida uzluksiz ravishda impuls va modda almashinuvi sodir bo'ladi.

Chiziqsiz to'lqinlar nazariyasining asosiy "vositasi" etalon tenglamalar deb ataladi, ularning har biri biror-bir fizik vaziyatni tavsiflaydi va shu sababli, ko'pgina aniq masalalarda uchraydi. Odatda bunday tenglamalar u yoki bu soddalashtiruvchi farazlarga asoslanuvchi standart taqribiy metodlar yordamida

hosil qilinadi. Asosiy etalon tenglamalar matematik modellashirishning evristik [1] deb ataluvchi yondashuvlari yordamida hosil qilinadi, ularda qat'iy matematik modellardan emas, balki dispersiya, dissipatsiya va chiziqsizlik hususiyati haqidagi umumiy mulohazalardan foydalaniladi.

Chiziqli monoxromatik to'liqinni qaraylik [2: 13-b.]

$$u(x,t) = a \exp[i(\omega t - kx)],$$

bunda $u(x,t)$ – to'liqinli harakatni ifodalovchi biror-bir funksiya. Ma'lumki, x va t o'zgaruvchilar bo'yicha xususiy hosilalar quyidagicha aniqlanadi

$$u_t = i\omega u, \quad u_x = -iku,$$

bunda quyi indekslar mos o'zgaruvchilar bo'yicha xususiy hosilalarni anglatadi. Qaralayotgan tizim

$$P(\omega, k) = 0 \quad (1)$$

dispersion munosabat bilan karakterlanayotgan bo'lsin, bunda P – ω va k larga nisbatan ko'phaddan iborat. Bu holda ω va k larga mos differensial operatorlarni qo'yib (ya'ni, Furryning teskari almashtirishini amalga oshirib)

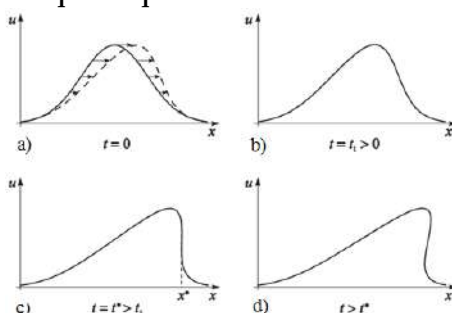
$$\omega \rightarrow -i \frac{\partial}{\partial t}, \quad k = i \frac{\partial}{\partial x}, \quad (2)$$

tenglama (1) ni, $u(x,t)$ ga nisbatan chiziqli differensial tenglamaga aylantirish mumkin

$$P\left(-i \frac{\partial}{\partial t}, i \frac{\partial}{\partial x}\right). \quad (3)$$

Keyingi qadamda fizik mulohazalardan kelib chiqqan holda, chiziqsizlik ko'rinishini aniqlash va tenglama (3) ning unga mos kelgan umumlashgan ko'rinishini yozish lozim.

E'tibor qaratish lozimki, dissipatsiya mavjud bo'lmasa hamda dispersion munosabat (1) haqiqiy bo'lsa, u holda tenglama (3) ham haqiqiy bo'lishi uchun, ko'phad (1) ning barcha hadlaridan ω va k larning darajalari ko'rsatkichlari yig'indisi yoki faqat juft, yoki faqat toq bo'lishi zarur.



1-rasm.

Dissipatsiyasizvadis dispersiyasizchiziqsizmuhitlardaboshlang'ichqo'zg'alishningevol yutsiyasi

Boshlang'ich profilga ega va 1a-rasmda tasvirlangan to'liqinning tarqalishini tadqiq etaylik [2: 16-b.]. Bunda to'liqinning turli qismlari turlicha tezlik bilan harakatlanadi va u to'liqin profili $u(x)$ ning balandligiga proporsional bo'ladi. $u(x) = 0$ bo'lgan nuqtalar umuman harakatsizligicha qoladi. Shunday qilib,

vaqtning biror-bir $t_1 > 0$ momentida, 1b–rasmda tasvirlangan profilga ega boʻlinadi. Koʻrinib turibdiki, toʻlqinning oldingi qismidagi egrilik kuchaydi. Ushbu hodisa toʻlqinning tikklanishi deb ataladi. Vaqt oʻtishi bilan toʻlqin fronti egriligi, yana va yanada tikkalashib boradi, va nihoyat, hosila u_x cheksizlikka aylanadi (1c–rasmga qarang). Bu vaqtning shunday t^* momentida va fazoning shunday x^* nuqtasida sodir boʻladiki, bunda u_x va u_t boʻyicha tenglamalarning maxraji birinchi marta nolga aylanadi. Maʼlumki, bunga ξ ning shunday qiymati mos keladiki, uning uchun $f'(\xi) < 0$ va $|f(\xi)|$ maksimal qiymatga ega boʻladi. Shundan keyin toʻlqin profilining teskari tomonga oʻgirilishi–profilning bir qiymatli boʻlmay qolishi (1d–rasmga qarang), hamda, Koul-Xopf tenglamasining umuman olganda qoʻllanib boʻlmazligi kelib chiqadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1]. Корпел А., Банерджи П.П. Эвристический подход к нелинейным волновым уравнениям // ТИИЭР. 1984. Т. 72, № 9. С. 6–30.
 [2]. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. Учеб. пособие для вузов. —М.: Наука. Физматлит, 2000. —272 с.

MATEMATIK MODELLARNING TIBBIYOT SOHASIDAGI BA'ZI TADBIQLARI

^{1,a} Turayev U., ^{2,b} Abdurashidov N., ^{3,c} Eshtemirov E.

¹ Jizzax politexnika instituti

^{2,3} Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti

e-mail: ^a u.turayev@mail.ru, tutkirbek439@gmail.com;

^b abdurashidovnuriddin9550@gmail.com

^c eshtemireshtemirov577@gmail.com

Tibbiyot texnikumlarlarida matematikaning nazariy bilimlarini amaliy bilimlari bilan tatqiq etish mulohaza mushohada yuritish oʻta muhimdir. Darhaqiqat zamonaviy ilmiy–texnik taraqqiyot yuksak ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish matematika nuqtai nazaridan baholanmas ekan, u haqiqatga aylanmaydi. Matematikaning amaliy qoʻllanilishi, uning koʻrsatmalarini EHMlar orqali amalga oshirish hech kimda shubha uygʻotmaydi. Texnikumlar kurslarida matematikaning amaliyot bilan chambarchas bogʻliqligini uning sifati taʼlimini talabalarga kundalik mashgʻulotlarida tabiiy texnikaviy masalalarini yechish, tahlil etish bilan talabaning kelajakda kasbiy mahoratini yuksaltirishni taʼminlaydi. Fanlar oʻrtasidagi oʻzaro munosabatlarning chuqurlashtirilishi matematika uchun keng maʼnoda yanga-yangi ilmiy izlanish manbalarining hosil boʻlishligiga olib keladi va yaratilgan muammolar avvalo nazariy jihatdan baholanib, soʻngra amaliy jihatdan tasdiqlanishi taqazo etiladi.

Hozirgi vaqtda “Amaliy masala”ga yondashuvning aniq va birgalikdagi umumiy urinishlar mavjud emas. Zamonaviy amaliy matematikada masalalarning matematik modelini yaratish, uni algoritmini yaratish, dasturlashni talab etadi. Tajribadan maʼlumki, oʻrta maktab va texnikum oʻquvchilari matematika amaliy

mashg'ulotlarda o'z faolligini ko'rsatadi va juda katta qiziqishlar bilan misol-masalalarni yechishadi. O'quvchilar o'z qiziqishlari bilan matematik nazariyalarni amaliyot orqali bog'lashga intiladilar. Amaliy masalalar uchun quyidagi talablarni qo'yish kerak:

- amaliy masalalarda matematik va nomatematik muammolar aniq ko'rsatilishi va o'zaro bog'liqliklari ta'minlanishi;

- maqsadga erishish uchun masalalar kurs dasturidan chiqmasligi kerakli komponentlarni oydinlashtirish;

- kiritilayotgan masalalar sodda, tushunarli va real talablar orqali ko'rsatilishi;

- masalalarini yechish usullarini amaliy usul va qoida asosida olib borilishi;

- masalalarning amaliy qismi sof matematik ko'rsatmalar bo'lib qolmasligi;

Tajribadan ma'lumki, amaliy mashg'ulotlar boy matematik-tabiat bog'likligi bilan olib borilishi chuqur taminlanishiga olib keladi. Masalan, kurs talablari uchun "Hosila va uning tatbiqlari" mavzusidagi amaliy mashg'ulotlarda matematika va qurilish fanlari bog'liqligiga erishish mumkin yoki "Yassi figuralar yuzalarini hisoblash" mashg'ulotida matematika va qishloq xo'jaligi, fermer xo'jaliklarida matematikaning rolini ko'rsatish mumkin.

Har bir amaliy mashg'ulotlarda matematik bilimlarni tabiat bilan bog'lash ishlab chiqarishning turli yo'nalishlaridagi muammolar bilan boyitish maqsadlidir. O'qitishning amaliy mashg'ulotlar bosqichning ma'noga ega bo'lgan holda talabaning chuqur ma'naviy-ilmiy dunyoqarashini boyitishga xizmat qiladi. Zamonaviy kompyuter texnologiyasining jalb etilishi o'qitishning amaliy yo'nalashini chuqurlashtiradi.

Masala. Avariya uchragan bolaga og'riq qoldiruvchi tomchi dori quyish kerak. Kasalxonada kattalarga mo'ljallangan 20% li analgin eritmasi bor. Idishda 200 gr 20% li analgin eritmasi bo'lsa, undan analginning 12% li eritmasini hosil qilish uchun qancha toza suv (fizrastvor) qo'shish kerak?

Yechish. Eritmaning umumiy massasi eritmada analgin massasi

$$1 - \text{eritma } 200 \cdot 0,2 = 40$$

$$2 - \text{eritma } 200 + x (200 + x) \cdot 0,12$$

Analgin massasi ikkala eritmada ham o'zgarmaganligi uchun:

$$(200 + x) \cdot 0,12 = 40, \text{ bu yerdan } x = 133.$$

Javob. 133 gr fizrastvor qo'shish kerak.

Adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Xodiev B., Golish L. Mustaqil o'quv faoliyatini tashkil etish uslub va vositalari. Toshkent, 2007.
- [2]. Golish L.V., Fayzullaeva D.M. Pedagogik texnologiyalarni loyihalashtirish va rejalashtirish. O'quv qo'llanma. Toshkent, 2011.
- [3]. Avliyoqulov N. Zamonaviy o'qitish texnologiyalari. Toshkent, 2001.
- [4]. Ziyomammedov B., Tojiev M. Pedagogik texnologiya-zamonaviy o'zbek milliy modeli.-T.: "Lider Press", 2009.-104 bet.
- [5]. Turayev, U. (2022). Талабалар мустақил ишини ташкил этиш самарадорлигини оширишда электрон ишчи дафтардан фойдаланиш. *Science and innovation*, 1(B4), 152-158.

- [6]. Turayev, U. (2022). Олий таълим муассасаларида математикани ўқитиш жараёнида ахборот технологияларини қўллаш усуллари. *Science and innovation*, 1(В4), 330-336.
- [7]. Останов, К., Тураев, У.Я., & Рахимов, Б. Ш. (2019). Изучение понятия «случайная величина» и законы ее распределения. *ББК 72 С127*.
- [8]. Тураев У. Особенности внедрения практической направленности обучения математике в инструментарий «компьютерная математика» //InterConf. – 2020.
- [9]. У.Я.Тураев. Электронная рабочая тетрадь как средство повышения эффективности организации самостоятельной работы студентов научный вестник НамГУ-научный вестник НамГУ, № 2, 2020, С. 409-414.
- [10]. Останов К., Тураев У. Я., Рахимов Б. Ш. Об обучении учащихся основным методам решения квадратных неравенств //European science. – 2020. – №. 1 (50).

HUSUSIY HOSILALI DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI CHEKLI ELEMENTLAR USULI BILAN YECHISH

Turdikulova M.

Termiz Davlat Uuniversiteti, Termiz, O'zbekiston

e-mail: turdikulova88@inbox.ru

Puasson tenglamasi uchun Dirixle masalasini qaraymiz:

$$-\Delta u = f, \quad x \in \Omega, \quad (1)$$

$$u(x) = 0, \quad x \in \Gamma \quad (2)$$

bunda

$$u = u(x) = u(x_1, x_2), \quad \Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2}.$$

Ω soha birlik kvadrat bo'lsin:

$$\Omega = \{x = (x_1, x_2) : x_1, x_2 \in (0,1)\},$$

Γ - Ω soha chegarasi.

Galerkin usuli (1), (2) masalalarni integral ifoda ko'rinishida ifodalashga asoslangan. (1) tenglamani ixtiyoriy uzluksiz, bo'lakli uzluksiz differensiallanuvchi va Γ chegarada nolga teng bo'lgan v funksiyaga ko'paytiramiz va Ω soha bo'yicha integrallaymiz. Bo'laklab integrallash formulasini qo'llab, quyidagiga ega bo'linadi

$$\int_{\Omega} \left(\frac{\partial u}{\partial x_1} \frac{\partial v}{\partial x_1} + \frac{\partial u}{\partial x_2} \frac{\partial v}{\partial x_2} \right) dx = \int_{\Omega} f v dx.$$

Taqribiy yechim quyidagi ko'rinishda izlanadi

$$u_N = \sum_{k=1}^N c_j \varphi_j(x), ,$$

bunda $\varphi_j(x) = \varphi_j(x_1, x_2)$ - (2) chegaraviy shartlarni qanoatlantiradigan berilgan (bazis) funksiyalar va c_j koeffitsientlar quyidagi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini yechish orqali topiladi:

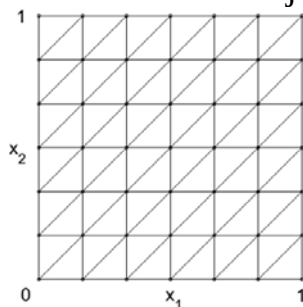
$$\int_{\Omega} \left(\frac{\partial u_N}{\partial x_1} \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_1} + \frac{\partial u_N}{\partial x_2} \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_2} \right) dx = \int_{\Omega} f \varphi_i dx, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Ω sohada kvadrat to`r kiritiladi:

$$\omega = \{x_{kl} = (kh, lh), \quad k, l = 0, 1, \dots, n\}.$$

bunda h to`r qadami, $h = 1/n$.

Har bir to`r katakchasini birinchi koordinata burchagi bissektisasiga parallel tarzda, diagonal bo`yicha ikki uchburchakka ajratiladi.



Rasm. 1. Ω to`rtburchak sohaga uchburchak kiritish.

Ω soha $e_i, i = 1, 2, \dots, 2n^2$ uchburchak elementlariga bo`linadi, ya`ni uchburchakli soha (1-rasm). Masalaning taqribiy yechimini Ω soha uzluksiz, Γ bo`yicha nolga teng va har bir  $e_i$  elementida chiziqli bo`lgan u^h funksiya sifatida izlanadi. u^h funksiyani quyidagi shaklda birqiymatli ifodalash mumkin,

$$u^h(x) = \sum_{k,l=1}^{n-1} u_{kl}^h \varphi_{kl}(x),$$

bunda $u^h(x) = \sum_{k,l=1}^{n-1} u_{kl}^h \varphi_{kl}(x), u_{kl}^h = u^h(x_{kl}), \varphi_{kl}(x)$ funksiya – Ω bo`yicha uzluksiz,  $\Gamma$  bo`yicha nolga teng, har bir element bo`yicha chiziqli va quyidagi shartlarni bajaradi:

$$\varphi_{kl}(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & x_{ij} \neq x_{kl}, \\ 1, & x_{ij} = x_{kl}, \end{cases} \quad i, j = 0, 1, \dots, n.$$

u_{kl}^h qiymatlarni aniqlash uchun tenglama tuziladi. Buning uchun Galerkin usuli sistemasida koeffitsientlar va o`ng tomon hisoblanadi, ya`ni:

$$a_{klk'l'} = \int_{\Omega} \left(\frac{\partial \varphi_{kl}}{\partial x_1} \frac{\partial \varphi_{k'l'}}{\partial x_1} + \frac{\partial \varphi_{kl}}{\partial x_2} \frac{\partial \varphi_{k'l'}}{\partial x_2} \right) dx, \quad b_{kl} = \int_{\Omega} f \varphi_{kl} dx.$$

Aniqki, agar $\Omega_{kl}, \Omega_{k'l'}$ sohalar kesishmasi bo`sh bo`lmasa, $a_{klk'l'}$ nolga teng bo`lmasligi mumkin. Fiksirlangan  $k, l$  uchun oltita  $\Omega_{k'l'}$  sohalar mavjud, ya`ni: $\Omega_{k-1,l}, \Omega_{k-1,l-1}, \Omega_{k,l-1}, \Omega_{k+1,l}, \Omega_{k+1,l+1}, \Omega_{k,l+1}$. $a_{klk'l'}$ koeffitsientlarini hisoblashda φ_{kl} funksiyaning hosilalari qiymatlari kerak.

Demak, quyidagi ifodalar o`rinli:

$$a_{k,l,k-1,l-1} = \int_{e_6 \cup e_1} \left(\frac{\partial \varphi_{kl}}{\partial x_1} \frac{\partial \varphi_{k-1,l-1}}{\partial x_1} + \frac{\partial \varphi_{kl}}{\partial x_2} \frac{\partial \varphi_{k-1,l-1}}{\partial x_2} \right) dx = 0,$$

$$a_{k,l,k+1,l+1} = 0, \quad a_{k,l,k,l-1} = -1, \quad a_{k,l,k-1,l} = -1,$$

$$a_{k,l,k,l+1} = -1, \quad a_{k,l,k+1,l} = -1, \quad a_{k,l,k,l} = 4,$$

Galerkin usuli sistemasining k, l nomerli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi

$$\frac{-u_{k-1,l}^h - u_{k+1,l}^h + 4u_{k,l}^h - u_{k,l-1}^h - u_{k,l+1}^h}{h^2} = b_{k,l}, \quad (3)$$

bunda

$$b_{k,l} = \frac{1}{h^2} \int_{\Omega_{kl}} f(x) \varphi_{kl}(x) dx.$$

Yetarlicha kichik h uchun quyidagi ifoda o`rinli:

$$\int_{\Omega_{kl}} f(x) \varphi_{kl}(x) dx \approx f(x_{kl}) \int_{\Omega_{kl}} \varphi_{kl}(x) dx = f(x_{kl}) h^2.$$

Shunday qilib, (3) tenglama taqriban quyidagi shaklda ifodalanadi

$$\frac{-u_{k-1,l}^h - u_{k+1,l}^h + 4u_{k,l}^h - u_{k,l-1}^h - u_{k,l+1}^h}{h^2} = f(x_{kl}).$$

Xuddi shu tenglama (1) tenglamadagi hosilalarni ajratilgan ayirmalar bilan almashtirish orqali olinadi:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} \approx \frac{u(x_{k-1,l}) - 2u(x_{k,l}) + u(x_{k+1,l}))}{h^2},$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} \approx \frac{u(x_{k,l-1}) - 2u(x_{k,l}) + u(x_{k,l+1}))}{h^2}.$$

(3) tenglamani to`rning ichki nuqtalarida yozish, ya`ni $k, l = 1, 2, \dots, n-1$, va ularga (2) ga mos keladigan chegaraviy shartlarni qo`shish:

$$u_{0,l}^h = 0, \quad u_{n,l}^h = 0, \quad l = 0, 1, \dots, n,$$

$$u_{k,0}^h = 0, \quad u_{k,n}^h = 0, \quad k = 0, 1, \dots, n,$$

orqali to`r tugunlarida taqribiy yechimni topish uchun chiziqli algebraik tenglamalarning to`liq sistemasiga ega bo`linadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Деклу Ж. Метод конечных элементов. — М.: Мир, 1976.
[2]. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. — М.: Мир, 1989.

ODDIY DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI CHEKLI ELEMENTLAR USULI BILAN YECHISH

Turdiyeva Sh.

Termiz Davlat Uuniversiteti, Termiz, O'zbekiston

e-mail: shoiraturdiyeva1@gmail.com

Quyida birinchi turdagi chegaraviy shartlar bilan ikkinchi darajali oddiy differensial tenglama qaraladi:

$$Lu \equiv -\frac{d}{dx} \left(p \frac{du}{dx} \right) + qu = f, \quad 0 < x < 1, \quad (1)$$

$$u(0) = u(1) = 0. \quad (2)$$

$C^k[0,1]$ $[0,1]$ kesmada uzluksiz va k tartibli uzluksiz hosilaga ega bo`lgan funksiyalar to`plami bo`lsin. Kesma chegaralarida nolga teng bo`lgan $C^k[0,1]$

funksiyalar to'plami $C_0^k[0,1]$ bilan belgilansin. $p \in C^1[0,1]$, $q, f \in C[0,1]$ uchun quyidagi munosabatlar o'rinli bo'lsin

$$p(x) \geq c_0 > 0, \quad q(x) \geq 0 \quad \forall x \in [0,1], \quad c_0 = \text{const.} \quad (3)$$

Tenglama (1) ni ixtiyoriy $v \in C_0^1[0,1]$ funksiyaga ko'paytiriladi, olingan tenglikni $[0,1]$ kesmada integrallanadi va u funksiyasining hosilalarini o'z ichiga olgan integral ko'rinishida ifodalash uchun bo'laklab integrallash formulasidan foydalaniladi. Natijada, quyidagiga ega bo'linadi:

$$\int_0^1 (pu'v' + quv)dx = \int_0^1 fvdx \quad \forall v \in C_0^1[0,1]. \quad (4)$$

(4) munosabat odatda (1), (2) chegaraviy masalaga mos keladigan integral ayniyat deb ataladi. Ta'kidlash kerak, (4) integral ifoda qaysidir ma'noda (1), (2) masalaga ekvivalent. Haqiqatan ham, agar u (1), (2) masalaning yechimi bo'lsa, u holda u (4) ifodani qanoatlantiradi. Aksincha, agar $u \in C_0^2[0,1]$ va (4) ifodani qanoatlantiradigan bo'lsa, bo'laklab integrallash formulasini qo'llab, quyidagiga kelinadi:

$$\int_0^1 (Lu - f)vdx = 0 \quad \forall v \in C_0^1[0,1],$$

v ixtiyoriy funksiya bo'lgani uchun, $[0,1]$ kesmada $Lu = f$, ya'ni u funksiya (1), (2) masalalar yechimi bo'ladi.

Bundan ko'rinadiki, (4) ifoda ma'nosiga ko'ra, yuqoridagi formulalarga qaraganda kiruvchi funksiyaga nisbatan ancha zaif taxminlar ostida saqlaydi. Bu (1), (2) masalaning umumlashtirilgan yechimi tushunchasini kiritishda ishlatiladi. (4) ifoda ko'pincha (1), (2) turdagi masalalarni taqribiy hisoblash usullarini qurishda ishlatiladi.

Bazis yoki koordinatali funksiya deb nomlanuvchi quyidagi ko'rinishdagi funksiyalarni kiritaylik: $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n \in C_0^1[0,1]$. (1), (2) masalalarning taqribiy yechimi quyidagi ko'rinishda izlanadi

$$u_n(x) = \sum_{j=1}^n c_j \varphi_j(x), \quad (5)$$

$c_1, c_2, \dots, c_n$ koeffitsientlar chiziqli algebraik tenglamalar sistemasidan topiladi

$$\int_0^1 (pu'_n \varphi'_i + qu_n \varphi_i)dx = \int_0^1 f \varphi_i dx, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

Quyida (1), (2) masalani chekli elementlar usulidan foydalanib yechiladi.

$[0,1]$ kesmada teng bo'lmagan oraliqli to'r kiritamiz

$$\omega = \{0 = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n = 1\}.$$

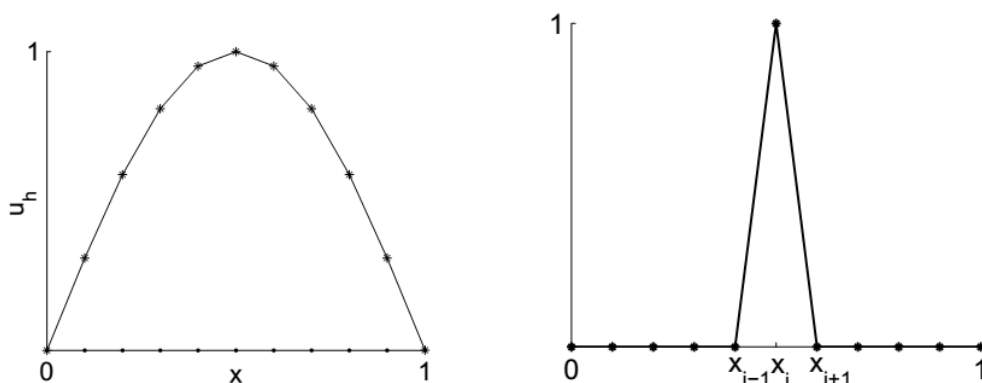
To'r tugunlari $e_i = [x_{i-1}, x_i]$, $i = 1, 2, \dots, N$ chekli elementlar deb nomlanadi. $h_i = x_i - x_{i-1}$, $h = \max_{1 \leq i \leq N} h_i$ qadamni kiritamiz. (1), (2) masalalarning taqribiy yechimini u_h bilan belgilanadi va uni $[0,1]$ oralig'ida uzluksiz, $x=0, x=1$ da nolga teng hamda har bir e_i , $i = 1, 2, \dots, N$ tugunda chiziqli funksiya sifatida qaraladi. U holda

$$u_h(x) = \sum_{i=1}^{N-1} u_h(x_i) \varphi_i(x), \quad x \in [0,1],$$

bunda φ_i - har bir tugunda chiziqli, $[0,1]$ oralig'ida uzluksiz va quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi funksiyalar (1 -rasmga qarang):

$$\varphi_i(x_j) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad i = 0, 1, \dots, N.$$

Nuqtalar to'plami sababli, $\varphi_i(x)$ funksiyalari odatda lokal tarqatuvchi (tashuvchi) bazis funksiyalar deb ataladi, bunda kichik kesmada (ya'ni, e_i va e_{i+1} elementlarning birlashmasi) $\varphi_i(x) \neq 0$ ($\varphi_i(x)$ tashuvchi funksiya). Bu holda (6) sistema $a_{j,i}$ matritsa elementlari noldan farqli, faqat $|i-j| \leq 1$ da $\varphi_i(x)$, $\varphi_j(x)$ tashuvchi funksiyalari kesishganda. Natijada, tizim matritsasi (6) uchburchakli bo'ladi.



Rasm. 1. Bo'lakli chiziqli funksiya (chapda). Bazis funksiya φ_i (o'ngda).

Eng oddiy holatni qaraylik. $p(x)=1$, $q(x)=0$, to'g'ri teng oraliqli, ya'ni $x_i - x_{i-1} = h$, $i = 1, 2, \dots, N$ bo'lsin. U holda,

$$a_{i,i-1} = -1/h, \quad a_{i,i+1} = -1/h, \quad a_{i,i} = 2/h, \quad b_i = \int_{x_{i-1}}^{x_{i+1}} f \varphi_i(x) dx, \quad i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Oxirgi integralni taxminan $f(x) \approx f(x_i)$, $x \in [x_{i-1}, x_{i+1}]$ sifatida hisoblanadi. U holda

$$b_i = f(x_i) \int_{x_{i-1}}^{x_{i+1}} \varphi_i(x) dx = hf(x_i),$$

natijada (6) sistema quyidagi shaklga yoziladi

$$-\frac{u_h(x_{i-1}) - 2u_h(x_i) + u_h(x_{i+1}))}{h^2} = f(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Kesma chegarasida u_h funksiyaning nolga tengligi uchun quyidagi shartlar qo'shiladi:

$$u_h(x_0) = 0, \quad u_h(x_N) = 0,$$

(1), (2) masala uchun eng oddiy ayirmali sxemaga kelinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Деклу Ж. Метод конечных элементов. — М.: Мир, 1976.
- [2]. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. — М.: Мир, 1989.

G'OVAK MUHITLARDA IKKI KOMPONENTALI SUSPENZIYA SIZISHI JARAYONINING MATEMATIK MODELII

Tursunova Sh., Fayziev B.

Samarqand davlat universiteti;

e-mail: shaxnoza_7077@mail.ru, fayzievbm@mail.ru

Birjinslimas suyuqliklarning g'ovak muhitlarda sizishi jarayoni ichimlik suvlarini tayyorlash, oqava suvlarni qayta ishlatish uchun tozalash, yer osti suv qatlamlarida muhitni ifloslantiruvchi turli moddalarning harakati va tarqalishi qonuniyatlarini o'rganish, neft va gaz konlariga suv haydash jarayonida qatlamga turli mexanik zarrachalar va chiqindi moddalarning tushishi va ularning harakatlanish qonuniyatlarini o'rganish kabi jarayonlar tahlilida muhim ahamiyatga ega. Qattiq zarrachalarning filtr g'ovaklarida o'tirib qolishi filtrning filtrlash-hajmiy xossalarini o'zgartiradi, ya'ni g'ovak fazo to'ldirilish darajasi o'zgarishi hisobidan g'ovaklik va o'tkazuvchanlik sezilarli darajada o'zgaradi [1].

Chuqur qatlamlarda sizish nazariyasining boshlanishi yarim asrlar muqaddam bajarilgan Ivasaki [2], Mins [3], Shextmanlarning [4] ishlari bilan bog'liq.

Ko'p komponentali suspenziyalarning eng sodda holi ikki komponentali suspenziyalardir. Ikki komponentali suspenziyalarning g'ovak muhitlarda sizish modeli mos bir komponentali suspenziyalar sizishi modelining umumlashmasi bo'lib, har bir komponenta uchun balans tenglamalari, aktiv va passiv zonalar uchun kinetika tenglamalari va Darsi qonunidan iborat bo'ladi ($i = 1, 2$) [1]

$$m_0 \frac{\partial c^{(i)}}{\partial t} + v \frac{\partial c^{(i)}}{\partial x} + \frac{\partial \rho_a^{(i)}}{\partial t} + \frac{\partial \rho_p^{(i)}}{\partial t} = 0,$$

$$\frac{\partial \rho_a^{(i)}}{\partial t} = \frac{\beta_a^{(i)}}{1 + \gamma^{(i)} |\nabla p|} c^{(i)} - \beta_a^{(i)} \frac{\rho_a^{(i)} (1 + \omega^{(i)} |\nabla p|)}{\rho_{a0}^{(i)}} c_0^{(i)}$$

$$\frac{\partial \rho_p^{(i)}}{\partial t} = \beta_p^{(i)} \phi_i(\rho_p^{(1)}, \rho_p^{(2)}) c^{(i)},$$

$$\phi_1(\rho_p^{(1)}, \rho_p^{(2)}) = \begin{cases} 1, & 0 < \rho_p^{(1)} \leq \rho_{p1}^{(1)}, \\ \rho_{p1}^{(1)} / \rho_p^{(1)}, & \rho_{p1}^{(1)} < \rho_p^{(1)}, \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} < \rho_{p0}, \\ 0, & \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} = \rho_{p0}, \end{cases}$$

$$\phi_2(\rho_p^{(1)}, \rho_p^{(2)}) = \begin{cases} 1, & 0 < \rho_p^{(2)} \leq \rho_{p1}^{(2)}, \\ \rho_{p1}^{(2)} / \rho_p^{(2)}, & \rho_{p1}^{(2)} < \rho_p^{(2)} < \rho_{p0}^{(2)}, \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} < \rho_{p0}, \\ 0, & \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} = \rho_{p0}, \end{cases}$$

$$|\nabla p| = \frac{v \left(1 - m_0 + \left(\rho_a^{(1)} + \rho_a^{(2)} + \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} \right) \right)^2}{k_0 \left(m_0 - \left(\rho_a^{(1)} + \rho_a^{(2)} + \rho_p^{(1)} + \rho_p^{(2)} \right) \right)^3},$$

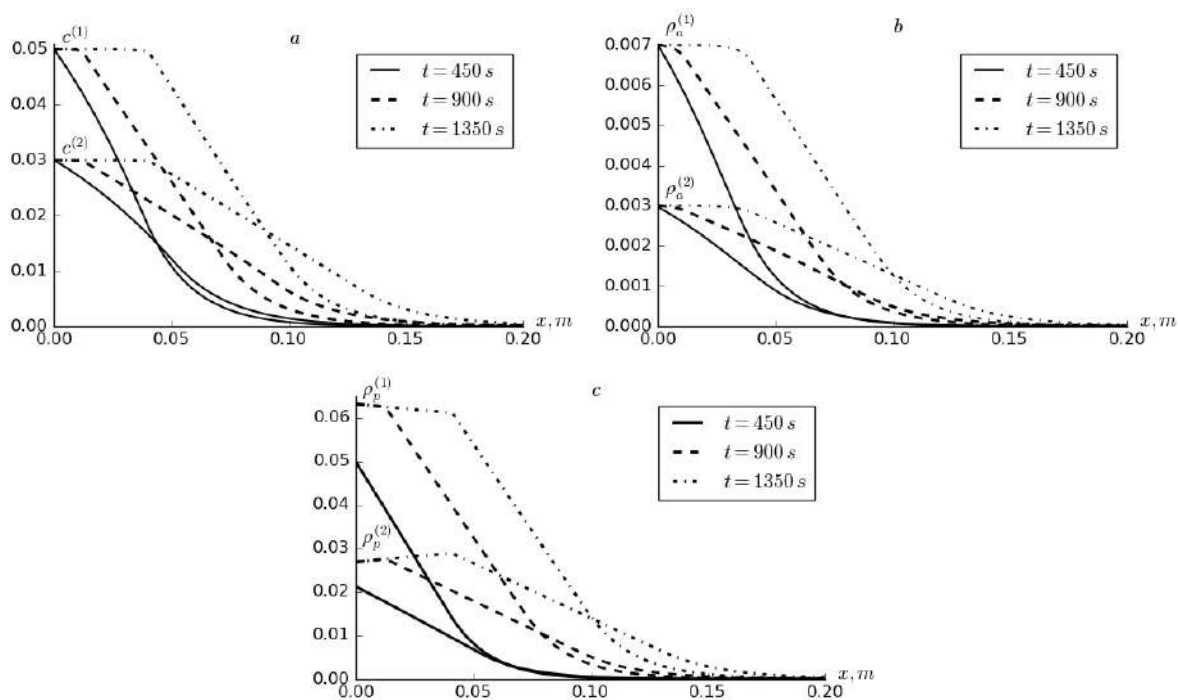
bu yerda m_0 - muhiti g'ovakligi, v - sizish tezligi (m/s), $c^{(i)}$ - suspenziya i -komponentasi konsentratsiyasi (m^3/m^3), $\rho_a^{(i)}, \rho_p^{(i)}$ - mos ravishda suspenziya i -komponentasining aktiv va passiv zonadagi cho'kmasi konsentratsiyasi (m^3/m^3), $i=1,2$ komponentalar raqamlariga mos keladi, $\beta_p^{(i)}, \beta_a^{(i)}$ - passiv va aktiv zonalaridagi kinetika koeffitsiyentlari, $\rho_{a0}^{(i)}, \rho_{p0}^{(i)}$ - mos ravishda suspenziya i -komponentasi uchun aktiv va passiv zonalar sig'imi, $\gamma^{(i)}, \omega^{(i)}$ - o'zgarmas koeffitsiyentlar, $|\nabla p|$ - bosim gradiyenti moduli.

G'ovakligi m_0 bo'lgan va dastlab birjinsli suyuqlik bilan to'ldirilgan yarim cheksiz birjinsli muhitni qaraymiz. Muhitning $x=0$ nuqtasidan $t>0$ vaqtdan boshlab c_0 ($c_0 = c_0^{(1)} + c_0^{(2)}$) konsentratsiyali suspenziya $v(t) = v_0 = \text{const}$ muhitga kiritilsin. U holda boshlang'ich va chegaraviy shartlar quyidagicha bo'ladi:

$$c^{(i)}(x, 0) = 0, \quad \rho_a^{(i)}(x, 0) = \rho_p^{(i)}(x, 0) = 0, \quad c^{(i)}(0, t) = c_0^{(i)} = \text{const}, \quad c^{(i)}(\infty, t) = 0.$$

Masala chekli ayirmalar usuli yordamida yechildi.

Natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, vaqt o'tishi bilan muallaq zarrachalar konsentratsiyasi, aktiv va passiv zonalaridagi cho'kmalar konsentratsiyalari muhitning fiksirlangan nuqtalarida ortib boradi va vaqt o'tgan sayin muhit ichiga ko'proq tarqalib boradi. Ikki komponentali suspenziyalar sizishining o'ziga xosligi shundan iboratki, passiv zonada hosil bo'layotgan 1-komponent cho'kmasi, shu component uchun muhit sig'imidan ortib ketishi mumkin ekan. Bu holat 1-komponent cho'kmasi ikkinchi muhitning 2-komponent cho'kmasi hosil bo'luvchi sig'imi hisobidan ortib ketayotganligi, ya'ni muhitning 2-komponent cho'kmasi hosil bo'luvchi sig'imi nafaqat 2-komponenta bilan, balki birinchi komponenta bilan ham to'ldirilayotganligi bilan tushintirilishi mumkin.



1-rasm. $c^{(i)}$ (a), ρ_a (б), ρ_p (в) lar o'zgarishining profillari.

Adabiyotlar

- [1]. Веницианов Е.В., Рубинштейн Р.Н. Динамика сорбции из жидких сред. – М.: Наука, 1983. – 237 с.
- [2]. Iwasaki T., Some notes on sand filtration, Journal of American Water Works Association 29 (5) (1937) 1591-1602
- [3]. Минц Д.М. Фильтрация молокоцентрированных водных суспензий через зернистые слои. Науч.тр. Акад. коммун. хоз., вып. 2-3, 1951.
- [4]. Шехтман Ю.М. Фильтрация малоконцентрированных суспензий. М.: Изд-во АН СССР, 1961, - 212 с.

INTEGRAL GEOMETRY PROBLEM ON A FAMILY OF PARABOLAS WITH A GIVEN WEIGHT FUNCTION

¹Uteuliev N.U., ^{1,2}Djaykov G.M., ¹Bekbosinov A.D.

¹The Nukus branch of the Tashkent University of Information Technologies

²Tashkent University of Information Technologies

e-mail: gafur_djaykov@mail.ru.

Consider the problem of finding a function $u(x, y)$ from the operator equation

$$\int_{\Gamma(x, y)} g(x, y, \xi, \eta) u(\xi, \eta) d\xi = f(x, y). \quad (1)$$

where $\Gamma(x, y) = \{(\xi, \eta) : y - \eta = (x - \xi)^2, -\infty < \xi < x, 0 \leq \eta \leq y \leq H\}$.

In [1], problems of integral geometry on families of parabolas with a weight function $g(x, y, \xi, \eta) = 1$ are considered. An inversion formula for the problem of integral geometry on families of parabolas is obtained. Based on the idea of

A.N. Tikhonov on the regularization of ill-posed problems, a sequence of approximate solutions of the exact solution of the problem is constructed.

Theorem. Let the function be $f(x, y)$ known in the strip $L_H = \{(x, y) : x \in R^1, 0 \leq y \leq H < \infty\}$, the weight function $g(x, y, \xi, \eta) = \sqrt{y - \eta}$.

Then the solution of equation (2) in the class of twice continuously differentiable finite functions supported in the strip is L_H unique and the representation takes place

$$\hat{u}(\lambda, y) = \frac{1}{i\lambda\pi} \frac{\partial}{\partial y} \int_0^y \frac{ch(\lambda\sqrt{y-\eta})}{\sqrt{y-\eta}} \cdot \frac{\partial \hat{f}(\lambda, \eta)}{\partial \eta} d\eta.$$

Similar problems were considered in [2, 3].

REFERENCES

[1] N. U. Uteuliev, G.M. Djaykov, A. K. Seidullev. Inversion formula for the problem of integral geometry on families of parabolas. AIP Conference Proceedings July 2021. 2365(1):070004. DOI: [10.1063/5.0056852](https://doi.org/10.1063/5.0056852)

[2] A.H. Begmatov, Z.Kh. Ochilov. Problem of integral geometry with a discontinuous weight function. Reports of the Academy of Sciences. 2009, T 429. No.3. Pp. 295-297.

[3] Begmatov A.Kh., Djaykov G.M. On the restoration of a function from spherical means // Reports of the Academy of Sciences of the Higher School of the Russian Federation. 2013. Vol.1. No. 20. S. 6-16.

TAKRORIY EKin EKILADIGAN HUDUDLARDA YER OSTI SUVLARINI FILTRATSIYASI JARAYONLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

¹Xabibullayev I.H. , ²Murodullayev B.T., Haqnazarova D.O.

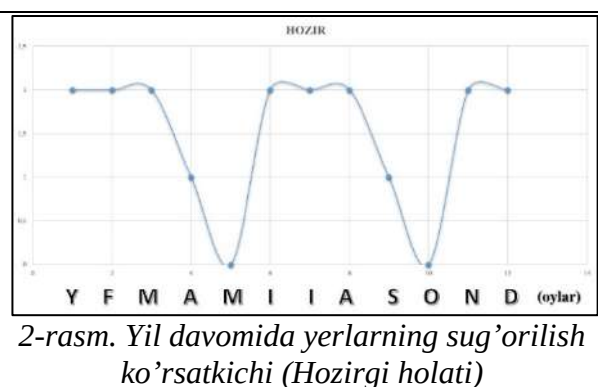
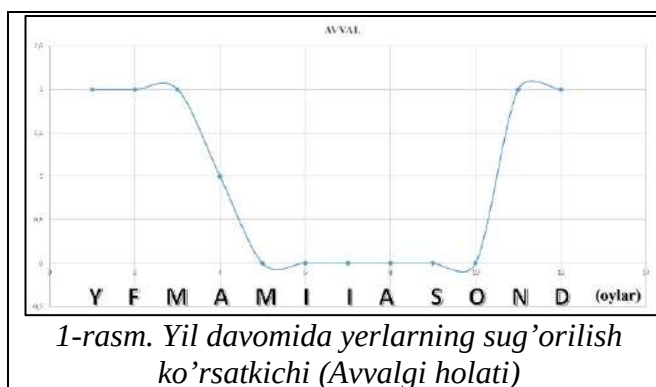
¹Toshkent moliya instituti, Toshkent, O'zbekiston

²Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti
e-mail: bmurodullayev1114@gmail.com

Maqolada takroriy ekin ekiladigan hududlarda yer ustiki suvlari bilan o'zaro aloqada bo'ladigan yer osti suvlarining filtratsiya jarayonini sonli modelini tuzish va uni yechish masalasi ko'rib chiqildi. O'tkazilgan hisoblash tajribalari shuni ko'rsatdiki, yer osti suv darajasiga filtrlash jarayoniga sug'oriladigan suvlar sezilarli ta'sir ko'rsatadigan asosiy omil hisoblanadi.

Hududlar kesimida oladigan bo'lsak, bu borada maydonlar bo'yicha eng yuqori ko'rsatkich Mirishkor (6205 gektar), Koson (4870 gektar), Nishon (4287 gektar), Qarshi (3272 gektar) hamda Kasbi (3184 gektar) tumanlari hissasiga to'g'ri keladi. Shuningdek, Chiroqchi tumanida 2896, Shahrisabz tumanida 2677, Qamashi tumanida 2589, Yakkabog' tumanida 2565, Muborak tumanida 2162, G'uzor tumanida 1910 hamda Kitob tumanida 1468 gektar maydonda takroriy ekinlar ekilishi belgilangan [4].

Yuqoridagi tumanlar ekin maydonida takroriy ekin ekishini e'tiborga oladigan bo'lsak. Bu o'z navbatida juda ko'p miqdordagi suv resurslari talab qiladi. Agar ma'lumotlarni taqqoslaydigan bo'lsak, takroriy ekin ekishdan avvalgi vaqtlarda yer maydonlaridan faqat g'alla va paxta yetishtirilgan. Bu davrda g'alladan oktyabr-iyun oylarida yetishtirilgan. G'alla o'rib olingandan so'ng u yer keying (g'alla yoki paxta) ekin ekish vaqtigacha bo'sh turgan ya'ni sug'orish amalga oshirilmagan (Misol uchun iyun-oktyabr oylarida yerga suv quyilmagan). Prezidentimiz tashabbusi bilan g'alladan bo'shagan yerlarga takroriy ekin ekishni amalga oshirish yo'lga qo'yildi. Bunda yuqorida aytilgan iyun-oktyabr oylarida sug'orilmaydigan joylarga, takroriy ekin ekishda suv sarfi ko'paya va yer osti suv miqdoriga ta'sir ko'rsatadi ya'ni ko'payadi.



1-2-rasmda ko'rinib turibdiki takroriy ekin ekilmagan vaqtda (Avvalgi davr) yer maydonlariga faqat oktyabrdan keying yilning may oylarigacha sug'orish amalga oshirilgan, takroriy ekin ekilgan vaqtda (Hozirgi davr) ko'rishimiz mumkinki noyabrdan keying yilning aprel oylarigacha birinchi va iyun-sentyabr oylarida takroriy ekin uchun sug'orish amalga oshirilganini ko'rishimiz mumkin.

O'rganilayotgan suv qatlamida yer ozti suvi dardjasi ko'rsatkichlarining qiymatlarini pastki gorizonttal suv o'tkazmaydigan qatlamga nisbatan olamiz. Bunday suvli qatlamlarda yer osti suvlari harakatining matematik modeli parabolik turdagi hususiy hosilali chiziqli bo'lmagan differensial tenglama bilan tavsiflanadi va u quyidagi shaklga ega: matematik. model [4,10]:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + J_{in} - W_b - Q_b + Q_k - Q_z + S_s$$

bu yerda μ - suvli qatlamning suv berish koeffitsienti (o'lchovsiz qiymat); x, y - fazoviy koordinatalar, m; t - vaqt, sutka; $h = h(x, y, t)$ - yer osti suvlarining suv o'kazmaydigan qatlamdan yer sirtigacha bo'lgan darajasi qiymati, m; $k = k(x, y)$ - filtrlash koeffitsienti, (m/s). W_b - bug'lanish (m^3/s), Q_k - kanallardan yer ostiga suv shimilishi (m^3/s), Q_z - yer ostidan suv chiqishi (zavurlarga) (m^3/s). Q_b - yer ostidan olinadigan suv miqdori, u quyidagicha ifodalanadi (m^3/s), J_{in} - yer osti suvlarining atmosfera yog'inlari bilan infiltratsion to'yinishi (m^3/s). S_s - sug'oriladigan davrda (T_{sug}) beriladigan suv miqdori (m^3/s). U vaqt va hudud bo'yicha sezilarli darajada farqlanadi. Shuning uchun uni koordinatalar va vaqt funksiyasi sifatida ifodalanadi:

Takroriy ekin ekiladigan hududlarda yer osti suvlarini filtratsiyasi jarayonlarini sonli modellashirish jarayonini xususiy difrensial tenglamalar

asosida sonli modeli tuzildi. Tuzilgan modelni chekli ayirmalar progonka va iteratsiya usullarini qo'llab sonli yechimlari ishlab chiqish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Djumanov J.X, Zayniddinov X.N., Eshmurodov D.E. , Egamberdiev X. Jarayonlarni matematik modellash tirish. Suv kam bo'lgan davrda zahiralarining hosil bo'lishi (Kitob-Shahrisabz suvli qatlami misolida)// "Innovate Technology and Exploring Engineering (IJITEE)" xalqaro jurnali ISSN: 2278-3075. 9-jild, 8-son, 2020 yil iyun. – B. 402-408

[2] Yusupov R . A. , Ishanxodjaev O ., Egamberdiev X. _ , Axralov Sh .C. Yer osti suvlari geofiltratsiya jarayonlarini modellashning dasturiy ta'minotini ishlab chiqish// "TATU xabarlar" Ilmiy-texnika va axborot agentligi jurnali. №3(55), 2020. -B-34-45

[3] Яхшибоев Д . С ., Эгамбердиев Х. С ., Муродиллаев Б. Т ., Хидирова Н. Б. Китоб-Шахисабз ер ости суви кони шаклланиш манбаларини математик моделлаштириш асосийда илмий қилиш // "ТАТУ хабарлари " Илмий - техника ва ахборот журнали . № 3(5 9), 202 1 . -Б- 10 4- 113

[4] Хабибуллаев И.Х. Численное моделирование фильтрации подземных вод орошаемых массивов и пакеты прикладных программ. Т.: Фан, 1991, 155 с.

KO'P BOSQICHLI KINETIKA ASOSIDA G'OVAK MUHITDA ANOMAL MODDA KO'CHIRISH JARAYONINING MATEMATIK MODELI

Xo'jayorov B., Salimova Sh.

Samarqand davlat universiteti

e-mail: b.khuzhayorov@mail.ru, salimovashaxnoza97@gmail.com

Anomal (yoki Fik qonuniga bo'ysunmaydigan) ko'chirish, g'ovak fazosi geometriyasining o'ta murakkabligi ulardagi oqim va ko'chirish jarayonlariga kuchli ta'sir qiladigan g'ovak muhitlarda keng tarqalgan hodisa sifatida tan olingan. Bunday muhitlarning mavjudligi ko'pgina dala va laboratoriya tajribalarida tasdiqlangan [1]. G'ovak muhitlarda anomal modda ko'chirish muammolari texnika va texnologiyaning ko'plab sohalarida katta amaliy ahamiyatga ega.

Bu yerda ishlatilayotgan model [2,3] adabiyotlarda mavjud modellarning takomillashtirilgan varianti

$$m \frac{\partial c}{\partial t} + v \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial^{\alpha_2} \rho}{\partial t^{\alpha_2}} = D \frac{\partial^{\alpha_1} c}{\partial x^{\alpha_1}}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^{\alpha_2} \rho}{\partial t^{\alpha_2}} = \begin{cases} \beta_1 v c, & 0 < \rho \leq \rho_1 \\ \beta_2 v c - \beta_3 \rho, & \rho_1 < \rho < \rho_0 \\ 0, & \rho = \rho_0, \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda c – suspenziya konsentratsiyasi, v – sizish tezligi, m – g'ovaklik, ρ – cho'kma konsentratsiyasi, ρ_0 – filtrning to'liq sig'imi, ρ_1 – ρ ning "yuklanish" tugaydigan qiymati, β_1 – "yuklanish" hodisasi bilan bog'liq koeffitsiyent, β_2 –

muallaq qattiq zarrachalar o'tirib qolishi bilan bog'liq koeffitsiyent, β_3 – o'tirib qolgan muallaq qattiq zarrachalarning qayta suyuqlik oqimiga qo'shilishi bilan bog'liq koeffitsiyent, α_1, α_2 – hosilaning tartiblari.

Quyidagicha masala qaraymiz. L uzunlikdagi g'ovakligi m bo'lgan va vaqtning dastlabki momentida toza (tarkibida muallaq qattiq zarrachalar bo'lmagan) suyuqlik bilan to'yintirilgan muhitga $t > 0$ vaqtdan boshlab c_0 konsentratsiyali suspenziya $v(t) = v = \text{const}$ sizish tezligi bilan kira boshlaydi

Boshlang'ich va chegaraviy shartlar quyidagicha

$$\begin{aligned} c(0, t) &= c_0 = \text{const}, \\ \frac{\partial c}{\partial x} &= 0, \quad x = L, \quad t > 0, \\ c(x, 0) &= 0, \\ \rho(x, 0) &= 0. \end{aligned} \tag{3}$$

(1)-(3) masalani yechish uchun chekli ayirmalar usulini qo'llaymiz. $D = \{0 \leq x < \infty, 0 \leq t \leq T\}$ sohada to'r kiritamiz, bu yerda T – jarayon o'rganiladigan vaqtning eng katta qiymati. Buning uchun, $[0, L]$ intervalni h qadam bilan N bo'lakka bo'lamiz, $[0, T]$ kesmani τ qadam bilan bo'lamiz. Natijada quyidagi to'rga ega bo'lamiz

$$\omega_{ht} = \{(x_i, t_j), x_i = ih, i = 0, 1, \dots, N, h = L/N, t_j = j\tau, j = 0, 1, \dots, J, \tau = T/J\}.$$

$c(t, x)$, $\rho(t, x)$ funksiyalar o'rniga (x_i, t_j) tugunlarda c_i^j , ρ_i^j qiymatlarni qabul qiluvchi to'r funksiyalarini qaraymiz.

(1)-(2) sistemani ω_{ht} to'rdan approssimatsiya qilamiz. Tenglamadagi kasr hosila integral shaklga o'zgartiriladi. Integral shaklni esa quyidagicha yozish va diskretlashtirish mumkin

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial^{\alpha_2} \rho(x, t)}{\partial t^{\alpha_2}} \right|_{(x_i, t_j)} &= \frac{1}{\Gamma(1 - \alpha_2)} \left(\sum_{k=0}^{j-2} \frac{\rho_i^{k+1} - \rho_i^k}{\tau} \cdot \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{1 - \alpha_2} \left((j-k)^{1-\alpha_2} - (j-k-1)^{1-\alpha_2} \right) \right) + \\ &+ \frac{1}{\Gamma(1 - \alpha_2)} \left(\frac{\rho_i^j - \rho_i^{j-1}}{\tau} \cdot \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{1 - \alpha_2} \right) = \\ &= \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{1 - \alpha_2} \cdot \frac{1}{\Gamma(1 - \alpha_2)} \left[\sum_{k=0}^{j-2} \frac{\rho_i^{k+1} - \rho_i^k}{\tau} \cdot \left((j-k)^{1-\alpha_2} - (j-k-1)^{1-\alpha_2} \right) + \frac{\rho_i^j - \rho_i^{j-1}}{\tau} \right] = \\ &= \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{\Gamma(2 - \alpha_2)} \left[\sum_{k=0}^{j-2} \frac{\rho_i^{k+1} - \rho_i^k}{\tau} \cdot \left((j-k)^{1-\alpha_2} - (j-k-1)^{1-\alpha_2} \right) + \frac{\rho_i^j - \rho_i^{j-1}}{\tau} \right]. \\ \frac{\partial^{\alpha_1} c}{\partial x^{\alpha_1}} &= \frac{1}{\Gamma(3 - \alpha_1) \cdot h^{\alpha_1}} \cdot \left(\sum_{k=0}^{i-1} \left((c)_{i-(k+1)}^j - 2(c)_{i-k}^j + (c)_{i-(k-1)}^j \right) \right) \cdot \left((k+1)^{2-\alpha_1} - (k)^{2-\alpha_1} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& m \frac{c_i^{j+1} - c_i^j}{\tau} + v \frac{c_i^{j+1} - c_{i-1}^{j+1}}{h} + \\
& + \gamma \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{\Gamma(2-\alpha_2)} \left[\sum_{k=0}^{j-2} \frac{\rho_i^{k+1} - \rho_i^k}{\tau} \cdot ((j-k)^{1-\alpha_2} - (j-k-1)^{1-\alpha_2}) + \frac{\rho_i^j - \rho_i^{j-1}}{\tau} \right] = , \\
& = \frac{1}{\Gamma(3-\alpha_1) \cdot h^{\alpha_1}} \cdot \left(\sum_{k=0}^{i-1} ((c)_{i-(k+1)}^j - 2(c)_{i-k}^j + (c)_{i-(k-1)}^j) \right) \cdot ((k+1)^{2-\alpha_1} - (k)^{2-\alpha_1}) \\
& \quad \gamma \frac{\tau^{1-\alpha_2}}{\Gamma(2-\alpha_2)} \left[\sum_{k=0}^{j-2} \frac{\rho_i^{k+1} - \rho_i^k}{\tau} \cdot ((j-k)^{1-\alpha_2} - (j-k-1)^{1-\alpha_2}) + \frac{\rho_i^j - \rho_i^{j-1}}{\tau} \right] = \\
& = \begin{cases} \beta_1 v c_i^j, & 0 < \rho_i^j \leq \rho_{,1} \\ \beta_2 v_0 c_i^j - \beta_3 \rho_i^j, & \rho_1 < \rho_i^j < \rho_0 \\ 0, & \rho_i^j = \rho_0 \end{cases}
\end{aligned}$$

(3) boshlang'ich va chegaraviy shartlar ham to'r ko'rinishida ifodalanadi

$$c_i^j = 0, \rho_i^j = 0, i = \overline{0, I}, j = 0,$$

$$c_i^j = c_0, i = 0, j = \overline{0, J},$$

$$c_{i+1}^j - c_i^j = 0, i = I, j = \overline{0, J}.$$

Ushbu approksimatsiyalardan foydalangan holda masalani yechish uchun Pythonda dasturiy vosita yaratildi va parametrlarning turli qiymatlari uchun natijalar olindi. Olingan natijalar tahlil qilinib, anomallikning ko'chirish xarakteristikalariga ta'siri baholandi.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1]. Yang X.R., Wang Y. Ubiquity of anomalous transport in porous media: Numerical evidence, continuous time random walk modelling, and hydrodynamic interpretation. Sci Rep 9, 4601 (2019).
- [2]. Gitis, V.; Rubinstein, I.; Livshits, M.; Ziskind, G. Deep-bed filtration model with multistage deposition kinetics. Chem. Eng. J. 2010, 163, 78–85.
- [3]. Khuzhayorov B, Usmonov A, Nik Long NMA, Fayziev B. Anomalous Solute Transport in a Cylindrical Two-Zone Medium with Fractal Structure. Applied Sciences. 2020; 10(15):5349.

UCH QATLAMLI PLASTINKA KO'NDALANG TEBRANISHLARI MASALASINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Xudayberdiyev Z.B., Suyunova Z.B., Egamqulov A.B.

Samarqand davlat universiteti;

e-mail: xudoyberdiyevz@mail.ru

Texnikaning turli sohalarida va qurilishda, ko'p qatlamli xususan, uch qatlamli plastinkalar keng qo'llaniladi. Bunda juda ko'p hollarda plastinkalarning dinamik hisobi Kirxgoff gipotezalariga asoslangan klassik nazariyaga tayanilgan holda olib boriladi [3]. Ba'zi hollarda dinamik hisoblar ko'ndalang siljish deformatsiyasi va aylanish inersiyasini hisobga oluvchi aniqlashtirilgan S.P.Timoshenko tipidagi tenglamalarga asoslanadi [4].

Keyingi bir necha o'n yilliklarda G.I.Petrashenning aniq yechimlar usuliga asoslangan plastinkalar nazariyalari ishlab chiqilgan. Xususan ushbu usul bilan professor I.G.Filippov [6] va uning o'quvchilari tomonidan simmetrik strukturaga ega bo'lgan uch qatlamli plastinkalar tebranish nazariyalari yaratilgan.

Ushbu maqolada ikki cheti sharnirli mahkamlangan uch qatlamli plastinkaning ko'ndalang tebranish tenglamalarini yuqorida eslatilgan Petrashen-Filippov usuli bilan, ammo masala tekis masala deb qaralgan hol uchun keltirib chiqarilgan. Tebranish tenglamalari bilan bir qatorda plastinka ixtiyoriy kesimidagi kuchlanganlik deformatsiyalanganlik holatini koordinata va vatq bo'yicha bir qiymatli aniqlashga imkon beruvchi algoritm ishlab chiqilgan.

Dekart koordinatalar sistemasida uch qatlamli plastinkani qaraymiz. Plastinka qatlari har xil materialdan va ular orasidagi kontakt biki deb hisoblanadi. Plastinka tekis deformatsiya holatida deb uni Oxz to'g'ri burchakli koordinatalarida qaraymiz. Bunda Ox o'qini ko'ndalang kesimning qatlamlar kontakt chizig'i bo'ylab yo'naltiramiz, Oz - o'qini esa unga tik ravishda yuqoriga yo'naltiramiz. Plastinka qatlamlarini mos ravishda o'rta qatlamni h_0 , yuqori qatlamni h_1 va pastki qatlamni h_2 deb belgilaymiz. Plastinka qatlamlari materiallari uchun Lame koeffitsiyentlari λ_m va μ_m hamda zichliklari ρ_m bo'lsinlar.

Plastinka qatlamlari nuqtalaridagi kuchlanishlar va kodeformatsiyalar orasidagi bog'lanishlarni Guk qonuni ko'rinishida olamiz:

$$\begin{aligned}\sigma_{ii}^{(m)} &= \lambda_m(\varepsilon^{(m)}) + 2\mu_m(\varepsilon_{ii}^{(m)}) \\ \tau_{ij}^{(m)} &= \mu_m(\varepsilon_{ij}^{(m)})\end{aligned}\quad (1)$$

Harakat tenglamalarini quyidagicha kiritamiz, ya'ni

$$\sigma_{ij,j}^{(m)} = \rho_m \frac{\partial^2 U_i^{(m)}}{\partial t^2}; \quad (i, j = 1, 2, 3; m = 0, 1, 2), \quad (2)$$

bu yerda m - qatlamlar raqamlari ko'rsatkichi;

Ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar potentsiallari $\vec{\psi}_m$ va φ_m larni tekis deformatsiya holida qatlamlar nuqtalarining ko'chish vektorlari $\vec{U}^{(m)}$ orqali quyidagicha kiritamiz [7]:

$$\vec{U}^{(m)} = \text{grad } \varphi_m + \text{rot } \vec{\psi}_m, \quad (3)$$

Ushbu (3) ifodalarni (2) harakat tenglamalariga qo'yib

$$(\lambda_m + \mu_m)(\Delta \varphi_m) = \rho_m \frac{\partial^2 \varphi_m}{\partial t^2}; \quad \mu_m(\vec{\psi}_m) = \rho_m \frac{\partial^2 \vec{\psi}_m}{\partial t^2}; \quad (m = 0, 1, 2) \quad (4)$$

to'lqin tenglamalariga kelimiz.

bu yerda $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ - ikki o'lchovli Laplas differensial operatori.

Vaqtning $t < 0$ bo'lgan qiymatlarida plastinka tinch holatda, $t = 0$ paytda esa qalinlik bo'yicha koordinataning $z = \pm h_i^*$; $h_i^* = h_0 + h_i$, ($i = 1, 2$) qiymatlarida, yoki uning chegaraviy tekisliklariga dinamik kuchlar ta'sir etadi deb faraz qilinadi. Boshqacha aytganda chegaraviy shartlar quyidagi ko'rinishda berilgan deb hisoblanadi:

$$z = \pm h_i^*; \quad h_i^* = h_0 + h_i, \quad (i = 1, 2) \text{ bo'lganda}$$

$$\tau_{xz}^{(i)}(x, y, t) \Big|_{z=\pm h_i^*} = \pm F_{xz}^{(i)}(x, t); \sigma_{zz}^{(i)}(x, y, t) \Big|_{z=\pm h_i^*} = \pm F_z^{(i)}(x, t); \quad (5)$$

Plastinka $t < 0$ bo'lganda tinch (muvozanat) holatida bo'lgan deb qabul qilingan mulohazaga ko'ra barcha qatlamlar tinch holatda joylashgan deb hisoblaymiz, bu esa $t = 0$ da nol boshlang'ich shartlarga teng kuchli

$$\varphi_m = \psi_{km} = \frac{\partial \varphi_m}{\partial t} = \frac{\partial \psi_{km}}{\partial t} = 0, (m = 0, 1, 2). \quad (6)$$

Chegaraviy (5) shartlardan tashqari, to'ldiruvchi qatlamning yuk tashuvchi qatlamlar bilan quyi va yuqori kontakt tekisliklarida quyidagi dinamik va kinematik kontakt shartlar o'rinli [6]:

a) yuqori qatlam va o'rta qatlam o'rtasidagi kontakt tekislikda, $z = h_0$ bo'lganda:

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}^{(0)} &= \sigma_{zz}^{(1)}; \tau_{xz}^{(0)} = \tau_{xz}^{(1)}; \tau_{xz}^{(0)} = \tau_{xz}^{(1)}; \\ U_0 &= U_1; \quad V_0 = V_1; \quad W_0 = W_1. \end{aligned} \quad (7)$$

b) quyi qatlam va to'ldiruvchi o'rtasidagi kontakt tekislikda, $z = -h_0$ bo'lganda:

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}^{(0)} &= \sigma_{zz}^{(2)}; \tau_{xz}^{(0)} = \tau_{xz}^{(2)}; \tau_{xz}^{(0)} = \tau_{xz}^{(2)}; \\ U_0 &= U_2; \quad V_0 = V_2; \quad W_0 = W_2. \end{aligned} \quad (8)$$

Shunday qilib ikki cheti sharnirli mahkamlangan uch qatlamli plastinkaning ko'ndalang tebranishlari haqidagi masalani yechish (4) tenglamalar sistemasini (5) chegaraviy, (6) boshlang'ich va (7), (8) kontakt shartlarda integrallashga keltiriladi.

Masalani yechib ikki cheti sharnirli mahkamlangan uch qatlamli plastinkaning ko'ndalang tebranishlari tenglamalari olinadi. Olingan tenglamalardan foydalanib uch qatlamli plastinkanin qatlamlari nuqtalarining KDH o'rganiladi.

Adabiyotlar

- [1] Лопатин А. В., Удадьцов Р. А. Симметричные колебания трехслойной пластины // Вестник СибГАУ. 2010. Вып. 2(36). С. 53-61.
- [2] Алтухов Е. В., Фоменко М. В. Упругие колебания трехслойных пластин симметричного строения // Прикладни проблеми механіки і математики. - 2009. Вып. 6. С. 139-145.
- [3] Александров А.Я., Куршин Л.М. Трехслойные пластинки и оболочки//Прочность, устойчивость, колебания. – М.: Машиностроение, 1968, т.2.- С.245-308.
- [4] Филиппов И.Г., Чебан В.Г. Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней.-Кишинев: «Штиинца», 1988.- 188 с.

BIR JINSLI BO‘LMAGAN G‘OVAKLI MUHITLARDA SEYSMIK TO‘LQINLARNI O‘ZGARUVCHILARNI AJRATISHGA ASOSLANGAN AYIRMALI SXEMA YORDAMIDA SONLI MODELLASHTIRISH

Xudoyberganov M.O‘., Rasulov B.B., Bozorova O.R.

O‘zbekiston Milliy universiteti

e-mail: mirzoali@mail.ru, behzodrasulov432@gmail.com, orzularguli@gmail.com

Suyuqlik bilan to‘yingan bir jinsli bo‘lmagan muhitlarda seysmik to‘lqinlar harakatini o‘rganish haqidagi masalaning sonli yechimini topish uchun ayirmali sxema va uni yechish uchun tuzilgan dastur yordamida o‘tkazilgan hisoblash eksperimenti natijalarining tavsifi ushbu ishning asosiy maqsadi qilib belgilangan. Odatda bunday jarayonlarni sonli modellashtirish uchun Frenkel-Bio modeli qo‘llaniladi [1,2].

Chiziqli bo‘lmagan holatlarda bir jinsli bo‘lmagan muhitlar uchun matematik model 1981 yilda V.N.Dorovskiyy yaratgan, u ham uch turdagi tovush tebranishlariga ega: ikki xil bo‘ylama va ko‘ndalang.

Masalaning qo‘yilishi: Faraz qilamiz ikki qatlam har birini xarakterlovchi turli parametrlarga ega g‘ovakli muhit va to‘yingan suyuqlik bilan to‘ldirilgan $x_2 > 0$ yarimtekislikda bo‘lsin. U holda berilgan muhitda seysmik to‘lqinlarning tarqalishi quyidagi munosabatlar yordamida ifodalanadi[3] :

Qattiq karkas uchun impulsning saqlanish qonuni :

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{1}{\rho_{0,s}} \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_i} = F_i \quad (1)$$

Suyuqlik uchun impulsning saqlanish qonuni:

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_i} = F_i \quad (2)$$

Qattiq karkas uchun Guk qonuni:

$$\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial t} + \mu \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \right) + \left(\frac{\rho_{0,l}}{\rho_0} K - \frac{2}{3} \mu \right) \delta_{ik} \text{div} \vec{u} - \frac{\rho_{0,s}}{\rho_0} K \delta_{ik} \text{div} \vec{v} = 0 \quad (3)$$

Suyuqlik uchun Guk qonuni:

$$\frac{\partial p}{\partial t} - (K - \alpha \rho_0 \rho_{0,s}) \text{div} \vec{u} + \alpha \rho_0 \rho_{0,l} \text{div} \vec{v} = 0 \quad (4)$$

Boshlang‘ich shartlar:

$$u_i|_{t=0} = v_i|_{t=0} = \sigma_{ik}|_{t=0} = p|_{t=0} = 0, \quad (5)$$

Chegaraviy shartlari:

$$\sigma_{22} + p|_{x_2=0} = \sigma_{12}|_{x_2=0} = \frac{\rho_{0,l}}{\rho_0} p \Big|_{x_2=0} = 0 \quad (6)$$

Bu yerda $\vec{v} = (v_1, v_2)$ va $\vec{u} = (u_1, u_2)$ g‘ovakli muhit tezlik vektori, $\rho_{0,s}$ –parsial zichlik, suyuqlik zichligi $\rho_{0,l}$, $\rho_0 = \rho_{0,s} + \rho_{0,l}$, $\rho_{0,s} = \rho_{0,s}^f (1 - d_0)$, $\rho_{0,l} = \rho_{0,l}^f d_0$, $\rho_{0,s}^f$ va $\rho_{0,l}^f$ mos ravishda elastik g‘ovak jism va suyuqlikning zichligi, p - bosimi, σ_{ik} - kuchlanish tenzori komponentasi, $\delta_{i,k}$ - Kroneker belgisi, d_0 - g‘ovaklik. $K = \lambda + \frac{2}{3} \mu$, $\lambda > 0$, $\mu > 0$ –Lame koeffitsienti, $\alpha = \rho_0 \alpha_3 + \frac{K}{\rho_0^2}$, $\rho_0^3 \alpha_3 > 0$ - muhitining siqilish moduli komponentlari.

2. Hisoblash eksperimenti.

Ikki o'lchovli holatda i va k o'zgaruvchilar $i=1,2$ va $k=1,2$ bo'ladi. Natijada (1)-(4) tenglamalar sistemasi 8 ta $u_1, u_2, v_1, v_2, \sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{22}, p$ noma'lumdan iborat bo'lgan giperbolik tenglamalar sistemasiga keladi.

Misol tariqasida giperbolik sistemalar uchun quyidagi parametr qiymatlari olindi: $\alpha = 0, \beta = 0, a = 0, d = 0$ va boshlang'ich shartlar:

$$\varphi_1(x, y) = 0, \varphi_2(x, y) = 0, \varphi_3(x, y) = 0, \varphi_4(x, y) = 0, \varphi_5(x, y) = 0, \varphi_6(x, y) = 0, \varphi_7(x, y) = 0, \varphi_8(x, y) = 0, \rho_{0,l}^f = 1000,$$

$$c_s = 1400, c_{p_1} = 2100, c_{p_2} = 500, \rho_{0,s}^f = 1500, \rho_{0,s} = \rho_{0,s}^f(1 - d_0), \rho_{0,l} = \rho_{0,l}^f d_0,$$

$$\rho_0 = \rho_{0,s} + \rho_{0,l}, \rho_{0,l} = 200, \rho_{0,s} = 1200,$$

$$\mu = \rho_{0,s} c_s^2, \rho_{0,l} = 200, c = \rho_{0,s} \frac{K}{\rho_0} - \frac{2}{3} \cdot \mu, d = \rho_{0,s} \frac{K}{\rho_0}, a = \frac{1}{\rho_{0,s}}, b = \frac{1}{\rho_0},$$

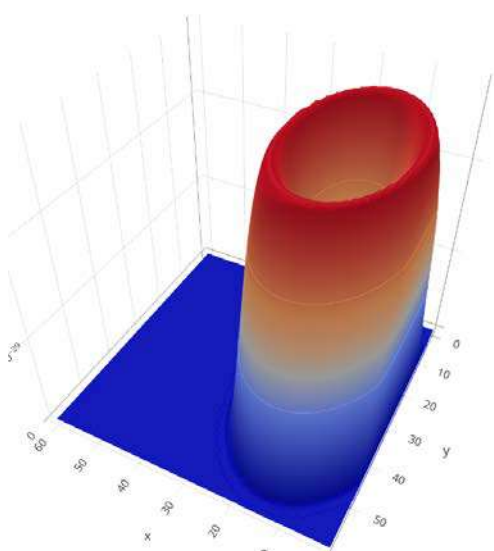
$$K = \frac{\rho_0 \rho_{0,s}}{2 \rho_{0,l}} \left(c_{p_1}^2 + c_{p_2}^2 - \frac{8 \rho_{0,l}}{3 \rho_0} c_s^2 - \sqrt{(c_{p_1}^2 - c_{p_2}^2)^2 - \frac{64 \rho_{0,l} \rho_{0,s}}{\rho_0^2} c_s^4} \right),$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{2 \rho_0^2} \left(c_{p_1}^2 + c_{p_2}^2 - \frac{8 \rho_{0,s}}{3 \rho_0} c_s^2 + \sqrt{(c_{p_1}^2 - c_{p_2}^2)^2 - \frac{64 \rho_{0,l} \rho_{0,s}}{\rho_0^2} c_s^4} \right),$$

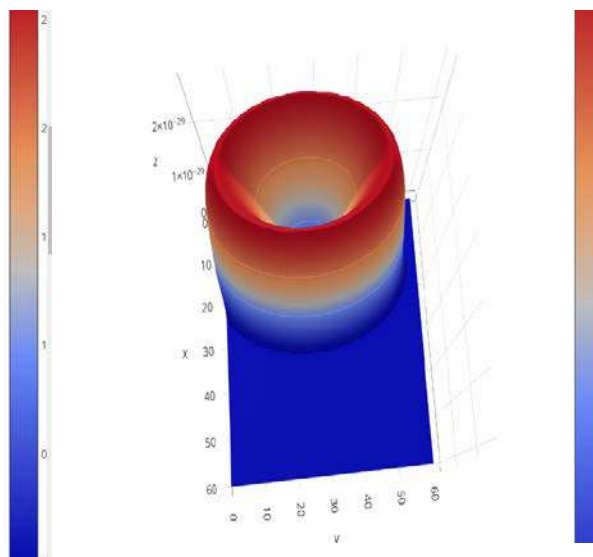
$$\alpha = \rho_0 \alpha_3 + \frac{K}{\rho_0^2}, e = K - \alpha \rho_0 \rho_{0,s}, \gamma = 4, f_0 = 1, \alpha = \rho_0 \alpha_3 + \frac{K}{\rho_0^2},$$

$$f = \alpha \rho_0 \rho_{0,l}, t_0 = 0,15.$$

Hosil bo'lgan giperbolik tenglamalar sistemasiga qo'yilgan aralash masala [3] da turg'unligi isbot qilingan o'zgaruvchilarni ajratishga mo'ljallangan ayirmali sxema yordamida yechildi. Masalani yechish uchun Python dasturlash tilida dastur tuzildi va hisoblash eksperimentlari o'tkazildi.



1-rasm. $t=0.02$ da $\sqrt{u_1^2 + u_2^2}$



2-rasm. $t=0.02$ da $\sqrt{v_1^2 + v_2^2}$

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

[1]. Biot M.A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solids // J. Acoustic. Soc. Amer., - 1956, V. 28. P. 168 – 186.

[2]. Biot M.A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media, Journal of Applied Physics, 33, №4, 1962, 1482-1498.

[3]. R.D. Aloev, M.U. Hudayberganov A discrete analogue of the lyapunov function for hyperbolic systems. Journal of Mathematical Sciences, Vol. 264, No. 6, July, 2022, p.661-671. <http://doi.10.1007/s10958-022-06028-y>.

BIRINCHI TURDAGI IKKINCHI TARTIBLI PARABOLIK TENGLAMA MODELI UCHUN AYIRMALI SXEMA MASALASI.

Yuldashev Sh., Ikromov A., Qodirova D.

Termiz Davlat Uuniversiteti, Termiz, O'zbekiston

e-mail: shamsiddin4836@gmail.com, akmalikromov488@gmail.com,

lucygirl0199@gmail.com

Chiziqli bo'lmagan koeffitsientga ega bo'lgan issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi uchun quyidagi chegaraviy masalani qaraylik.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(x, t, u), \quad 0 < x < 1, 0 < t \leq T, \quad (1)$$

$$u(0, t) = \mu_1(t), \quad u(1, t) = \mu_2(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (3)$$

bunda $f(x, t, u) = au(1 - u)$ - issiqlik manbaining chiziqli bo'lmagan kuchlanishi ifodalaydi.

Qaralayotgan

$$D = \{a \leq x \leq b, 0 \leq t \leq T\}$$

sohada ayirmali to'r quyidagicha kiritiladi:

$$\bar{\omega}_{h\tau} = \left\{ (x_i, t_j), \quad x_i = ih, i = 0, 1, 2, \dots, N, \quad h = (b - a) / N, \right. \\ \left. t_j = j\tau, j = 0, 1, 2, \dots, M, \tau = T / M \right\}$$

Masala (1)-(3) sof oshkormas ayirmali sxema yordamida aproksimatsiya qilinadi. Natijada differensial masala (1)-(3) ga mos quyidagi ko'rinishdagi ayirmali sxemalar yordamida hisoblanadi:

$$a) \quad \frac{u_i^{j+1} - u_i^j}{\tau} = \frac{u_{i-1}^{j+1} - 2u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1}}{h^2} + au_i^j(1 - u_i^j)$$

$$b) \quad \frac{u_i^{j+1} - u_i^j}{\tau} = \frac{u_{i-1}^{j+1} - 2u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1}}{h^2} + au_i^j(1 - u_i^j) + [a(1 - u_i^j) - au_i^j](u_i^{j+1} - u_i^j)$$

$$u(0, t) = \left[1 + \exp\left(-\frac{5}{6}at\right) \right]^{-2}, \quad (4)$$

$$u(10, t) = \left[1 + \exp\left(-\frac{5}{6}at + \frac{1}{6}\sqrt{6a} \cdot 10\right) \right]^{-2}.$$

$$u(x, 0) = \left[1 + \exp\left(\frac{1}{6}\sqrt{6a}x\right) \right]^{-2} \quad (5)$$

Sxema a) va b) larni u_i^{j+1} ga nisbatan yechib olamiz va quyidagi tenglamalar hosil bo'ladi.

$$a) \frac{\tau}{h^2} u_{i-1}^{j+1} - \left(1 + 2\frac{\tau}{h^2}\right) u_i^{j+1} + \frac{\tau}{h^2} u_{i+1}^{j+1} = -(\tau a u_i^j (1 - u_i^j) + u_i^j) \quad (6)$$

$$b) \frac{\tau}{h^2} u_{i-1}^{j+1} - \left[\frac{2\tau}{h^2} + 1 - \tau(a(1 - u_i^j) - a u_i^j)\right] u_i^{j+1} + \frac{\tau}{h^2} u_{i+1}^{j+1} = -u_i^j - a u_i^j (1 - u_i^j) + [a(1 - u_i^j) - a u_i^j] u_i^j, \quad (7)$$

Tenglama (6) va (7) lar progonka metodi yordamida hisoblanadi.

Hisoblash natijalari

Hisoblash eksperimenti olib borish uchun masala parametrlarini quyidagicha tanlaymiz :

$$N = 200, M = 100, \tau = 0.01, h = 0.05$$

1-jadval.

$\frac{j}{i}$	Aniq yechim	Sxema a)	Sxema b)	Aniq yechim	Sxema a)	Sxema b)
0	0.3394	0.3394	0.3394	0.4613	0.4613	0.4613
1	0.2316	0.2294	0.2334	0.3418	0.3373	0.3452
2	0.1455	0.1434	0.1478	0.2337	0.2280	0.2389
3	0.0846	0.0832	0.0866	0.1471	0.1424	0.1527
4	0.0459	0.0452	0.0474	0.0856	0.0826	0.0905
5	0.0235	0.0232	0.0246	0.0465	0.0449	0.0501
6	0.0116	0.0114	0.0122	0.0239	0.0232	0.0263
7	0.0055	0.0055	0.0058	0.0117	0.0115	0.0131
8	0.0026	0.0025	0.0027	0.0056	0.0055	0.0063
9	0.0012	0.0012	0.0012	0.0026	0.0026	0.0029
10	0.0005	0.0005	0.0005	0.0012	0.0012	0.0012

Jadval 1 dan ko'rinib turibdiki qo'yilgan masalani hisoblash jarayonida sxema a) ga nisbatan sxema b) aniq yechimga yaqinlashganini ko'rishimiz mumkin.

Shu masaladan ko'rinadiki vaqtning ixtiyoriy qadamlarida sxema a) ga ko'ra sxema b) aniq yechimga aniqroq borar ekan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1]. Самарский А.А. Введение в численные методы – М.: Наука, 2005. 288 с
- [2]. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Наука, М. 2005, 480с.
- [3]. Нармурадов Ч.Б., Юлдашев Ш.М., Тойиров А.Х. Математическое моделирование нелинейных тепловых процессов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. — 2020. — № 3(27). — С. 76–89.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТВЕРЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

¹Абдуллаев О.Г, ¹Тошмирзаев Ю.У., ¹Мирзаев Т.С., ²Умаров А.В.;

¹Наманганский государственный университет, Наманган, Узбекистан

²-Ташкентский университет прикладных наук, Ташкент, Узбекистан

e-mail: oga20@mail.ru.

Лакокрасочные композиции широко используются для покрытия транспортных средств, выполняя две функции – защитную и декоративную, т.е. техническую и эстетическую. Лакокрасочные покрытия имеют значительные преимущества перед другими видами покрытий, так как их легче наносить на поверхность, что снижает стоимость окрасочных работ. Лакокрасочные покрытия обладают большой долговечностью; их можно наносить на металл, пластмассы и другие материалы[1,2].

Данная работа посвящена изучению процесса отверждения композиционного материала - автошпатлевки приготовленной на основе ненасыщенной полиэфирной смолы.

Один из важных параметров автошпатлевки является скорость отверждения после нанесения ее на поверхность.

Для отверждения такой композиции используются ускоритель, который вводят в состав автошпатлевки, и отвердитель, который применяют перед ее употреблением. Обычно в инструкциях, прилагаемых к автошпатлевке указывают требуемое количество отвердителя для рабочей композиции при определенной температуре. Важное значение имеет и количество отвердителя для протекания реакции отверждения автошпатлевки и ускорителя, которое заранее вводят в состав композиции.

При создании автошпатлевки оптимальную рабочую концентрацию ускорителя в составе композиционного материала и отвердителя подбирают экспериментально. Более того, лакокрасочная промышленность выпускает автошпатлевки различного состава, в зависимости от региона, где они будут применяться.

В связи с этим, становится совершенно необходимым применение метода математического моделирования процесса отверждения автошпатлевки, так как скорость отверждения автошпатлевки зависит от концентрации ускорителя, отвердителя и температуры окружающей среды, где она используется.

Результаты экспериментальных данных отверждения автошпатлевки при различных концентрациях ускорителя, отвердителя и температурах исследовали методом математического моделирования с помощью многофакторного линейного уравнения регрессии[3,4].

Построена математическая модель, рассматриваемой задачи определения оптимального количества ускорителя и отвердителя для оптимизации времени отверждения автошпатлевки при различных температурах.

Построили линейное уравнение регрессии зависимости времени(t) от температуры(T), концентрации ускорителя(x) и отвердителя(y) методом наименьших квадратов.

После ряда математических манипуляций, получили функцию следующего вида:

$$t(T, x, y) = -1.099T - 9.498x - 11.739y + 80.689 \quad (1)$$

Чтобы получить общее представление о качестве модели по относительным отклонениям для каждого наблюдения, и на основании статистических данных (1) построили график функции:

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{t - t(T, x, y)}{t} \right| * 100\% = 5.968\%$$

Ниже приводится график зависимости скорости реакции отверждения автошпатлевки от концентрации ускорителя, отвердителя и температуры(**рис.1**).

Из средней относительной погрешности вышеприведенного графика

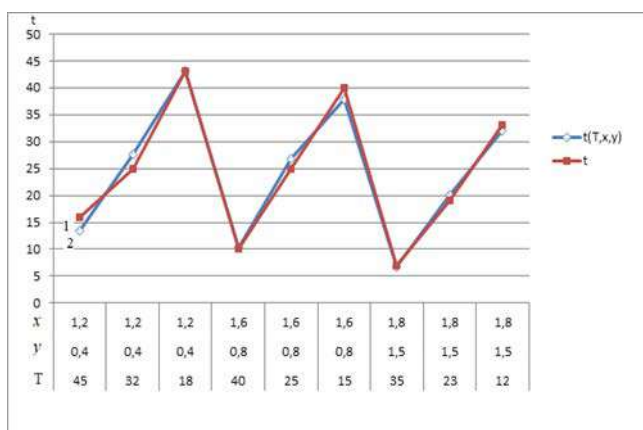


Рис.1. Зависимость времени отверждения от параметров x , y и T ,
1-по экспериментальным,
2-по расчетным данным.

видно, что уравнение многофакторной регрессии представляет исследуемый процесс с погрешностью 5,968 %.

Выводы:

В результате математического моделирования процесса отверждения автошпатлевки была определена функция зависимости времени отверждения(скорости реакции) композиционного материала от температуры процесса применения и от концентрации ускорителя и отвердителя.

С помощью этой функции, в зависимости от концентрации ускорителя и отвердителя(по известным x и y), входящих в состав композиции, можно определять скорость ее отверждения при рабочей температуре автошпатлевки или наоборот определять оптимальную температуру при определенной скорости отверждения.

Литература

- [1]. Л.П.Шестопалова. Конструкционные и защитно-отделочные материалы транспортных средств. Учеб. пособ. М.: МАДИ, 2019. 216 с.
- [2]. ГОСТ 28246-89 (ИСО 4618/1-3) Краски и лаки. Термины и определения. Дата введения 01.01.91
- [9]. Ильченко А.Н.Экономико-математические методы. Учеб.пособ. -М.: Финансы и статистика, 2007. -210 с.

- [10]. Кундишева Е.С. Математическое моделирование в экономике. Учеб.пособ. /под. науч. ред. проф.Б.А.Сулакова. - М.: Дашков и К , 2006. -410 с.

ОБ ОДНОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОЙ ФОРМУЛЕ

¹Азамов С.С., ²Элмуратов Г.Ч.

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Ангренская городская профессионально-техническая школа №2

e-mail: azamovs@mail.ru

Для того чтобы найти приближенное представление функции φ с помощью элементов определенного конечномерного пространства возможно использование значений данной функции на некотором конечном множестве точек x_β , $\beta = 0, 1, 2, \dots, N$. Соответствующая задача называется *задачей интерполяции* и точки x_β называются *узлами интерполяции*.

Существуют полиномиальные и сплайн интерполяции. В настоящей время теория сплайн интерполяции быстро развивается. По теории сплайн функций ввели и введут исследования многие авторы (см. [1],[2]).

Пусть норма функции $\varphi(x)$ в пространстве $S_2(P_2)$ определяется формулой

$$\|\varphi\| = \left\{ \int_0^1 (\varphi''(x) + 2\varphi'(x) + \varphi(x)) dx \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

В настоящей работе доказано следующая теорема

Теорема. На сетке $\Delta: 0 = x_0 < x_1 < \dots < x_N = 1$ отрезка $[0, 1]$, где $N \geq 2$ при заданных $N + 1$ вещественных чисел r_i , $i = 0, 1, \dots, N$ среди всех функций $f \in S_2(P_2)$, для которых

$$f(x_i) = r_i, \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (2)$$

Существует единственная функция

$$S(x) = \sum_{\beta=0}^N C_\beta G(x - x_\beta) + ae^{-x} + bxe^{-x}. \quad (3)$$

$$\text{Здесь } G_2(x) = \frac{\operatorname{sign} x}{4} \cdot (-\sinh(x) + x \cosh(x)) \quad (4)$$

Коэффициенты функции $S_2(x)$ имеют вид

$$C_0 = K \left[(-t - 2e^h - 2e^{-h})\varphi(0) + \varphi(h) + ae^h - b + he^h + \right. \\ \left. + \frac{A}{\lambda_1} \left(\sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^\gamma \varphi(h\gamma) + M_1 + \lambda_1^N N_1 \right) \right] \quad (5)$$

$$C_\beta = K \left(-t - 2e^h - 2e^{-h} \right) \varphi(h\beta) + K \left(\varphi(h(\beta - 1)) + \varphi(h(\beta + 1)) \right) +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{KA_1}{\lambda_1} \left(\sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^{|\beta-\gamma|} \varphi(h\gamma) + \lambda_1^\beta M_1 + \lambda_1^{N-\beta} N_1 \right), \quad \beta = 1, 2, \dots, N-1, \\
C_N = & K(-t - 2e^h - 2e^{-h})\varphi(1) + K(\varphi(h(N-1)) + a^+ e^{-(1+h)} + b^+(1+h)e^{-(1+h)}) + \\
& + \frac{KA_1}{\lambda_1} \left(\sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^{N-\gamma} \varphi(h\gamma) + \lambda_1^N M_1 + N_1 \right), \quad (6)
\end{aligned}$$

Параметры $K, A_1, \lambda_1, M_1, N_1, a, b$ известны.

Литература

- [1]. Ahlberg J.H., Nilson E.N., Walsh J.L. The theory of splines and their applications, Mathematics in Science and Engineering, New York: Academic Press, 1967.
- [2]. Arcangeli R., Lopez M.C. de Silanes, Torrens J.J. Multidimensional minimizing splines, Kluwer Academic publishers. Boston, 2004, 261 p.

МАГНИТЭЛАСТИКЛИК ЮПҚА ПЛАСТИНКАНИНГ ТЕБРАНИШ МАСАЛАСИНИ MAPLE ТИЗИМИ ЁРДАМИДА ЕЧИШ

¹Айтмуратов Б.Ш., ²Артикбаев М.А., ³Тлеўбаев М.
^{1,2,3}Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Нукус филиали
e-mail: m.a.artikbayev@mail.ru

Мазкур илмий ишда тадқиқ қилинаётган масалани Maple тизими ёрдамида ечиш кўриб чиқилган. Ушбу масалани ечиш учун Maple тизимини танлаганимиз сабаби бу тизимда бир қанча математик функцияларни дифференциаллаш, интеграллаш (бир, икки ўлчовли), чизиқли алгебраик тенгламалар тизимини ечиш, визуаллаштириш ва қўшимча модулар (процедуралар) билан ишлаш имкониятлари мавжуд. Тадқиқ қилинаётган масалани ечиш учун Maple тизимида қўшимча модуларни ишлаб чиқиш орқали дастурий таъминот яратилган [1].

Maple тизимида яратилган дастурий таъминотини фойдаланиб, мураккаб шаклли юпқа пластинканинг электромагнит майдон таъсири остида тебраниш жараёни тадқиқ қилинган.

$$D\Delta^2 w + 2\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = Z + \frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_y}{\partial y}, \quad \left(D = \frac{2Eh^3}{3(1-\nu^2)} \right) \quad (1)$$

$$m_x = \int_{-h}^h R_x z dz, \quad m_y = \int_{-h}^h R_y z dz, \quad Z = \int_{-h}^h R_z dz,$$

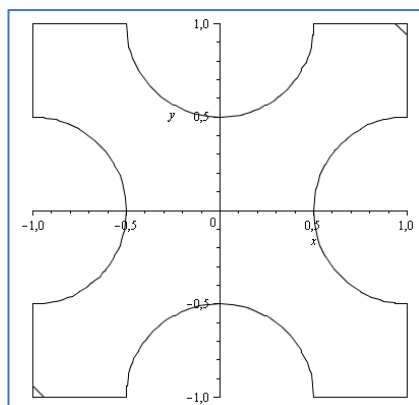
$$\vec{R}(R_x, R_y, R_z) = \frac{\sigma}{c} \left(\vec{e} + \frac{1}{c} \frac{\partial U}{\partial t} \times \vec{B}_0 \right) \times \vec{B}_0 \quad (2)$$

$$W|_{\Gamma} = 0 \quad \frac{\partial W}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = 0 \quad (3)$$

$$w = w_0 f(x, y) \quad \dot{w} = w_1 \phi(x, y) \quad (4)$$

Юқоридаги (1) - (4) юпқа пластинкаларнинг магнитэластиклик масаласини ечамиз [1, 2]. Бунда қуйидаги геометрик ва физик параметрлар

олинган: $a = 1\text{ м}$, $b = 0.5\text{ м}$, $h = 10^{-2}\text{ м}$, $E = 11 \cdot 10^{10}\text{ Н/м}^2$, $\rho = 8890\text{ кг/м}^3$,
 $\nu = 0.3$, $j = -3.673\text{ А/м}^2$, $\mu = 1.25 \cdot 10^{-6}\text{ Гн/м}$, $\sigma = 3.6 \cdot 10^7\text{ (Ом м)}^{-1}$, $\varepsilon = 1$,
 $C = 3 \cdot 10^8\text{ м/с}$, $P = 5000\text{ Н/м}^2$.



1-расм. Мураккаб шаклли пластинка.

Мазкур 1-расмдаги мураккаб шаклли юпка пластинканинг магнитэластиклик масаласини ечишда аввало механик куч таъсирида ечиб олиб, сўнгра магнит майдонининг таъсири учун ҳам ечилади. Бу ерда натижалар пластинка чегаралари қаттиқ маҳкамланган чегаравий шартлари учун ечилган [1]. Натижалар график кўринишда келтирилган (2-расм).

1). Қуйидаги буйруқ ёрдамида ечимлари қурилади ва ўзимизга керакли бўлган нукта координатасини киритиш оркали пластинканинг эгилиши аниқланилади.

➤ **Solut := SolveSystem (A, B);**

```
Solut :=
0.0000123405355684324308?
-4.86976229038937076 10^-15?
2.41160314005727663 10^-15?
-6.06110742745715474 10^-25?
-0.00000758348467233453544?
-0.00000758346810338253990?
9.68753663322987172 10^-16?
1.55480585862749846 10^-15?
4.92637623004344107 10^-15?
-3.91789019715344375 10^-15?
```

2). Ечимлари юқоридаги кўринишда қурилади ва пластинка эгилишини аниқлаш қуйидаги буйруқ ёрдамида амалга оширилади:

➤ **U := CreateSolution(Solut, w):**

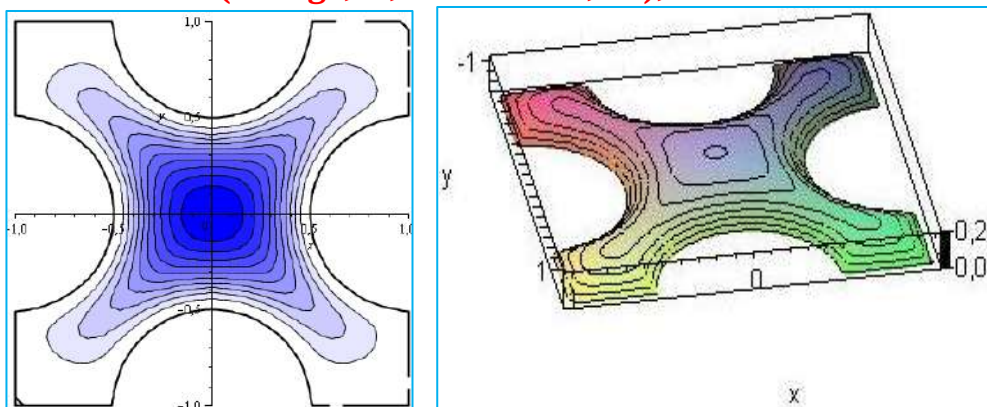
3). Мураккаб шаклдаги пластинканинг эгилиш нуктаси энг катта бўлган координатаси топиш қуйидагича:

➤ **evalf (U (0,0));**

0.00000266092

4). Maple тизимининг яна бир имкониятиларидан бири бу олинган натижаларни икки ва уч улчовли кўринишларида график натижалар орқали кўрсата олишидир. Мураккаб шаклли пластинка учун кўйидагига график натижаларга эга бўлди (2-расм) [1]:

➤ **PlotSolution(Omega, U, BoundRect, 10);**



2-расм. Электромагнит майдон кучларнинг юпқа мураккаб шаклдаги пластинкага таъсири.

Ушбу илмий тадқиқот ишида Maple тизимида ишлаб чиқилган алгоритм ва дастурий таъминот асосида электромагнит майдонда жойлашган мураккаб шаклдаги пластинкаларнинг магнитэластиклик жараёнларини ўрганиш учун ҳисоблаш тажрибалари олиб борилди ва график натижалари келтирилган.

АДАБИЁТЛАР

[1] Nuraliev F.M., Aytmuratov B.Sh., Artikbayev M.A. Solving the vibration of magnetic elastic plates with sophisticated form // *International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT-2019)*, 2019, Pp. 1-4, doi:10.1109/ICISCT47635.2019.9011984.

[2] Nuraliev F.M., Aytmuratov B.Sh., Artikbayev M.A. Mathematical model and computational algorithm of vibration processes of thin magnetoelastic plates with complex form // *International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT-2021)*. 2019, Pp. 1-5, doi:10.1109/ICISCT52966.2021.9670313.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ AW-RASCLE ДЛЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Акбарова А., Долиев Т.

Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан
e-mail: aziza_aziza_2019@mail.ru, amaliymatematika2020@mail.ru

Для макромоделирования автомобильного движения используются различные математические модели, в том числе основанные на дифференциальных уравнениях в частных производных, в частности, гидродинамические модели, аналогичные уравнениям течения сжимаемой

многокомпонентной жидкости с мотивацией. Нами рассматривается математическая модель интенсивного уличного движения в мегаполисе, основанная на решении соответствующих краевых задач для уравнений в частных производных гиперболического типа. За основу берется модель Aw-Rascle.

В жидкостной парадигме моделирования дорожного движения трафик описывается в терминах двух основных макроскопических переменных состояния: плотности $\rho(t, x)$ и скорости $V(t, x)$ транспортных средств в позиции x вдоль дороги в момент времени t . Aw и Rascle предложили следующую динамическую модель дорожного движения:

$$\begin{cases} \partial_t \rho + \partial_x (\rho V) = 0 \\ (\partial_t + V \partial_x) V + (\partial_t + V \partial_x) P(\rho) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

В этой модели первое уравнение представляет собой уравнение непрерывности, представляющее сохранение числа транспортных средств на дороге. Второе уравнение представляет собой феноменологическую модель, описывающую изменения скорости, вызванные поведением водителя. В работе [8] специальная функция давления $P(\rho)$ задается как

$$P(\rho) = v_f - V(\rho)$$

где v_f — свободная (максимальная) скорость, а $V(\rho)$ — фундаментальная диаграмма плотности скорости. Как правило, она представима с фундаментальной диаграммой Гриншилда

$$V(\rho) = v_f \left(1 - \frac{\rho}{\rho_m} \right)$$

где ρ_m — максимальная плотность.

Таким образом, имеем $P(\rho) = a\rho$ и $a = \frac{v_f}{\rho_m}$.

Система (1) с координатами Римана может быть преобразована в вид:

$$\begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \end{pmatrix}_t + \begin{pmatrix} V^* & 0 \\ 0 & V^* - a\rho^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \end{pmatrix}_x + \begin{pmatrix} V_x^* & \rho_x^* \\ aV_x^* & V_x^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = 0 \quad (2)$$

Далее для численного решения системы уравнений 2) представим разностную схему.

$$\begin{cases} \left\{ \begin{aligned} (\mathbf{u}^I)_j^\kappa &= (\mathbf{v}^I)_j^\kappa - \frac{\Delta t}{\Delta x} (\mathbf{K}^+)_j \left[(\mathbf{v}^I)_j^\kappa - (\mathbf{v}^I)_{j-1}^\kappa \right], & j=1, \dots, J; \\ (\mathbf{u}^{II})_j^\kappa &= (\mathbf{v}^{II})_j^\kappa - \frac{\Delta t}{\Delta x} (\mathbf{K}^-)_j \left[(\mathbf{v}^{II})_j^\kappa - (\mathbf{v}^{II})_{j+1}^\kappa \right], & j=0, \dots, J-1, \end{aligned} \right. & \kappa=0, \dots, K-1. \quad (3) \\ \left\{ \begin{aligned} (\mathbf{v}^I)_j^{\kappa+1} &= (\mathbf{u}^I)_j^\kappa - \Delta t (\mathbf{M}_1^I)_j (\mathbf{u}^I)_j^\kappa - \Delta t (\mathbf{M}_2^I)_j (\mathbf{u}^{II})_j^\kappa, & j=1, \dots, J; \\ (\mathbf{v}^{II})_j^{\kappa+1} &= (\mathbf{u}^{II})_j^\kappa - \Delta t (\mathbf{M}_1^{II})_j (\mathbf{u}^I)_j^\kappa - \Delta t (\mathbf{M}_2^{II})_j (\mathbf{u}^{II})_j^\kappa, & j=0, \dots, J-1; \end{aligned} \right. & \kappa=0, \dots, K-1. \end{cases} \quad (4)$$

Численное решение будет как показано в таблице 1 и 2.

Таблица 1.

N_0	$j=0$	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$
$k=0$	100	99.315	99.315	102.902	97.098	100
$k=100$	99.087	99.43	99.742	99.966	100.074	100.102
$k=200$	99.922	99.973	99.996	100.005	100.008	100.01
$k=300$	99.996	99.999	100	100	100	100
$k=400$	100	100	100	100	100	100
$k=500$	100	100	100	100	100	100

Численное значение плотности $\rho(t, x)$, где j шаг по направлению x , а k шаг по направлению t .

Таблица 2.

N_0	$j=0$	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$
$k=0$	71.45	72.795	70.619	70.619	72.795	71.45
$k=100$	70.761	70.505	70.273	70.107	70.028	70.009
$k=200$	70.065	70.027	70.01	70.004	70.002	70.001
$k=300$	70.003	70.001	70.001	70	70	70
$k=400$	70	70	70	70	70	70
$k=500$	70	70	70	70	70	70

Численное значение скорости $V(t, x)$, где j шаг по направлению x , а k шаг по направлению t .

Литература:

- [1]. Degond P, Delitala M (2008) Modelling and simulation of vehiculAw-Rascle traffic jam formation. Kinet Relat Models 1(2):279–293
- [2]. Bellomo N, Dogbe C (2011) On the modeling of traffic and crowds: a survey of models, speculations, and perspectives. SIAM Rev 53(3):409–463
- [3]. Sun M (2009) Interactions of elementAw-Rascley waves for the Aw–Rascle model. SIAM J Appl Math 69(6):1542–1558
- [4]. Tveito A, Winther R (1991) Existence, uniqueness, and continuous dependence for a system of hyperbolic conservation laws modeling polymer flooding. SIAM J Appl Math 22(4):905–933
- [5]. Godvik M, HancheOlsen H (2008) Existence of solutions for the Aw–Rascle traffic flow model with vacuum. J Hyperbol Differ Eq 5(01):45–63
- [6]. Herty M, Rascle M (2006) Coupling conditions for a class of second-order models for traffic flow. SIAM J Appl Math 38(2):595–616
- [7]. Georges Bastin and Jean-Michel Coron. Stability and boundAw-Rascley stabilization of 1-D Hyperbolic Systems. – Springer International Publishing Switzerland., 2016, p. 37

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕУСТАНОВИВШАЯСЯ НАПОРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В МНОГОСЛОЙНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

¹Алламуратов Ш.З., ²Шамуратова М.Ж., ³Алламуратов И.Ш.

Нукусский филиал ТУИТ

e-mail: sharapatdin@mail.ru

Рассматривается задача фильтрация в пласте с напором $h(x, t)$ имеющая связь через слабопроницаемую прослойку с напором H , коэффициент фильтрации которой k_n , и мощностью m_n [Полубаринова-Кочина П.Я: 354]. В безразмерных переменных краевая задача имеет вид

$$\frac{\partial s}{\partial \tau} = \frac{at_*}{L^2} \frac{\partial^2 s}{\partial \xi^2} - \frac{k_n at_*}{m_n T} s, \quad (1)$$

$$s(\xi, 0) = 0 \quad (2)$$

$$s(0, \tau) = \varphi_1(\tau t_*), \quad (3)$$

$$s(1, t) = \varphi_2(\tau t_*). \quad (4)$$

Выберем t_* так, чтобы коэффициент при второй производной стал равным единице, т.е. $t_* = \frac{L^2}{a}$. Уравнение (1) примет вид

$$\frac{\partial s}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 s}{\partial \xi^2} - As, \quad (5)$$

подчиненного условиям (2)-(4). Здесь $A = \frac{k_n L^2}{m_n T}$.

Применим к уравнению (5) синус-преобразование Фурье по координате ξ

$$\bar{s} = \int_0^1 s(\xi, \tau) \sin(\pi \xi) d\xi,$$

тогда с учетом (3) и (4) будем иметь

$$\frac{d\bar{s}}{d\tau} + (\pi^2 n^2 + A)\bar{s} = \pi n [(-1)^{n+1} B_2 (1 - e^{-\alpha_2 \tau}) + B_1 (1 - e^{-\alpha_1 \tau})] \quad (6)$$

К этому уравнению применим интегральное преобразование Лапласа по

переменной τ , $\bar{s} = \int_0^\infty e^{-p\tau} \bar{s}(n, \tau) d\tau$

Тогда с учетом начальных условий (2) получим

$$\bar{s} = \pi n \left[\frac{(-1)^{n+1} B_2 \alpha_2}{p(p + \alpha_2)(p + \pi^2 n^2 + A)} + \frac{B_1 \alpha_1}{p(p + \alpha_1)(p + \pi^2 n^2 + A)} \right], \quad (7)$$

Оригиналом (7) является соотношение

$$\bar{s} = \pi \left\{ (-1)^{n+1} B_2 \alpha_2 \left[\frac{1}{\alpha_2 (\pi^2 n^2 + A)} - \frac{e^{-\alpha_2 \tau}}{\alpha_2 (\pi^2 n^2 + A - \alpha_2)} + \frac{e^{-(\pi^2 n^2 + A) \tau}}{(\pi^2 n^2 + A)(\pi^2 n^2 + A - \alpha_2)} \right] + B_1 \alpha_1 \left[\frac{1}{\alpha_1 (\pi^2 n^2 + A)} - \frac{e^{-\alpha_1 \tau}}{\alpha_1 (\pi^2 n^2 + A - \alpha_1)} + \frac{e^{-(\pi^2 n^2 + A) \tau}}{(\pi^2 n^2 + A)(\pi^2 n^2 + A - \alpha_1)} \right] \right\} \quad (8)$$

Далее к формуле (8) применяется обратное синус-преобразование Фурье. В результате получим

$$s(\xi, \tau) = 2\pi \sum_{n=1}^{\infty} n \left\{ (-1)^{n+1} B_2 \alpha_2 \left[\frac{1}{\alpha_2 (\pi^2 n^2 + A)} - \frac{e^{-\alpha_2 \tau}}{\alpha_2 (\pi^2 n^2 + A - \alpha_2)} + \frac{e^{-(\pi^2 n^2 + A) \tau}}{(\pi^2 n^2 + A)(\pi^2 n^2 + A - \alpha_2)} \right] + B_1 \alpha_1 \left[\frac{1}{\alpha_1 (\pi^2 n^2 + A)} - \frac{e^{-\alpha_1 \tau}}{\alpha_1 (\pi^2 n^2 + A - \alpha_1)} + \frac{e^{-(\pi^2 n^2 + A) \tau}}{(\pi^2 n^2 + A)(\pi^2 n^2 + A - \alpha_1)} \right] \right\} \sin(\pi n \xi) \quad (9)$$

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алламуратов Ш.З. Определение функций понижений напора при площадном питании в слоистой пористой среде // ДАН РУз. 2006.-№2.-С.40-44.
- [2]. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М: Наука. 1977. 664 с.
- [3]. Абуталиев Ф.Б., Баклушин М.Б., Ербеков Я.С., Умаров У.У. Эффективные приближенно-аналитические методы для решения задач теории фильтрации. - Ташкент: ФАН, 1978.-244 с.

ФРАКТАЛЫ И ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОГАСТРОЭНТЕРОГРАФИЧЕСКИХ(ЭГЭГ) СИГНАЛОВ *Анарова Ш., Халикулова М.*

Ташкентский Университет информационных технологий
e-mail: shahzodaanarova@gmail.com, mehrinisohalikulova@gmail.com

Исследования фракталов и хаоса в биологии постепенно охватывают все уровни организации живого, от молекул до экосистем. Даже простое и далеко не полное перечисление тематики даёт представление о размахе исследований фракталов в биологии и биомедицине. На молекулярном уровне это изучение первичной и вторичной структуры ДНК, РНК, белков, других макромолекул и их комплексов, динамики окислительных процессов и т.д. На субклеточном и клеточном уровне исследуются фрактальные свойства пространственной организации мембран, цитоплазмы, ядер, распределения рецепторов и молекул адгезии (одна из вновь открытых молекул клеточной адгезии получила название «фракталкин»), кинетика связывания лигандов с рецепторами, динамика клеточного движения, морфология различных клеток и их ассоциаций. Тканевой уровень

фрактальных исследований включает морфологическую организацию и разнообразные гистогенезы в норме и патологии, особенно при онкогенезе. На уровне органов и организма изучается фрактальная организация дыхательной, сосудистой и других систем животных и растений, множество физиологических и поведенческих реакций организма в норме и патологии. Словом, распределение исследований фракталов в биологии само представляет собой быстро растущий и ветвящийся фрактальный кластер. На основе программ с использованием алгоритмов построения фрактальных структур созданы компьютерные имитационные модели ряда биологических объектов.

Фракталы основаны на объединяющем понятии этого беспорядка, самоподобия или инвариантности при изменении размеров, что свойственно многим законам природы и бесчисленным явлениям. Более того, самоподобие - одна из самых важных симметрий, играющих формирующую роль в нашей вселенной и поддерживающих наши усилия по ее пониманию[1].

В 1958 году М.А. Собакин впервые доказал диагностическую ценность электрогастрографии деятельности желудочно-кишечного тракта с помощью стандартного теста. В 1993 году А.Т. Цилиндз и Л.Г. Хачиев регистрировали метод EGS-4М биоэлектрическую активность желудка методом не прямой кожной динамики, изменения биоэлектрической активности желудка выделили пять новых типов биоэлектрических кривых, помимо общепринятых нормо-, гипер-, тахи-, гипокинетических, бради- и нормостенических[2,3].

В 2000 году А.С. Кунафин определил индекс общей биоэлектрической активности кишечника (ОБАК) и частоты волн за 1 минуту, рассчитываемые путем преумножения средних значений амплитуд, используемых для анализа электрогастроэнтерограмм, предложенных В.К.Гостищевым:

$$ОБАК = \omega_{сред} * U_{сред} \quad (mV / мин) \quad (1)$$

Здесь $\omega_{сред}$ – среднее значение частоты сигнала;

$U_{сред}$ – среднее значение амплитуды напряжения сигнала.

В работе В.А. Ступиной измерение биоэлектрического сигнала проводилось в два этапа по 40-50 минут каждый. На первом этапе накладывали электроды, а через 5-6 минут натошак - после стандартной пищевой стимуляции, когда электроды располагались на правом предплечье, левой и правой голени, суммарно по всем пяти участкам желудочно-кишечного тракта регистрирует электрический сигнал и электрический сигнал каждого из отделов на соответствующей частоте.

Их диапазон измерения: толстая кишка 0,01-0,03 ГГц и желудок 0,031-0,07 ГГц, толстая кишка 0,071-0,13 ГГц и двенадцатиперстная кишка 0,181-0,25 ГГц имеет биоэлектрическую активность. После этой процедуры можно сделать вывод о вкладе каждого желудочно-кишечного тракта в

суммарный биоэлектрический сигнал, его ритмическом коэффициенте и функциональной активности желудочно-кишечного тракта[4].

Таким образом, статистический анализ ЭГЭГ, основанный на значениях биоэлектрической активности, коэффициентов и соотношений ритма, позволяют сделать выводы о состоянии желудочно-кишечного тракта в процессе исследования. Использование этого метода требует большого количества испытуемых для сбора статистических данных. Кроме того, метод не является продуктивным, то есть не позволяет делать выводы о динамике состояния того или иного органа желудочно-кишечного тракта. Это зависит прежде всего от принятия в качестве критерия некоторых статических средних параметров.

Список литературы

- [1]. Павлов А.Н., Анищенко В.С. Мультифрактальный анализ сложных сигналов. //Успехи физических наук, 2007. – Том 177 – №8. – С.659 – 676.
- [2]. Потапов А.А. Фрактальные методы исследования флуктуаций сигналов и динамических систем в пространстве дробной размерности. //Казань: Министерство образования и науки Республики Татарстан, 2008.- С. 257 – 310.
- [3]. 3. Короленко П.В., Маганова М.С., Меснянкин А.В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы.//Учебное пособие. – М.: 2004. – 74с.
- [4]. 4.Анарова Ш.А., Нуралиев Ф.М. Фракталлар назарияси ва фрактал графика // Укув кулланма. Тошкент, 2020. -288б.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЛЕ-ПЕРЕНОСА В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ С ИСПАРИЕНИЕМ И КОНВЕКТИВНЫМ ПЕРЕНОСОМ

¹Арипов М.М., ²Балтабаева Р.Б.

¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбек

²Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

e-mail: mirsaidaripov@mail.ru, ranobaltabaeva10@gmail.com

Рассмотрим в $Q_T = R^N \times (0, T)$, $T > 0$, $N \geq 1$ задачу Коши для уравнения с двойной нелинейностью, с источником и конвективным переносом, скорость которого является функцией времени:

$$Lu \equiv -\frac{\partial u}{\partial t} + \operatorname{div} \left(|Du^m|^{p-2} Du^k \right) + \operatorname{div}(v(t)u) - \gamma(t)u^\beta = 0$$

$$(x, t) \in Q_T = R^N \times (0, T), \quad T > 0, \quad N \geq 1, \quad (1)$$

$$u(x, 0) = u_0(x) \geq 0, \quad x \in R^N. \quad (2)$$

Предполагается, что

$$p \geq 2, k \geq 1, v(t), \gamma(t) \in C(0, \infty),$$

$$0 \leq u_0(x), \left| \nabla u_0^m(x) \right|^{p-2} \nabla u_0^k(x) \in C(R^N) \quad x \in R^N, -$$

$u_0(x)$ - функция с компактным носителем

Задачу (1), (2) можно использовать для моделирования различных явлений и процессов [1-7]. В частности она описывает процессы нелинейной теплопроводности, фильтрации, диффузии при наличие конвективного переноса со скоростью $v(t)$ и испарения с мощностью $\gamma(t)u^\beta$.

В настоящей работе исследованы свойства решений задачи (1), (2) такие как глобальная разрешимость типа Фужита, конечная скорость распространения возмущения (КСРВ), локализация решения, оценка свободной границы. Показано влияние скорости конвективного переноса на свойства решения и приведет к локализации о решения. Отметим, что эти явления свойственны лишь нелинейным математическим моделям.

Глобальная разрешимость задачи и КСРВ

Исследованию частного случая задачи (1), (2) ($p=2$, $m=k=1$) как при отсутствие, так при наличие младших членов посвящено огромное количество работ (см. [1-12] и приведенную там литературу). Поскольку уравнение (1) в области, где $u(t, x) = 0$ или $\nabla u = 0$ является вырождающейся, то она в области вырождения может не иметь классического решения. Поэтому изучается имеющие физический смысл обобщенные решения уравнения (1), обладающие свойствами: $0 \leq u(t, x) \in C(Q)$ и $|\nabla u^m|^{p-2} \nabla u^l \in C(Q)$ и удовлетворяющий некоторому интегральному тождеству. Для обобщенных решений системы (1) свойственны наличие явления конечной скорости (КСРВ) распространения возмущений, т.е. существуют такая непрерывная функция $l(t)$, что $u(t, x) \equiv 0$ при $|x| \geq l(t)$ для. Поверхности $|x| = l(t)$ называются свободной границей или фронтом. Если $l(t) < \infty$ при $\forall t > 0$ решение задачи называется пространственно локализованным.

Определение. Будем говорить, что $u(x, t)$ есть обобщенное решение задачи (1.1), (1.2) в $Q_T = \mathbb{R}^N \times (0, T)$, если решение $u(t, x)$ обладает свойством

$$0 \leq u(t, x), |\nabla u^m|^{p-2} \nabla u \nabla u^l(t, x) \in C(Q_T)$$

и удовлетворяет задаче (1), (2) в смысле интегрального тождества.

Покажем условия существования глобального решения, для чего введем обозначения:

$$\bar{u}(t) = (T + (\beta - 1) \int \gamma(t) dt)^{-1/(\beta-1)},$$

где $\bar{u}(t)$ решение уравнения

$$\frac{d\bar{u}}{dt} = -\gamma(t)\bar{u}^\beta,$$

$$u(t, x) = w(\tau(t), \eta), \quad w(\tau(t), \eta) = f(\xi), \quad \eta = x - \int_0^t v(y) dy, \quad \tau(t) = \int [\bar{u}(t)]^{m(p-2)+k-1} dt,$$

$$u_+(t, x) = \bar{u}(t) \bar{f}(\xi), \quad \bar{f}(\xi) = (a - b\xi^{p/(p-1)})_+^{(p-1)/(m(p-2)+k-1)}, \quad \xi = |\eta| / [\tau(t)]^{1/p} \quad (3)$$

$$b = (m(p-2) + k - 1)(1 / kpm^{p-2})^{1/(p-1)}, (n)_+ = \max(0, n)$$

$$u_1(t, x) = \bar{u}(t) \tilde{f}(\xi), \quad \tilde{f}(\xi) = (a + \xi^{p/(p-1)})^{(p-1)/(m(p-2)+k-1)}$$

Теорема 1. Пусть

$$m(p-2) + k - 1 > 0, \quad \gamma(t) \bar{u}^{\beta-m(p-2)-k} \tau(t) < N / p, t > 0,$$

$$u_0(x) < u_+(0, x), x \in R^N$$

Тогда существует глобальное решение задачи (1), (2) для которого справедлива оценка

$$u(t, x) \leq u_+(t, x) \quad \text{в } Q$$

Теорема 2. Пусть

$$m(p-2) + k - 1 = 0, \quad \gamma(t) \bar{u}^{\beta-1} \tau(t) < N / p, t > 0, \quad u_0(x) < u_+(0, x), x \in R^N$$

Тогда существует глобальное решение задачи (1), (2) для которого справедлива оценка

$$u(t, x) \leq [(T + (\beta - 1) \int \gamma(t) dt)^{-1/(\beta-1)}] \exp(-(\xi / p)^p), \quad \xi = |\eta| / (T + t)^{1/p} \quad \text{в } Q$$

Следствие. Пусть $\gamma(t) = \gamma$. Тогда условие глобальной разрешимости есть условие $\beta > m(p-2) + k + p / N$, которое содержит ранее известные результаты Фужита [1] ($\gamma(t) = 1, v(t) = 0, p = 2, m = 1$), Самарского А. А., Галактионова В.А. Курдюмова С. П., Михайлова А.П. [1] ($\gamma(t) = 1, v(t) = 0, p = 2$), Галактионова В.А. [2] ($\gamma(t) = 1, v(t) = 0, m = 1$), Арипова М. [3] ($v(t) = 0, m = 1$).

Из доказанной теоремы имеем следующее условие КСРВ:
 $m(p-2) + k - 1 > 0 \quad \gamma(t) \bar{u}^{\beta-m(p-2)-k} \tau(t) < N / p, t > 0,$

Условие локализации решения. Условием локализации решения является выполнение следующих условий

$$m(p-2) + k - 1 > 0 \quad \gamma(t) \bar{u}^{\beta-m(p-2)-k} \tau(t) < N / p, t > 0,$$

$$\int_0^\infty v(t) dt < \infty, \quad \int_0^\infty [\bar{u}(t)]^{m(p-2)+k-1} dt < \infty, \quad u_0(x) < u_+(0, x), x \in R^N$$

Из доказанной теоремы имеем следующую оценку для свободной границы. задачи (1), (2)

$$\left| x - \int_0^\infty v(t) dt \right| \leq (a / b)^{(p-1)/p} [\tau(t)]^{1/p}$$

Литература

[1] Samarskii A.A., Galaktionov V.A., Kurduomov S.P., Mikhajlov A.P. (1995). Blow-up in quasilinear parabolic equations. Berlin, №4, Walter de Grueter (1995)

[2] Chien-Hong Cho On the computation of the numerical blow-up time.. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics (2013) 30:2, 331-349

[3] Pan Zheng, Chunlai Mu, Iftikhar Ahmed. (2014) Cauchy problem for the non-Newtonian polytropic filtration equation with a localized reaction. Applicable Analysis 1-16. Online publication date: 20-Feb-2014.

[4] Pan Zheng, Chunlai Mu A complete upper estimate on the localization for the degenerate parabolic equation with nonlinear source. Mathematical Methods in the Applied Sciences n/a-n/a. . (2014) Online publication date: 1-Jan-2014.

[5] Арипов М. Садуллаева Ш. А. Компьютерное моделирование нелинейных процессов диффузии. Тошкент, Университет 2020, 687 с.

[6] Baltabaeva R.B. To numerical modeling of the process of salt-dust transfer in a nonlinear two-component environment, Bulletin of Kyrgyz National University No. 24, Bishkek-2011, pp. 93-96

[7] М М Арипов and R B Baltabaeva 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2131 032042/ doi:10.1088/1742-6596/2131/3/032042

К КАЧЕСТВЕННЫМ СВОЙСТВАМ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ЗАВИСЯЩИЙ ОТ ВРЕМЕНИ ДЕМПИРУЮЩИМ ЧЛЕНОМ

¹Арипов М.М., ²Джаббаров О.Р., ²Самадова М.Н.

¹Национальный университет Узбекистана

²Кариинский государственный университет

e-mail: mirsaidaripov@mail.ru; oybekjabborov1987@mail.ru.

Рассмотрим в $Q = \{(t, x) \mid t > 0, x \in R^N\}$ следующую задачу Коши

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(u^{l-1} |\nabla u^k|^{p-2} \nabla u) - g(t, x) u^{q_1} |\nabla u^m|^{p_1} \quad (1)$$

$$u(0, x) = u_0(x), x \in R^N \quad (2)$$

где $l, m, k \geq 1, p \geq 2, p_1, q_1 \geq 0$ заданные числовые параметры, характеризующие нелинейные среды, $\nabla(\cdot) = \operatorname{grad}_x(\cdot)$, функция $u = u(t, x) \geq 0$ - решение. В данной работе мы рассматриваем случаи $g(t, x) = t^\sigma, \sigma > 0$. Уравнение (1) описывает процессы нелинейной теплопроводности, диффузии, биологической популяции и другие различные процессы [1-8].

Уравнение (1) вырождающегося типа. Поэтому в области, где $u(t, x) = 0, \nabla u = 0$ задача может не иметь классического решения. Поэтому в данном случае мы рассматриваем слабое решение из класса $0 \leq u(t, x)$, $\operatorname{div}(u^{l-1} |\nabla u^k|^{p-2} \nabla u) \in C(Q)$ и удовлетворяющее уравнение (1) в смысле распределения [1].

2. Автомоделное уравнение

Рассмотрим радиально-симметрический случай уравнения (1)

$$u(t, x) = u(t, r)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = r^{1-N} \frac{\partial}{\partial r} (r^{N-1} u^{l-1} \left| \frac{\partial u^k}{\partial r} \right|^{p-2} \frac{\partial u}{\partial r}) - t^\sigma u^{q_1} \left| \frac{\partial u^m}{\partial r} \right|^{p_1} \quad (3)$$

где $r = |x|, N \geq 1$ N-размерность пространства.

Различные качественные свойства решений задачи (1) интенсивно различными авторами (см. [1-6] и приведенную там литературу).

В настоящей работе на основе изучения автомодельного уравнения вида

$$u(t, r) = \bar{u}(t) f(\xi) \quad (4)$$

где $\bar{u}(t) = (T + t)^\alpha$, $\xi = |x|(T + t)^{-\beta}$, $T \geq 0$, $\alpha, \beta > 0$, а функция $f(\xi)$ удовлетворяет следующему автомодельному уравнению

$$\xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} (\xi^{N-1} \left| \frac{df^k}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df^l}{d\xi}) + \beta \xi \frac{df}{d\xi} + f^{q_1} \left| \frac{df^m}{d\xi} \right|^{p_1} + \alpha f = 0 \quad (5)$$

где

$$\alpha = \frac{p_1 - p(\sigma + 1)}{p_1(l + k(p - 2) - 1) - p(q_1 + mp_1 - 1)},$$

$$p_1(l + k(p - 2) - 1) - p(q_1 + mp_1 - 1) > 0$$

$$\beta = \frac{(\sigma + 1)(l + k(p - 2) - 1) - (q_1 + mp_1 - 1)}{p_1(l + k(p - 2) - 1) - p(q_1 + mp_1 - 1)}$$

Пусть функция $f(\xi)$ удовлетворяет следующим условиям:

$$f(0) = M, M \in R, f(d) = 0, 0 < d < \infty \quad (6)$$

В частности, доказана следующая теорема о глобальной разрешимости задачи (1), (2) типа Фужита.

Теорема. Пусть $l + k(p - 2) - 1 > 0, u(0, x) \leq z(0, x), x \in R^N$

$$mp_1 + q_1 - 1 < (\sigma + 1)(l + k(p - 2) - 1) + \frac{p(\sigma + 1) - p_1}{N}.$$

Тогда решение задачи (1), (2) глобально разрешимо и для решения задачи (1),(2) с компактным носителем в Q справедлива оценка

$$u(t, x) \leq z(t, x) = \bar{u}(t)(a - b\xi^{\frac{p}{p-1}})^{\frac{p-1}{l+k(p-2)-1}}, b = (k(p-2) + l - 1)(1/p)^{p/(p-1)}$$

а для фронта (свободной границы) имеет место оценка

$$[\sum_1^N (x_i)^2]^{1/2} \geq (a/b_1)^{(p-1)/p} (T + t)^\beta.$$

Получена асимптотика автомодельных решений уравнения (5) для случая быстрой и медленной диффузии.

ЛИТЕРАТУРА

[1] А.А.Самарский, В.А.Галактионов, С.П.Курдюмов, А.П.Михайлов. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений. – Москва, Наука, 1987.

[2] Hashui Zhan The Self-Similar Solutions of a Diffusion Equation WSEAS Transaction on Mathematics, 2012 Issue 4, Vol. 12 , 345-356.

[3] Арипов М.М, Садуллаева Ш.А. Компьютерное моделирование нелинейных процессов диффузии. Ташкент, Университет, 2020, 670 с.

[4] Арипов М.М., Джаббаров О.Р. Оценка и асимптотика решений решение для уравнения параболического типа с двойной нелинейностью с демпфированием // Бюллетень Института Математики, 2020, № 3, С. 108-118.

[5] Huashui Zhan and Yongping Li, On the Non-Newtonian Fluid Equation with a Source Term and a Damping Term, 2018, Article ID 9689476, 10 p.

[6] H. Zhan, Existence of solutions to an evolution p-Laplacian equation with a nonlinear gradient term, Electronic Journal of Differential Equations, 2017, No. 311, p. 15

[7] Aripov M. The Fujita and Secondary Type Critical Exponents in Nonlinear Parabolic Equations and Systems, Differential Equations and Dynamical Systems, 2018, pp. 9-24

[8] Aripov M.M., Djabbarov O.R., Estimate and asymptotic of the solution for the p-Laplacian parabolic equation of double nonlinear type with damping, Journal of Physics: Conference Series, General Physics and Astronomy. 2021J. Phys.: Conf. Ser.1901 012030.

ТОЧНАЯ ВЕРХНЯЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ В ПРОСТРАНСТВЕ $K_{m,\omega}$

Ахмадалиев Г.Н., Хакимова И.К.

Ташкентский государственный транспортный университет;

e-mail: ahmadaliyev78@mail.ru

В теории квадратур существуют различные методы, позволяющие приближенно вычислять интегралы с помощью конечного числа значений подынтегральной функции. В настоящей работе также обсуждается один из методов численного интегрирования и вычисляется оценка погрешности одной оптимальной квадратурной формулы для приближенного вычисления определенных интегралов. В связи с этим рассмотрим следующую квадратурную формулу

$$\int_0^1 \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \varphi(x_{\beta}), \quad (1)$$

с функционалом погрешности

$$\ell(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \delta(x - x_{\beta}), \quad (2)$$

где C_{β} и x_{β} коэффициенты и узлы формулы (1), $\varepsilon_{[0,1]}(x)$ - характеристическая функция отрезка $[0,1]$, и $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака.

Пусть функции φ принадлежат классу функций $K_{m,\omega}$. Здесь $K_{m,\omega}$ это гильбертово пространство, которое определено аналогично как в [1]

$$K_{m,\omega} = \{ \varphi : [0,1] \rightarrow \mathbb{R} \mid \varphi^{(m-1)} \text{ - абс. непр. и } \varphi^{(m)} \in L_2(0,1) \},$$

и норма функций в этом пространстве задается формулой

$$\|\varphi\|_{K_{m,\omega}} = \left\{ \int_0^1 \left(\varphi^{(m)}(x) - \omega^2 \varphi^{(m-2)}(x) \right)^2 dx \right\}^{1/2}. \quad (3)$$

Погрешностью квадратурной формулы (1) называются разность

$$(\ell, \varphi) = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) \varphi(x) dx = \int_0^1 \varphi(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \varphi(x_{\beta}) \quad (4)$$

Задача построения оптимальных квадратурных формул в пространстве $K_{m,\omega}$ - это вычисление следующей величины:

$$\|\ell\|_{K_{m,\omega}^*} = \inf_{C_{\beta}} \|\ell\|_{K_{m,\omega}^*}. \quad (5)$$

Погрешность формулы (1) является линейным функционалом в $K_{m,\omega}^*$, где $K_{m,\omega}^*$ - сопряженное пространство к пространству $K_{m,\omega}$.

Эта задача состоит из двух частей: сначала мы должны вычислить норму $\|\ell\|_{K_{m,\omega}^*}$ функционала погрешности (2) в пространстве $K_{m,\omega}^*$, а потом минимизировать C_{β} и x_{β} коэффициенты и узлы формулы.

Теперь мы занимаемся решением первой части этой задачи, т.е. вычислением нормы $\|\ell\|_{K_{m,\omega}^*}$ функционала погрешности (2). Для этого мы пользуемся понятием экстремальной функции функционала погрешности (2), введенным С.Л.Соболевым [2,3].

Функция ψ_{ℓ} , для которой выполняется равенство

$$|(\ell, \psi_{\ell})| \leq \|\ell\|_{K_{m,\omega}^*} \cdot \|\psi_{\ell}\|_{K_{m,\omega}} \quad (6)$$

называется экстремальной функцией функционала погрешности (2).

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Экстремальная функция ψ_{ℓ} функционала погрешности ℓ квадратурной формулы (1) имеет следующий вид

$$\psi_{\ell}(x) = (-1)^m \ell(x) * G_m(x) + d_1 \sinh \omega x + d_2 \cosh \omega x + R_{m-3}(x),$$

где d_1, d_2 - действительные числа, $R_{m-3}(x)$ - полином степени $m-3$, и

$$G_m(x) = \frac{\operatorname{sgn}(x)}{4\omega^{2m-1}} \left[\omega x \cdot \cosh(\omega x) - (2m-3) \sinh(\omega x) + 2 \sum_{k=1}^{m-2} \frac{(m-k-1)(\omega x)^{2k-1}}{(2k-1)!} \right]. \quad (7)$$

Кроме того, функционалу погрешности (2), удовлетворяют следующие условиям

$$(\ell, \sinh \omega x) = 0,$$

$$(\ell, \cosh \omega x) = 0,$$

$$(\ell, x^{\alpha}) = 0, \quad \alpha = 0, 1, \dots, m-3.$$

Теперь, используя теорему 1, мы сразу получаем следующее представление нормы функционала погрешности квадратурных формул в пространстве $K_{m,\omega}$:

$$\begin{aligned} \|\ell | K_{m,\omega}^*\|^2 = (\ell, \psi_\ell) = & (-1)^m \left[\sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_\beta C_\gamma G_m(x_\beta - x_\gamma) - \right. \\ & \left. - 2 \sum_{\beta=0}^N C_\beta \int_0^1 G_m(x - x_\beta) dx + \int_0^1 \int_0^1 G_m(x - y) dx dy \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Эта работа посвящена оценке погрешности построенной оптимальной квадратурной формулы. Тем самым получена точная верхняя оценка погрешности оптимальной формулы.

Литература

- [1]. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. -Москва: Мир, 1972. - 316 с.
- [2]. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул.-М.: Наука, 1974,-808с
- [3]. Соболев С.Л., Васкевич В.Л. Кубатурные формулы. -Новосибирск: Издательство ИМ СО РАН, 1996. -484 с.

КВАДРАТ НОРМЫ ФУНКЦИОНАЛА ПОГРЕШНОСТИ ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛА ТИПА КОШИВ ПРОСТРАНСТВЕ СОБОЛЕВА

¹Ахмедов Д.М., ²Алиев Ш.Э.

¹Институт математики им. В.И. Романовского, АН РУз

²Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека

e-mail: dilshodaxmedov@gmail.com, shoxjaxon.aliyev@mail.ru

Многие прикладные задачи механики сплошной среды (аэродинамики, теории упругости, электродинамики и других областей) естественным образом сводится к сингулярным интегральным уравнениям. При этом (см.[1]) плоские задачи, которые часто является хорошими модельными задачами, сводится к одномерным сингулярным уравнениям, для которых имеется довольно полная, хорошая изложенная в монография [2,3] теория.

А в книге [1] приводятся некоторые основные сведения из теории одномерных сингулярных интегралов и уравнений с такими интегралами. Известно, что решения таких интегральных уравнений выражаются с помощью сингулярных интегралов. Поэтому приближенное вычисление сингулярных интегралов с большой точностью является *актуальной задачей* вычислительной математики.

В связи с этим рассмотрим следующую квадратурную формулу

$$\int_0^1 \frac{\varphi(x)}{x-t} dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(x_\beta), \quad (1)$$

и соответственно ее функционал погрешности

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[-1,1]}(x)}{x-t} - \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \delta(x - x_\beta), \quad (2)$$

где $-1 < t < 1$, $C[\beta]$ - коэффициенты, x_β ($\in [-1, 1]$) - узлы квадратурной формулы (1), N - натуральное число, $\varepsilon_{[-1,1]}(x)$ - характеристическая функция отрезка $[-1, 1]$, δ - дельта-функция Дирака, φ - функция из пространства $L_2^{(m)}(-1, 1)$.

Так, как $\ell(x)$ определен на пространстве Соболева $L_2^{(m)}(-1, 1)$ необходимо

$$(\ell, x^\alpha) = 0, \quad \alpha = 0, 1, \dots, m-1. \quad (3)$$

Напомним, что выполнения равенство (3) означает что наша квадратурная формула (1) будить точно для многочленов степени $m-1$. Основным результатом настоящей работы является следующая теорема.

Теорема. Квадрат нормы функционала погрешности оптимальной квадратурной формулы (1) на пространстве Соболева имеет вид

$$\|\ell\|^2 = (\ell, \psi_\ell) = (-1)^m \left[\sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_\beta C_\gamma \frac{|x_\beta - x_\gamma|^{2m-1}}{2 \cdot (2m-1)!} - 2 \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \int_{-1}^1 \frac{|x - x_\beta|^{2m-1}}{2 \cdot (2m-1)! (x-t)} dx + \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \frac{|x-y|^{2m-1}}{2(2m-1)! (x-t)(y-t)} dx dy \right].$$

Литература

- [1]. Бахвалов Н.С. Численные методы. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - Москва: Лаборатория базовых знаний, 2001. -632 с.
- [2]. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях - Москва: Наука, 1985. -256с.
- [3]. Бойков И.В. Приближенного методы вычисления сингулярных и гиперсингулярных интегралов. 1 часть, Изда-во, Пенза 2005.

ЭФФЕКТИВНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИНОМА ЖЕГАЛКИНА

Байжуманов А. А.

Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, г. Шымкент, Казахстан.

e-mail: absattar52@mail.ru

Рассматриваем аналитические критерии преобразования формул:

$$\{U_i\}_\vee^m \equiv \{U_j^*\}_\oplus^{m^1}, \quad \{U_i\}_\&^m \equiv \{U_j^*\}_\oplus^{m^1},$$

что позволяет исключить промежуточные результаты в процессе преобразования и оценка их сложности $-K_{0_2}^{0_1}(m), L_{0_2}^{0_1}(m)$, где $m^1 = K_{0_2}^{0_1}(m)$ - число сложных конъюнкций (с. к.) в $\{U_j^*\}_{0_2}^{m^1}$; U_i, U_j^* - с. к.; $0_1, 0_2$ - символы логических операции; $L_{0_2}^{0_1}(m)$ - число вхождении переменных в $\{A_j^*\}_{0_2}^{m^1}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, \dots, m^1$.

Определение . Множества элементарных или сложных конъюнкций вида $\{x_{i1}^{\sigma_1} \cdot x_{i2}^{\sigma_2} \cdot \dots \cdot x_{ie}^{\sigma_e}\}$ будем называть подобными, если $\sigma_{it} = 1$, $\sigma_{jk} = 0$,

$t = 1, 2, \dots, q$; $k = q+1, q+2, \dots, e$, где $x_{i_{jk}}$ называется переменные с отрицанием, а число e рангом элементарной конъюнкций.

Теорема-1. Преобразование

$$\{U_i\}_V^m \equiv \{U_j^*\}_\Sigma^{m1}$$

имеет вид

$$\{U_j^*\}_\Sigma^{m1} = \sum_{\sigma_1 \vee \sigma_2 \vee \dots \vee \sigma_m = 1} (U_{i_1}^{\sigma_{i_1}} \& U_{i_2}^{\sigma_{i_2}} \& \dots U_{i_k}^{\sigma_{i_k}}), \quad (1)$$

где $\{\sigma_{i_1}, \sigma_{i_2}, \dots, \sigma_{i_k}\} \in \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m\}$, $\sigma_{i_1} = \sigma_{i_2} = \dots = \sigma_{i_k} = 1$, $i_k \in \{1, 2, \dots, m\}$, $k \leq m$.

и

$$L_\Sigma^V(m) = \sum_{i=1}^m (i \cdot C_m^i), \quad K_\Sigma^V(m) = 2^m - 1.$$

Доказательство. Через B_k и l_k обозначим выражение и число с.к. после преобразования формул $\bigvee_{i=1}^k U_i$ к полиному Жегалкина.

Для $k = 2$ и $k = 3$ формулы находим очень просто:

$$U_1 \vee U_2 = U_1 U_2 \oplus U_1 \oplus U_2 = B_2, \quad l_2 = 3;$$

$$U_1 \vee U_2 \vee U_3 = B_2 U_3 \oplus B_2 \oplus U_3 = U_1 U_2 U_3 \oplus U_1 U_3 \oplus$$

$$\oplus U_2 U_3 \oplus U_1 U_2 \oplus U_1 \oplus U_2 \oplus U_3 = B_3, \quad l_3 = l_2 + l_2 + 1 = 7.$$

Пусть $k = n+1$, тогда справедливо следующее:

$$U_1 \vee U_2 \vee \dots \vee U_n \vee U_{n+1} = B_n U_{n+1} \oplus B_n \oplus U_{n+1},$$

$$l_{n+1} = 2l_n + 1.$$

Если для B_k ($k = 1, \dots, n+1$) число с.к. вычисляем последовательно:

$$K = 1, \quad l_1 = 1 = 2^1 - 1,$$

$$K = 2, \quad l_2 = 2l_1 + 1 = 3 = 2^2 - 1,$$

$$K = 3, \quad l_3 = 2l_2 + 1 = 7 = 2^3 - 1,$$

$$K = n+1, \quad l_{n+1} = 2l_n + 1 = 2^{n+1} - 1,$$

то нетрудно заметить, что для m переменных имеем

$$l_m = K_\Sigma^V(m) = 2^m - 1.$$

Если учесть, что $E_m^2 = 2^m$ и $K_\Sigma^V(m) = 2^m - 1$, то разложение состоит из всевозможных единичных m -мерного куба, через которые можно легко записать в аналитическом виде формулу (1).

Известно, что в каждом уровне i m -мерного куба имеется C_m^i наборов и в каждом наборе участвует i единиц, которым соответствует m переменных. Следовательно, вхождение переменных в полином $\{U_j^*\}_\Sigma^{m1}$ равно

$$L_\Sigma^V(m) = \sum_{i=1}^m (i \cdot C_m^i).$$

Теорема доказано.

Теорема -2. Преобразование

$$\{U_i\}_\&^m \equiv \{U_j^*\}_\Sigma^{m1}$$

на аналитическом виде представляется единственным образом в виде разложения по mod 2

$$\begin{aligned} \bigwedge_{i=1}^m (\neg U_i) &= \bigwedge_{i=1}^m U_i \oplus \bigwedge_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^2 \sum_{k=\ell+1}^3 \dots \sum_{k=\ell+1}^m U_i U_j \dots U_k \oplus \dots \\ &\dots \oplus \bigwedge_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^m U_i U_j \oplus \bigwedge_{i=1}^m U_i \oplus 1. \end{aligned}$$

Доказательство теоремы приводится с помощью методом индукции. Поэтому оставляем эту задачу для читателя.

Пусть $P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^{k+1} U_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – полином над базисом B^* , где U_i э.к., $U_l \neq U_j$ и через $U(\sigma_{i_1}, \sigma_{i_2}, \dots, \sigma_{i_k})$ обозначим э.к.

$$U = x_{i_1}^{\sigma_{i_1}} \cdot x_{i_2}^{\sigma_{i_2}} \times \dots \cdot x_{i_k}^{\sigma_{i_k}}.$$

Теорема-3. Полином $P(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$ тождественно равен единице, если P можно записать в виде

$$U_{j_1}(\sigma_{i_1}) \oplus U_{j_2}(\overline{\sigma_{i_1}}, \sigma_{i_2}) \oplus U_{j_3}(\overline{\sigma_{i_1}}, \overline{\sigma_{i_2}}, \sigma_{i_3}) \oplus \dots \oplus U_{j_k}(\overline{\sigma_{i_1}}, \dots, \overline{\sigma_{i_{k-1}}}, \sigma_{i_k}) \oplus U_{j_{k+1}}(\overline{\sigma_{i_1}}, \dots, \overline{\sigma_{i_{k-1}}}, \overline{\sigma_{i_k}}), \quad (2)$$

где $U_{j_i} \in U_i, i=1,2,\dots,k+1$.

Доказательство. Запишем полином (2) в общем виде следующим образом:

$$\sum_{i=1}^k (\&_{j=1}^{i-1} x_{i_j}^{\overline{\sigma_{i_j}}}) x_{i_j}^{\sigma_{i_j}} \oplus \&_{j=1}^k x_{i_j}^{\overline{\sigma_{i_j}}}$$

или

$$x_{i_1}^{\sigma_{i_1}} \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} x_{i_2}^{\sigma_{i_2}} \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} x_{i_2}^{\overline{\sigma_{i_2}}} x_{i_3}^{\sigma_{i_3}} \oplus \dots \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} \dots x_{i_{k-1}}^{\overline{\sigma_{i_{k-1}}}} x_{i_k}^{\sigma_{i_k}} \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} \dots x_{i_k}^{\overline{\sigma_{i_k}}}.$$

После вынесения за скобки одинаковых элементов и согласно тождеству

$$x^\sigma \oplus x^{\overline{\sigma}} = 1 \text{ имеем:}$$

$$x_{i_1}^{\sigma_{i_1}} \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} (x_{i_2}^{\sigma_{i_2}} \oplus x_{i_2}^{\overline{\sigma_{i_2}}} (x_{i_3}^{\sigma_{i_3}} \oplus \dots \oplus x_{i_1}^{\overline{\sigma_{i_1}}} \dots x_{i_{k-1}}^{\overline{\sigma_{i_{k-1}}}} (x_{i_k}^{\sigma_{i_k}} \oplus x_{i_k}^{\overline{\sigma_{i_k}}}) = 1.$$

Теорема доказана.

С л е д с т в и е 1.

$$U_{j_1} \oplus \dots \oplus U_{j_{i-1}} \oplus U_{j_{i+1}} \oplus \dots \oplus U_{j_{k+1}} \equiv U_{j_i} \oplus 1,$$

если U_{j_l} удовлетворяет условию формулы (2), где U_{j_l} э.к., $l = 1, 2, \dots, k+1$.

С л е д с т в и е 2. Если э.к. $U_i, i=1, \dots, m; G_j, j=1, \dots, t$ можно записать в виде

$$U_i = A \cdot U_i', G_j = A \cdot G_j', \text{ где } A, U_i', G_j' - \text{э.к. и } \sum_{i=1}^m U_i' = 1, \sum_{j=1}^t G_j' = 1, \text{ то } \sum_{i=1}^m U_i \oplus \sum_{j=1}^t G_j = 0.$$

Рассмотрены некоторые важные проблемы преобразования логических формул полученных от функции последовательной дизъюнкции и конъюнкции к виду полинома Жегалкина и оценки их сложности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Байжуманов А.А. Эффективное использования линейных форм при решении систем логических уравнений второй степени // PROCEEDINGS of the international scientific conference «SCIENCE AND INNOVATION: NEWS, PROBLEMS AND ACHIEVEMENTS» 30-31 May 2022, СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ международной научной конференции «НАУКА И ИННОВАЦИИ: НОВОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ» 2022.-Түркістан.-С.169-173-труды конференций

[2] Байжуманов А.А., Уалиханова А.Т. Жалпыланған жұтылу критерий көмегімен күрделі конъюнкцияларды қысқарту// «Қазіргі заманғы ғылыммен білімнің инновациялық дамуы: өзекті мәселелер, жетістіктер мен перспективалары» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында (ҚР білім және ғылым министрлігі Алматы қаласының жас ғалымдар кеңесі, 11-қаңтар 2021 ж.)

[3] Водопьянов В.К. «Реализация аналитических и логических выражений в дискретных преобразователях,- Автоматика и вычислительная техника, 1990г, N4, стр-21-28.

ВАЛЛАР ЖУФТЛИКЛАРИ ОРАСИДА n ТА ТАЯНЧ ПЛИТАСИНИНГ ҲАРАКАТЛАНИШИ ЖАРАЁНИ ДИНАМИКАСИ

Бахадиров Г.А., Рахимова З.А.

*ЎзР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти
e-mail: instmech@rambler.ru, zarnigor.rahimova.92@mail.ru*

Хозирда дунё миқёсида чарм маҳсулотларни ишлаб чиқаришда энергия ва ресурстежамкор технологияларни қўллаш орқали уларнинг сифатини оширишга катта эътибор қаратилмоқда. Мамлакатимизда ҳам кўнчилик саноатининг ривожланиши муҳим иқтисодий йўналишлардан бири бўлиб, халқ истеъмоли товарлари ишлаб чиқаришда катта ўринга эгаллигини статистика маълумотлари билан асослаш мумкин. Сўнгги йилларда амалга оширилган технологик янгиланиш ва маҳаллийлаштириш натижасида экспорт ҳажми 105 млн доллардан 421 млн долларга етган, тайёр маҳсулотлар улуши 32% дан 78% га кўпайган [1].

Тадқиқотлар натижасида, донали ясси материалларга механик ишлов бериш машинасига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан IAP 06628 сонли ихтирога патент олинган [2-3]. Ихтиро чарм саноатида, яъни донали ясси материалларга, асосан кўн ярим маҳсулотларга механик ишлов бериш учун қўлланилади. Иккита текислаш ва иккита сиқиш валлари бир-бирининг устига жойлашган бўлиб, уларнинг ҳар бир жуфти териларни узатиш йўналиши бўйича симметрик тарзда ўрнатилган, иккита симметрик ярмидан ташкил топган таянч плитаси, қайта ишланган терини эгиш ва олдинга силжитиш учун терининг иккала ярмини бир вақтнинг ўзида қайта ишлаш учун текислаш ва сиқиш валлари ўртасида ҳаракатланади.

Валлар жуфтликлари орасида n та таянч плитасининг ҳаракатланиши жараёни динамикасини, Динамиканинг умумий тенгламасидан яъни, Даламбер-Лагранж принциpidан фойдаланилган ҳолда кўриб чиқамиз. Агар ҳаракатдаги механик система нуқталарига идеал ва бўшатмайдиган боғланишлар қўйилган бўлса, у ҳолда система нуқталарига таъсир этувчи актив кучларнинг ҳамда инерция кучларининг ҳар қандай мумкин бўлган кўчишидаги элементар ишларининг йиғиндиси ҳар онда нолга тенг бўлади, яъни [4]:

$$\sum (\bar{F}_k + \bar{\Phi}_k) \delta \bar{r}_k = 0. \quad (1)$$

(1) тенглама динамиканинг умумий тенгламаси дейилади. Ушбу тенглама Даламбер-Лагранж принципи дейилали. (1) тенгламани декарт координата ўқларидаги проекциялари орқали ифодаласак қуйидагига тенг бўлади.

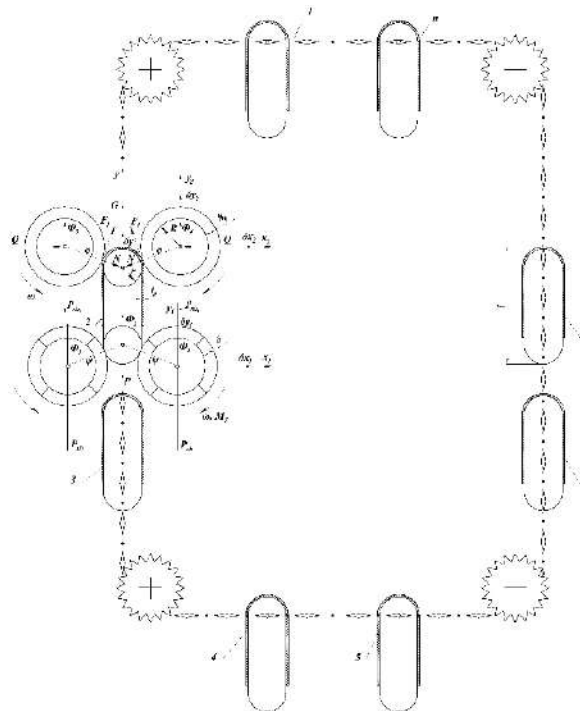
$$\sum [(X_k - m_k \ddot{x}_k) \delta x_k + (Y_k - m_k \ddot{y}_k) \delta y_k + (Z_k - m_k \ddot{z}_k) \delta z_k] = 0 \quad (2)$$

Тадқиқот жараёнида валлар жуфтликлари орасида n та таянч плитасининг ҳаракатланишига таъсир қилувчи бир қатор факторлар: валлар диаметри, валларнинг қопламаси қалинлиги ва унинг физик-механик хоссалари, таянч плитасининг геометрик ўлчамлари, босим кучи, занжирнинг тортиш кучларини инобатга олган ҳолда назарий таҳлил қилиб чиқамиз. Масалани ечиш жараёнида дастлаб қаралаётган системанинг расмдаги схемага кўра, координаталар бўйича мумкин бўлган кўчишларини аниқлаб динамиканинг умумий тенгламасини тузиб чиқамиз.

Системага қўйилган боғланишлар идеал бўлгани учун реакция кучларининг ва ишқаланиш кучларининг мумкин бўлган кўчишлардаги бажарган ишлари нолга тенг бўлиб кетади. Шу сабабли реакция кучлари ва ишқаланиш кучлари динамиканинг умумий тенгламасида қатнашмайди.

$$\begin{aligned} & (-2P_{sh} + 2\Phi_{2,3} + G) \delta y_1 - 2Q \delta x_1 + (-2P_{sh1} + 2\Phi_{4,5} + G) \delta y_2 - 2Q \delta x_2 - 2M_i \delta \psi + \\ & + \sum_{i=1}^n (G - P - \Phi_i) \delta y_i = 0, \end{aligned} \quad (i = 1 \dots n). \quad (3)$$

бу ерда P_{sh} – текисловчи валларнинг оғирлик кучи, P_{sh1} – сиқувчи валларнинг оғирлик кучи, $\Phi_{2,3}$ – текисловчи валларнинг инерция кучи, $\Phi_{4,5}$ – сиқувчи валларнинг инерция кучи, G – занжир томонидан таянч плитага таъсир этувчи, тортувчи куч, Q – валларга таъсир кўрсатадиган босим кучи; M_i – буровчи момент.



Вал жуфтликлари орасига n та таянч плитасига илинган кўн ярим маҳсулотни вертикал йўналишда узатиш схемаси

Тадқиқот иши натижасида (3) динамиканинг умумий тенгламасидан фойдаланиб, текисловчи ва сиқувчи валларнинг радиусига нисбатан ечимлар олиниб, графиклар курилади. Олинган натижалар асосида валлар жуфтлиги орасида n та таянч плитасининг харакатланишига таъсир қилувчи параметрлар асосланади.

Адабиётлар рўйхати

- [1]. [Электронный ресурс]: <http://www.splaix.ru/k5.html>.
- [2]. Патент UZ № IAP 06628. Машина для механической обработки штучных листовых материалов. Бахадиров Г.А., Шернаев А.Н., Рахимова З.А. Официальный бюллетень Агентства по интеллектуальной собственности РУз. №12 (248). 30.12.2021 г. – С. 78.
- [3]. Рахимова З.А. Кўн ярим маҳсулотларга механик ишлов берувчи валли машинанинг конструкцияси ва ҳисоблаш усулини такомиллаштириш: Дисс. . PhD. тех. фан. – Тошкент, ТТЕСИ, 2022. –113 с.
- [4]. Шохайдарова П., Шозиётов Ш., Зоиров Ж. Назарий механика // Дарслик. Тошкент: “Ўқитувчи” нашр, 1991. – 408 б.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ КОНТАКТА С ШЕРОХОВАТЫМ ВАЛОМ

Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М.

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук
Республики Узбекистан
e-mail: instmech@rambler.ru*

Для обоснования возможности отжима влаги из мокрых материалов металлокерамическими рабочими валами рассмотрим процесс деформации поверхности последнего в зоне контакта. Это особенно важно для лицевого слоя обрабатываемого материала, так как при отжиме возможна остаточная деформация, которая зависит от высоты шероховатости, степени сжатия, радиуса вала и т.п.

Для выбора параметров металлокерамического отжимного вала с учетом целостности лицевого слоя материала рассмотрим зону контакта на рисунке [1, 2].

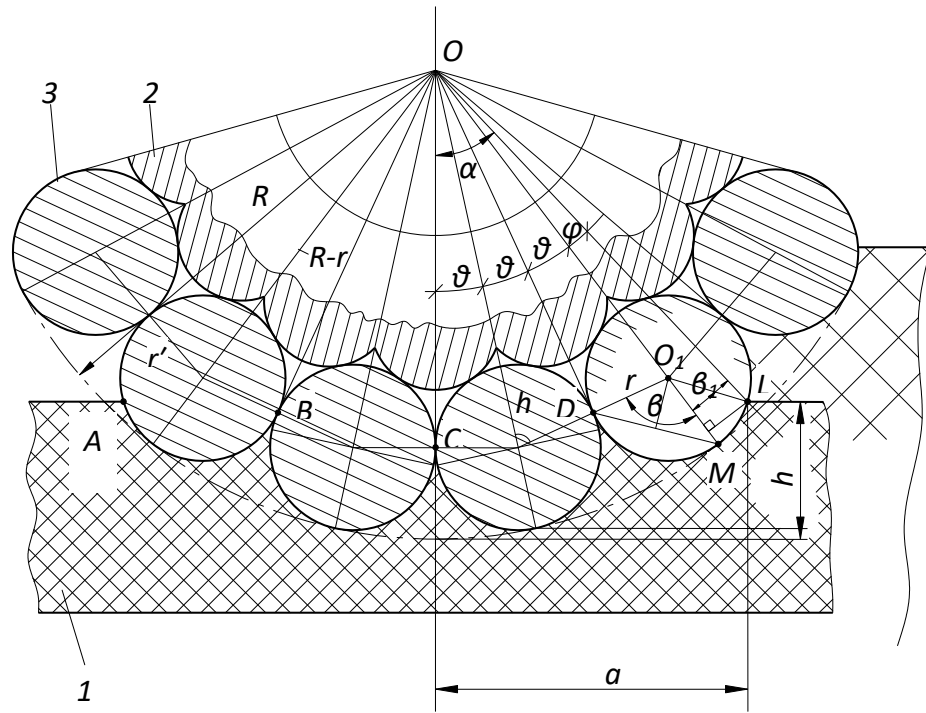


Рисунок. Схема контакта материала с шероховатым пористым металлокерамическим валом

Предположим, что радиус вала – R ; радиус частиц, из которого спрессована рабочая часть вала – r ; величина сжатия материала – h . Половину угла захвата обозначим через α , половину угла охвата окружности частиц через α , угол между линией, охвата окружности частиц через θ , β – угол, между линией, соединяющей центры окружностей, и линией, соединяющей OO_1 . Согласно этому рисунку, угол $\beta = 180 - (90 - \theta) = 90 + \theta$; длина дуги $DM = r * \beta = r(\frac{\pi}{2} + \theta)$, угол $\theta = \arcsin \frac{r}{R-r}$; длина дуги $DM = r(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{r}{R-r})$; ширину контакта $a = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$; угол $\alpha = \arcsin \frac{R-h}{R}$.

Угол α можно представить в виде $\alpha = \theta * n + \varphi$, где n – целое число;

$$n = \left(\arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{R} - \varphi \right) : \arcsin \frac{r}{R-r}$$

Определяем длину дуги

$$\begin{aligned} ML &= \operatorname{tg} \varphi (R + r * \cos \beta_1 - r) = r * \sin \beta_1; \\ \sin \varphi (R + r * \cos \beta_1 - r) &= \cos \varphi * r * \sin \beta_1; \\ -r \sin \varphi + R \sin \varphi + r \sin \varphi * \cos \beta_1 &= \cos \varphi * r * \sin \beta_1; \\ -r \sin \varphi + R \sin \varphi &= r \cos \varphi * \sin \beta_1 - r \sin \varphi * \cos \beta_1 = r \sin(\beta_1 - \varphi) \\ \beta_1 - \varphi &= \arcsin \left[\left(\frac{R-r}{r} \right) * \sin \varphi \right] \approx \arcsin \frac{R}{r} * \varphi \end{aligned}$$

Теперь найдем относительное удлинение поверхности материала:

$$\lambda = \frac{CDML}{a} = \frac{(r * \beta) * n + r[\varphi + \arcsin \left(\frac{R}{r} * \varphi \right)]}{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}};$$

Окончательно относительное удлинение лицевого слоя в зависимости от параметров R, r, h примет следующий вид:

$$\lambda = \frac{r(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{r}{R-r})(\arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{R} - \varphi)}{\sqrt{R^2 + (R-h)^2} * \arcsin \frac{r}{R-r}} + \frac{r(\varphi + \arcsin \frac{R}{r} * \varphi)}{\sqrt{R^2 + (R-h)^2}}$$

На ЭВМ вычислены относительное удлинение по формуле при ниже заданных значениях параметров R, r, h (рис.).

Таблица. Значение радиуса отжимного вала, радиуса частиц и деформация материала (на примере кожи)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R, \text{ м}$	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20	0,25				
$r, 10^{-3} \text{ м}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,100		
$h, 10^{-3} \text{ м}$	0,25	0,50	0,751	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00

Расчет удлинения лицевого слоя при заданных выше значениях параметров показывает, что максимальное удлинение лицевого слоя составляет 64%.

Сравнивая максимальное удлинение лицевого слоя кожи равное 64% при отжиге металлокерамическими отжимными валами и удлинение по В.С.Островскому, можно заключить, что в интервале параметров радиуса вала, радиуса частиц и величин сжатия (см. таблицу) повреждений лицевого слоя кожи после хромового дубления и готовой кожи не будет.

Литература

- [1] Островский В.С. Исследование структуры и свойства сырья, полуфабрикатов и готовой кожи хромового дубления для верха обуви из шкур крупного рогатого скота средних развесов с разработкой эффективных методов оценки деформационной прочности. Дисс. канд. техн. наук. Киев, 1980.
- [2] Шибряев В.Ф., Павловская Б.И. Металлокерамические фильтрующие элементы. М.: Машиностроение, 1972. 118 с.

О МЕТОДЕ ГАУССА-КУЗЬМИНА ДЛЯ ЦЕПНЫХ ДРОБЕЙ

Бектемиров И.Т.

Нукусский государственный педагогический институт;

e-mail: ilkhom.bektemirov@inbox.ru

Теория математического моделирования процесса роста кристаллических структур в настоящий момент далека от своего завершения. Причиной этого является отсутствие соответствующего геометрического аппарата. В работе исследуется алгоритм получения частотного распределения натуральных чисел в представлении действительных чисел цепными дробями. Согласно известной теореме Гаусса – Кузьмина, ([1], стр.

110), вероятность $R(m)$ появления натурального числа в разложении для почти всех действительных чисел равна

$$R(m) = \frac{1}{\ln 2} \ln \left(1 + \frac{1}{m(m+2)} \right) \quad (1)$$

Чтобы получить статистику такого распределения надо взять репрезентативную выборку чисел $r_1, r_2, \dots, r_k, \dots, r_N \subset [a, b]$, разложить эти числа в цепные дроби по правилу

$$r_k = a_0^k + \frac{1}{a_1^k + \frac{1}{a_2^k + \dots + \frac{1}{a_n^k}}} = \{a_0^k, a_1^k, a_2^k, \dots, a_n^k\}, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

и рассмотреть матрицу данных, состоящую из выборок (2)

$$\begin{array}{c} a_1^1 a_2^1 \dots a_n^1 \\ \dots \\ a_1^k a_2^k \dots a_n^k \\ \dots \\ a_1^N a_2^N \dots a_n^N \end{array} \quad (3)$$

Для каждой строки матрицы обозначим $P_n^k(m)$ относительную частоту появления натурального числа m - отношение числа повторений натурального m в этой строке к длине n этой строки. При таком построчном вычислении мы должны получить согласно теореме Гаусса - Кузьмина

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_n^k(m) = R(m) \quad (4)$$

где предел не зависит от выбора строки K в матрице представлений (3).

Главные два препятствия на пути вычисления предела (4) состоят в следующем. Во-первых, требуется построить и обосновать репрезентативность выборки (3), ведь теорема Гаусса - Кузьмина на множестве рациональных чисел не выполняется в силу конечности подходящих цепных дробей таких чисел. Во - вторых, для обработки данных надо построить конечные выборки рациональных чисел, аппроксимирующих числа из предположительно репрезентативной выборки действительных чисел. Такие выборки содержат конечное не большое число элементов подходящей цепной дроби, поэтому смоделировать численно предел (4) можно только при неоправданно больших вычислительных затратах. В данной работе проверяется относительные частоты не на каждой отдельно взятой строке рационального числа из выборки (3), а по столбцам на всей матрице (3), когда эта матрица представляет репрезентативную выборку. Другими словами, будем исследовать частоты натуральных чисел на первом, втором, и так далее столбцах в разложении (3) всей выборки $r_1, r_2, \dots, r_N$, при $N \rightarrow \infty$.

Литература

[1] Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фаддеев. – М.: Физматлит, 2006. – 500 с.

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ОДНОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ РАЗНОСТНОЙ ФОРМУЛЫ

^{1,2}Болтаев А.К., ²Абдулхакимова Д.Х.

¹Институт математики им. В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан;

²Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека;

e-mail: aziz_boltayev@mail.ru, xolmatovadilafuruz@gmail.com

В настоящей работе рассматривается задача о приближенном решении линейного обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка

$$y' = f(x, y), x \in [0, 1] \quad (1)$$

с начальным условием $y(0) = y_0$. Предположим, что $f(x, y)$ – подходящая функция и дифференциальное уравнение (1) с начальным условием имеет единственное решение на отрезке $[0, 1]$.

Всем известно, что существует множество методов решения начальной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения (1). Например, начальную задачу можно решить с помощью формул Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса-Башфорта и Адамса-Мултона разной степени [1]. В работе [2] было показано, что метод Адамса-Башфорта-Мултона лучше, чем метод Милна Симпсона, при решении дифференциального уравнения второго порядка.

Наша цель в этой работе состоит в том, найти явное выражения экстремальной функции явной оптимальной разностной формулы в гильбертовом пространстве $W_2^{(2,0)}(0,1)$.

В связи с этим, рассмотрим следующую явную разностную формулу типа Адамса-Башфорта:

$$\sum_{\beta=0}^k C[\beta] \varphi[\beta] - h \sum_{\beta=0}^{k-1} C_1[\beta] \varphi'[\beta] \cong 0, \quad (2)$$

с функционалом погрешности

$$\ell(x) = \sum_{\beta=0}^k C[\beta] \delta(x - h\beta) + h \sum_{\beta=0}^{k-1} C_1[\beta] \delta'(x - h\beta), \quad (3)$$

где $h = 1/N$, N – натуральное число, $C[\beta]$ и $C_1[\beta]$ – коэффициенты, функции φ принадлежат гильбертовому пространству $W_2^{(2,0)}(0,1)$. Норма функций в этом пространстве определяется следующим образом

$$\|\varphi\|_{W_2^{(2,0)}} = \left\{ \int_0^1 (\varphi''(x) + \varphi(x))^2 dx \right\}^{1/2}. \quad (4)$$

Следующая разница между суммами, приведенными в формуле (2), называется погрешность

$$(\ell, \varphi) = \sum_{\beta=0}^k C[\beta] \varphi(h\beta) - h \sum_{\beta=0}^{k-1} C_1[\beta] \varphi'(h\beta). \quad (5)$$

Следует также отметить, что поскольку функционал погрешность ℓ определен на пространстве $W_2^{(2,0)}(0,1)$, он удовлетворяет следующим условиям

$$(\ell, \sin(x)) = 0, \quad (\ell, \cos(x)) = 0.$$

Функция, ψ_ℓ удовлетворяющая следующему уравнению, называется экстремальной функцией [3] разностной формулы (2)

$$(\ell, \psi_\ell) = \|\ell\|_{W_2^{(2,0)*}} \cdot \|\psi_\ell\|_{W_2^{(2,0)}}. \quad (6)$$

Поскольку пространство $W_2^{(2,0)}(0,1)$ является гильбертовым, то из теоремы Рисса об общем виде линейного непрерывного функционала в гильбертовом пространстве существует функция ψ_ℓ (являющаяся экстремальной функцией), которая удовлетворяет следующему уравнению

$$(\ell, \varphi) = \langle \psi_\ell, \varphi \rangle_{W_2^{(2,0)}} \quad (7)$$

и выполняется равенство $\|\ell\|_{W_2^{(2,0)*}} = \|\psi_\ell\|_{W_2^{(2,0)}}$, здесь $\langle \psi_\ell, \varphi \rangle_{W_2^{(2,0)}}$ есть скалярное произведение в пространстве $W_2^{(2,0)}(0,1)$ и определяется следующим образом [4]

Теорема. Решение уравнения (7) имеет вид

$$\psi_\ell(x) = (G_2 * \ell)(x) + d_1 \sin(x) + d_2 \cos(x) \quad (8)$$

и является экстремальной функцией для разностной формулы (2), где $G_2(x) = \frac{\operatorname{sgn}(x)}{4}(\sin(x) - x \cos(x))$, d_1 и d_2 – действительные числа.

Литература

- [1] Burden R.L., Faires D.J., Burden A.M. Numerical analysis. - Boston, Cengage Learning, 2016, 896 p.
- [2] Adekoya Odunayo M. and Z.O. Ogunwobi. Comparison of Adams-BashforthMoulton Method and Milne-Simpson Method on Second Order Ordinary Differential Equation. Turkish Journal of Analysis and Number Theory, vol.9, no.1, 2021: 1-8.
- [3] Babuska I., Sobolev S.L. Optimization of numerical methods. - Apl. Mat., 1965, 10, 9-170.
- [4] Boltaev A., Shadimetov Kh., Nuraliev F. The extremal function of interpolation formulas in $W_2^{(2,0)}$ space, Вестник КРАУНЦ, Физ-мат. науки, 2021, 36(3), 123–132

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ КАЛЬЦИДНОГО КОЛЛЕКТОРА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА

Бурнашев В., Кайтаров З., Искандарова Д.

Самаркандский государственный университет

e-mail: vladimir.burnash@mail.ru, z.qaytarov@gmail.com

Кислотные обработки кальцидных коллекторов нефтяных пластов являются наиболее распространенным способом химического воздействия для интенсификации добычи нефти. Несмотря на многолетний опыт применения и большой объем проведенных исследований, направленных на совершенствование и повышение эффективности метода, значительная часть обработок не дает положительных результатов [1]. Эффективность кислотных обработок кальцидных коллекторов нефтяных пластов зависит от концентрации кислоты, ее количества, давления при обработке, температуры на забое, характера пород и других факторов. Для проведения кислотных обработок объем, и концентрация раствора кислоты планируются для каждого месторождения индивидуально, так как точно подсчитать эти параметры затруднительно. Сложность подобной задачи наряду с проблемами расчета процессов многофазной фильтрации усиливается необходимостью учета вида химических реакций для кальцидных коллекторов нефтяных пластов. Поэтому актуальной задачей является разработка математической модели гидродинамических процессов происходящих в кальцидных коллекторах нефтяного пласта при его кислотной обработке. Целью работы является разработка математической модели кислотной обработки кальцидного коллектора нефтяного пласта.

Математическая модель кислотной обработки кальцидного коллектора призабойной зоны нефтяного пласта в плоско-радиальном постановке включает в себя уравнение сохранения массы кислотной компоненты, внедряемой в пласт; уравнение сохранения массы соли, образующейся в результате химической реакции и растворенной в воде; уравнение сохранения массы водной компоненты, образующейся в результате химической реакции и внедряемой в пласт; уравнение сохранения массы взвешенных частиц, образующихся в результате химической реакции; уравнение сохранения массы водной фазы; уравнение сохранения массы нефтяной фазы, уравнение сохранения массы минерала, уравнения скорости фильтрации водной и нефтяной фаз, уравнение сохранения энергии смеси. Добавляя балансовые соотношения, уравнения состояния, эмпирические зависимости для вязкостей, абсолютной и относительных фазовых проницаемостей, начальные условия и граничные условия, получим замкнутую систему уравнений, описывающих физико-химические процессы, происходящие в призабойной зоне нефтяного пласта при ее кислотной обработке.

Литература

[1] Петрова Л.В., Султанбекова Э.А. Интенсификация добычи нефти методом солянокислотной обработки на поздней стадии эксплуатации нефтяного месторождения // The scientific heritage, No 46 (2020).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ ДОЛОМИТНОГО КОЛЛЕКТОРА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА

Бурнашев В., Эшмурзаев У.

Самаркандский государственный университет

e-mail: vladimir.burnash@mail.ru

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция снижения извлекаемых запасов углеводородного сырья. Новые месторождения, вводящиеся в эксплуатацию, как правило, представлены низкопродуктивными, слабопроницаемыми коллекторами. В подобных коллекторах приток жидкости и газа к скважинам часто очень мал, несмотря на большую депрессию давления. Одним из способов решения данной проблемы является применение различных типов кислотных обработок коллекторов. Кислотные обработки дают хороший результат в слабопроницаемых доломитовых породах. На сегодняшний день существуют различные технологии проведения кислотных обработок от кислотных ванн с «нулевой» скоростью обработки до критических скоростей с превышением давления разрыва с формированием кислотного ГРП [1]. Однако при наличии широкого спектра кислотных систем до сих пор нет ясности, при каких условиях наиболее эффективно применять ту или иную технологию, на практике сложившиеся методики выбора технологии отсутствуют. Сложность подобной задачи наряду с проблемами расчета процессов многофазной фильтрации усиливается необходимостью учета вида химических реакций в доломитовых коллекторах нефтяного пласта при его кислотной обработке. Поэтому актуальной задачей является разработка математической модели гидродинамических процессов происходящих в доломитном коллекторе нефтяном пласте при его кислотной обработке. Целью работы является разработка математической модели кислотной обработки доломитного коллектора нефтяного пласта.

Математическая модель кислотной обработки карбонатного коллектора призабойной зоны нефтяного пласта с учетом когматации породы в плоско-радиальном постановке включает в себя уравнение сохранения массы кислотной компоненты, внедряемой в пласт; уравнение сохранения массы соли, образующейся в результате химической реакции и растворенной в воде; уравнение сохранения массы водной компоненты, образующейся в результате химической реакции и внедряемой в пласт; уравнение сохранения массы взвешенных частиц, образующихся в результате химической реакции; уравнение сохранения массы водной фазы; уравнение сохранения массы нефтяной фазы, уравнение изменения пористости, уравнение изменения

положения фронта кислоты [2], изменение удельной поверхности реакции уравнение сохранения массы минерала, уравнения скорости фильтрации водной и нефтяной фаз, уравнение сохранения энергии смеси. Добавляя балансовые соотношения, уравнения состояния, эмпирические зависимости для вязкостей, абсолютной и относительных фазовых проницаемостей, начальные условия и граничные условия, получим замкнутую систему уравнений, описывающих физико-химические процессы, происходящие в призабойной зоне нефтяного пласта при ее кислотной обработке.

Литература

[1] Басниев К. С., Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика: Учебник для вузов.-М.: Недра, 1993– 416 с: ISBN 5-247-02323-4

[2] Wennberg K. E. Determination of the filtration coefficient and transition time for water injection wells // SPE 38181, 1997.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ И КЛАССИФИКАЦИИ ЗАДАЧ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Ганиева Н.А., Ходжаев Т.Т., Узакова А.

Самаркандский филиал Ташкентского Университета Информационных технологий

Газоснабжающие системы, в плане их эксплуатации, представляют собой сложные технические системы управления, функционирование которых происходит как при полной, так и при недостаточной априорной информации.

При исследовании газоснабжающих систем с дискретным характером функционирования наиболее широкое применение получили аналитические и имитационные методы моделирования [1].

Одной из первоочередных требований, предъявляемых к таким моделям, естественно, является ее адекватность к рассматриваемой системе, которая достигается за счет использования моделей с различным уровнем детализации, зависящих от особенностей структурно-функциональной организации системы и целей исследования.

Сложность таких систем зачастую не дает возможности описать полно и детально процессы управления реальных систем, в частности, рассматриваемой газоснабжающей сети.

Следовательно, моделирование сложных технических систем управления обусловлено принципами соблюдения правил и подходов объектно-ориентированных предметных направлений, обеспечивающих корректность и достоверность результатов моделирования, среди которых наиболее приоритетными, на наш взгляд, являются:

- системный подход при решении задач анализа и синтеза;
- принцип иерархического многоуровневого моделирования;
- принцип множественности моделей.

Отметим, что в основе исследования газоснабжающих систем с использованием подходов математического моделирования лежит системный подход, конечной целью которого является системотехническое проектирование, направленное на построение системы с требуемым качеством.

Для решения задач проектирования необходимо располагать знаниями о том, как влияют различные способы структурно-функциональной организации на характеристики функционирования системы, т. е. решать задачи системного анализа. В работе предлагается информационно-логическая модель автоматизации расчетов показателей системы газоснабжения, структура которой приведена на рис.1.

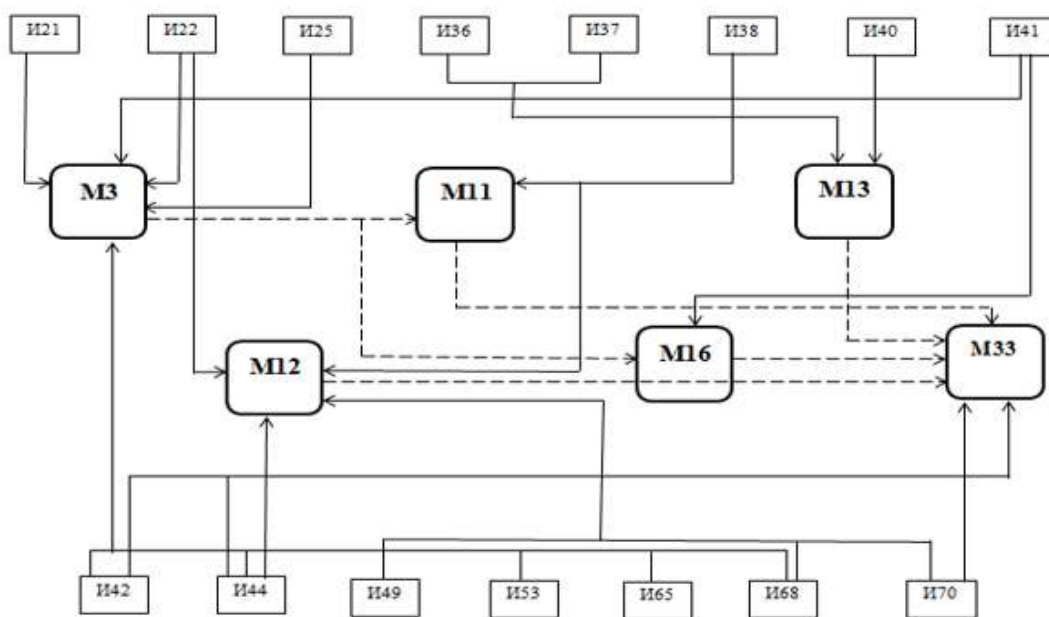


Рис. 1. Структура информационно-логической модели системы газоснабжения

В этом случае особого внимания требуют вопросы систематизации и алгоритмизации решения комплексных задач обеспечения по автоматизации расчетов трубопроводных сетей подземных и надземных коммуникаций городов. Это необходимо для разработки информационно-логической и структурной модели, произведена на основе изучения и анализа существующей методики проектирования, анализа функционирования и оперативного управления техническими системами [1,2].

Информационная база исходных данных и решенных задач приведена в таблице 1, предназначенных для решения следующих задач:

Таблица 1

Информационная база данных	Модули расчета аналитико-прикладных моделей
И ₂₁ – расход газа; И ₂₂ – ускорение свободного падения; И ₂₅ – коэффициент трения (шероховатость трубы) И ₃₆ –давление в начале расчетных	М ₃ – Расход газа по участкам; М ₁₁ –Пропускная способность газопровода; М ₁₂ –Потеря давления М ₁₃ –Температура в конце участка газопровода;

участков газопровода; И ₃₇ — давление в конце расчетных участков газопровода; И ₃₈ — внутренний диаметр газопровода; И ₄₀ — температура газа в начале участка газопровода; И ₄₁ —коэффициент одновременности; И ₄₂ — экспонента (2,72); И ₄₄ — число $\pi=3,14$; И ₄₉ — скорость газа; И ₅₃ — объем газа; И ₆₅ — длина участка; И ₆₈ —плотность газа; И ₇₀ — давление на приеме компрессорной станции;	М ₁₆ —Коэффициент одновременности; М ₃₃ —Мощность компрессорной станции.
---	---

Установлены характерные признаки газораспределительных сетей, проведен анализ информационных связей, на основе анализа сформулированы структура информационно-логической модели газоснабжения. Результаты, полученные при решении задачи анализа гидравлических параметров, будут исходными данными для последующих задач.

Литература

[49]. Ганиева Н.А. Функционально-структурный анализ, идентификация и оценка алгоритмических моделей функционирования систем газоснабжения. Ташкент. -2022. 143 стр.

[50]. Колосов А.И., Панов М.Я., Стогней В.Г. Моделирование потоков распределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения. Вестник Воронежского государственного технического университета. Выпуск №3-1, Vol.9, 2013 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

¹Ганиходжаев Р., ²Эшниязов А.

¹Национальный университет Узбекистана

²Гулистанский государственный университет

e-mail: rganikhodzhaev@gmail.com, eshniyozovabdumalik75@gmail.com

В задачах проектирования и исследования поведения реальных объектов, процессов и систем (ОПС) математические модели должны отображать реальные физические нелинейные процессы. При этом эти процессы зависят, как правило, от многих переменных.

В результате математические модели реальных ОПС описываются системами нелинейных уравнений.

Решение систем нелинейных уравнений

Дана система нелинейных уравнений

ИЛИ $f_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0, \quad i = \overline{1, n}.$

Вектор $\vec{X}$ определяет точку в n -мерном *Евклидовом пространстве*, т.е. $\vec{X}$ этому пространству и удовлетворяет всем уравнениям системы (1).

Область, в которой начальное приближение $\bar{x}^0$ сходится к искомому решению, называется *областью сходимости* G . Если начальное приближение $\bar{x}^0$ лежит за пределами G , то решение системы получить не удастся.

Выбор начальной точки $\vec{x}^0$ во многом определяется интуицией и опытом специалиста.

Для применения этого метода исходная система (1) должна быть преобразована к виду

или $x_i = \varphi_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0, \quad i = \overline{1, n}.$

Итерационный процесс поиска прекращается как только выполнится условие

219

Метод простых итераций используется для решения таких систем линейных уравнений, в которых выполняется условие сходимости итерационного процесса поиска, а именно:

т.е. сумма абсолютных величин частных производных всех преобразованных уравнений системы (2) по j – ой переменной меньше единицы.

Дана система нелинейных уравнений

или $f_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0, \quad i = \overline{1, n}.$

Метод Ньютона наиболее распространенный метод решения систем нелинейных уравнений. Он обеспечивает более быструю сходимость по сравнению с методом простых итераций.

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x_1 + h_1, x_2 + h_2, \dots, x_n + h_n) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + h_1 \frac{\delta f_1}{\delta x_1} + h_2 \frac{\delta f_1}{\delta x_2} + \dots + h_n \frac{\delta f_1}{\delta x_n} + R_1 \\ f_2(x_1 + h_1, x_2 + h_2, \dots, x_n + h_n) = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) + h_1 \frac{\delta f_2}{\delta x_1} + h_2 \frac{\delta f_2}{\delta x_2} + \dots + h_n \frac{\delta f_2}{\delta x_n} + R_2 \\ \dots\dots\dots \\ f_n(x_1 + h_1, x_2 + h_2, \dots, x_n + h_n) = f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) + h_1 \frac{\delta f_n}{\delta x_1} + h_2 \frac{\delta f_n}{\delta x_2} + \dots + h_n \frac{\delta f_n}{\delta x_n} + R_n \end{array} \right. \quad (6)$$

Если приращения h_j таковы, что переменные x_j принимают значения близкие к корню, то будем считать, что левые части уравнений системы (6) обращаются в нули. Тогда отбросив R_i сведем задачу решения системы

нелинейных уравнений (5) к решению системы линейных уравнений, в которой неизвестными являются приращения h_j , $j = \overline{1, n}$.

Итерационный процесс прекращается, как только выполнится условие $|h_j| \leq \varepsilon$; $j = \overline{1, n}$ по всем приращениям одновременно.

Метод Ньютона имеет преимущества по сравнению с другими методами. Но для метода Ньютона так же существует проблема сходимости, с увеличением числа неизвестных область сходимости уменьшается, а в случае больших систем, сходимость обеспечивается если начальная точка близка к искомому решению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Богданов, Р.И. Нелинейные динамические системы на плоскости и их приложения (с решением проблемы Гильберта) / Р.И. Богданов. - М.: Вузовская книга, 2012. - 376 с.

[2] Бортакровский, А.С. Нелинейные системы управления: описание, анализ и синтез / А.С. Бортакровский, А.В. Пантелеев, Е.А. Руденко. - М.: Вузовская книга, 2008. - 312 с.

[3] Пантелеев, А.В. Нелинейные системы управления: описания, анализ и синтез / А.В. Пантелеев. - М.: Вузовская книга, 2008. - 312 с.

БИР ЎЛЧАМЛИ УЮРМА ТЕНГЛАМАСИНИ СОНЛИ ЕЧИШ

Гуломкодиров К., Холмирзаева Н.

Термиз давлат университети

e-mail: kommiljon@mail.ru, xna_7488@mail.ru

1. Масаланинг қўйилиши.

Бир ўлчамли ҳолат учун уюрма тенгламаси $0 \leq x \leq l$ кесмада қуйидагича қўринишга эга [2]:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \psi \frac{\partial \omega}{\partial x} = \nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + Q(t, x) \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = -\omega \quad (2)$$

Бу ерда x - фазовий координата, t - вақт, ω - уюрма тенгламаси, ψ - ток функцияси тенгламаси, $Q(t, x)$ - маълум функция.

Тенгламалар (1), (2) га бошланғич ва чегаравий шартлар қуйидагича:

$$\psi(0, x) = 0, \quad \omega(0, x) = 0, \quad (3)$$

$$\psi(t, 0) = \psi(t, l) = \frac{\partial \psi}{\partial x}(t, 0) = \frac{\partial \psi}{\partial x}(t, l) = 0. \quad (4)$$

Синов функцияси учун $Q(t, x) = Q(x) = 24 + 12x^2(1 - x^2)(1 - 2x)$ деб оламыз.

$[0,1]$ кесмада тенг оралиқли $\Omega_h : \{x_i = ih, i = 0, 1, \dots, M, h = 1/M\}$ тўр киритамиз, t ўзгарувчи бўйича эса $\Omega_\tau : \{t_k = k\tau, k = 0, 1, \dots, \tau = 1/N\}$ тўрни киритамиз. $\Omega = \Omega_h \times \Omega_\tau$ тўрда айирмалли схемалар назариясидаги белгиланган стандартлар асосида[3] ошкормас схема бўйича (1)-(2) тенгламаларнинг айирмалли аппроксимациясини ёзамиз:

$$\begin{aligned} \frac{\omega_i^{j+1} - \omega_i^j}{\tau} + \psi_i^j \frac{\omega_{i+1}^{j+1} - \omega_{i-1}^{j+1}}{2h} = \\ = \frac{\omega_{i+1}^{j+1} - 2\omega_i^{j+1} + \omega_{i-1}^{j+1}}{h^2} + 24 + 12x^2(1-x^2)(1-2x) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{\psi_{i+1}^{j+1} - 2\psi_i^{j+1} + \psi_{i-1}^{j+1}}{h^2} = -\omega_i^{j+1} \quad i = \overline{1, M-1} \quad (6)$$

Энди (3) ва (4) тенгламаларни аппроксимациялаймиз:

$$\psi_i^0 = 0, \quad \omega_i^0 = 0, \quad i = \overline{0, M-1} \quad (7)$$

$$\psi_0^{j+1} = 0, \quad \psi_M^{j+1} = 0, \quad \frac{\psi_1^{j+1} - \psi_0^{j+1}}{h} = 0, \quad \frac{\psi_M^{j+1} - \psi_{M-1}^{j+1}}{h} = 0, \quad j = \overline{0, N-1} \quad (8)$$

(4) ни аппроксимация қилишда Вудс шартидан фойдаланамиз[2]:

$$\omega_0^{j+1} + \frac{\omega_1^{j+1}}{2} = \frac{3(\psi_0^j - \psi_1^j)}{h^2} \quad (9)$$

Шундай қилиб, (1)-(4) дифференциал масаланинг қўйилишини аппроксимациялаб (5)-(9) айирмалли масалага келдик.

2. Ёчиш методи ва алгоритми.

(5) тенгламани қуйидаги кўринишга келтирамиз[4]:

$$A_i \omega_{i-1}^{j+1} - C_i \omega_i^{j+1} + B_i \omega_{i+1}^{j+1} = -F_i, \quad i = \overline{1, M-1} \quad (10)$$

$$\text{бу ерда } A_i = \frac{\tau}{h^2} + \frac{\tau}{2h} \psi_i^j, \quad B_i = \frac{\tau}{h^2} - \frac{\tau}{2h} \psi_i^j, \quad C_i = \frac{2\tau}{h^2} + 1,$$

$$F_i = (24 + 12(ih)^2(1-ih)^2(1-2ih))\tau + \omega_i^j$$

(6) ни қуйидаги алгебраик тенгламалар системасига келтирамиз[4]:

$$A_1 \psi_{i-1}^{j+1} - C_1 \psi_i^{j+1} + B_1 \psi_{i+1}^{j+1} = -F_{1i}, \quad i = \overline{1, M-1} \quad (11)$$

$$\text{бу ерда } A_1 = 1, \quad B_1 = 1, \quad C_1 = 2, \quad F_{1i} = h^2 \omega_i^{j+1}$$

(10) айирмалли тенгламани прогонка усулини қўллаб сонли ечамиз, ечимни қуйидаги кўринишда излаймиз:

$$\omega_i^{j+1} = \alpha_{i+1} \omega_{i+1}^{j+1} + \beta_{i+1}, \quad i = \overline{M-1, M-2, \dots, 1, 0}. \quad (12)$$

α_i, β_i прогонка коэффицентлари қуйидаги формулалар ёрдамида топилади[4]:

$$\alpha_{i+1} = \frac{B_i}{C_i - \alpha_i A_i}, \quad \beta_{i+1} = \frac{A_i \beta_i + F_i}{C_i - \alpha_i A_i}, \quad i = \overline{1, M-1} \quad (13)$$

(12) да $i = 0$ берсак, қуйидагига эга бўлмамиз:

$$\omega_0^{j+1} = \alpha_1 \omega_1^{j+1} + \beta_1, \quad (14)$$

(9) Вудс шартидан қуйидагига эга бўламиз:

$$\omega_0^{j+1} = -\frac{1}{2}\omega_1^{j+1} + \frac{3(\psi_0^j - \psi_1^j)}{h^2}, \quad (15)$$

(14) ва (15) шартларни тенглаб α_1 ва β_1 нинг қийматларини топамиз:

$$\alpha_1 = -0.5, \quad \beta_1 = \frac{3(\psi_0^j - \psi_1^j)}{h^2}. \quad (16)$$

(11) системани ечиш учун прогонка усулини қўлаймиз. Прогонка коэффициентлари қуйидаги кўринишда топилади[4]:

$$\xi_{i+1} = \frac{B_1}{C_1 - \xi_i A_1}, \quad \eta_{i+1} = \frac{A_1 \eta_i + F_1}{C_1 - \xi_i A_1}, \quad i = \overline{1, M-1} \quad (17)$$

Прогонканинг тескари йўли бўйича ечимни қуйидаги кўринишда топамиз:

$$\psi_i^{j+1} = \xi_{i+1} \psi_{i+1}^{j+1} + \eta_{i+1}, \quad i = M-1, M-2, \dots, 1, 0. \quad (18)$$

Тенглама (18) $i = 0$ қийматда, қуйидагига тенг бўлади: $\psi_0^{j+1} = \xi_1 \psi_1^{j+1} + \eta_1$ ва (4) га кўра $\psi_0^{j+1} = 0$ эканлигидан:

$$\psi_0^{j+1} = \xi_1 \psi_1^{j+1} + \eta_1 = 0 \quad (19)$$

(19) дан эса $\xi_1 = 0$ ва $\eta_1 = 0$ эканлиги келиб чиқади.

3. Хисоблаш натижалари.

Координата бўйича қадамлар сонини $M=20$ ва вақт бўйича қадамлар сонини $N=100$ қийматлар бўйича хар иккала йўналиш бўйича тўр қадамларини аниқлаб оламиз: $\Omega_h : \{x_i = ih, i = 0, 1, \dots, M, h = 1/M = 0,05\}$ ва $\Omega_\tau : \{t_k = k\tau, k = 0, 1, \dots, \tau = 1/N = 0,01\}$

Юқорида баён этилган метод алгоритми бўйича компьютер дастуридан олинган натижадан фойдаланиб, вақт бўйича $k=100$ қадамдаги ψ функциянинг қийматларини $Q(x)$ синов функциясининг аниқ қийматлари билан мослиги қуйидаги жадвалда келтирилган:

1-жадвал. Вақт бўйича $k=100$ - қадамдаги ψ функциянинг қийматларини $Q(x)$ синов функциясининг қийматлари билан мослиги.

Координата буйича қадамлар	Тақрибий ечим	Аниқ ечим	Координата буйича қадамлар	Тақрибий ечим	Аниқ ечим
1	0	0	11	0.0624	0.0625
2	0.0023	0.0023	12	0.0612	0.0613
3	0.0081	0.0081	13	0.0576	0.0576
4	0.0163	0.0163	14	0.0517	0.0518
5	0.0256	0.0256	15	0.0441	0.0441
6	0.0351	0.0352	16	0.0352	0.0352
7	0.0441	0.0441	17	0.0256	0.0256
8	0.0517	0.0518	18	0.0163	0.0163
9	0.0576	0.0576	19	0.0081	0.0081
10	0.0612	0.0613	20	0.0023	0.0023

1-жадвалда ψ функциянинг ушбу қийматлари итерациянинг 100 – қадамида синов функциясининг аниқ ечимига юқори аниқликда яқинлашишини кўришимиз мумкин.

4. Хулоса.

Бир ўлчамли уярма тенгламасини чизиқли айирмалли схема ёрдамида сонли ечиш итерация қадамларин етарлича кичик олинганда аниқ ечимга жуда юқори аниқликда яқинлашувчи тақрибий ечим қийматларини беради.

1-жадвалда ψ функциянинг $h=0.05$, $\tau=0.01$ га тенг бўлган ҳолдаги қийматлари итерациянинг 100 – қадамида синов функциясининг аниқ ечимига юқори аниқликда яқинлашишини кўришимиз мумкин.

Хулоса ўрнида айтишимиз мумкинки бир ўлчамли Навь-Стокс тенгламасини уярма ва ток функцияси тизимида сонли моделлаштириш юқори аниқликдаги ечимларни топиш имконини беради.

Адабиётлар

- [1]. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980.-616 с.
- [2]. О.С. Мажорова, Ю.П. Попов. О методах численного решения уравнений Навье-Стокса, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1980, том 20, №4, 1005-1020
- [3]. Нармурадов Ч.Б., Гуломқодиров К.А. Математическое моделирование уравнений Навье-Стокса в системе вихря и функции тока. // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2017. – №3(9). – С 29-32.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ НА СЕМЕЙСТВЕ ЛОМАННЫХ

Джайков Г.М., Махамбетов П., Пиримбетов А.О.

Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

В работе рассматривается моделирование задачи интегральной геометрии на семействе ломанных с заданной весовой функцией и приближенно заданным интегральным данным. Одна из основных проблем при решении задачи интегральной геометрии является построить аналитическую формулу, которая выражается через заданных интегральных данных. В общем случае этот процесс требует создания специальных вычислительных алгоритмов, базирующихся на общей теории некорректных задач. В связи с этим целесообразно, использовать метод регуляризации чтобы построить устойчивые алгоритмы решения задачи [1].

В данной работе мы получили аналитического представления решения рассмотренной задачи интегральной геометрии в классе гладких финитных функций. Учитывая, когда при измерениях всегда присутствуют зашумленных интегральных данных построен устойчивый алгоритм исходя из идеи регуляризации Тихонова для численного решения задачи интегральной геометрии на семействе ломанных. Проведенный численный

эксперимент показывает, что разработанный алгоритм эффективно восстанавливает изображение внутренней структуры исследуемого объектов с достаточной точностью [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Uteuliev N.U., Djaykov G.M., Yadgarov Sh.A. Analytical and numerical reconstruction of internal structure of the objects in a family of straight-line segments. 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT).

[2] Djaykov G.M., Arziev A.D. Analytical reconstruction of functions from their integral data on a family of straight line segments with a weight function in the form of polynomial. Science and Education. 2021, Volume 2, Pages 197-202.

[3] Analytical and numerical reconstruction of internal structure of the objects in a family of straight-line segments. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019, Tashkent, Pages 1-4.

ЮҚОРИ ТАРТИБЛИ ҲОСИЛА ОЛДИДА КИЧИК ПАРАМЕТР БЎЛГАН ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМА УЧУН ЧЕГАРАВИЙ МАСАЛАНИ ЕЧИШ МЕТОДИ

Джураева Насиба Турахановна

Термиз давлат университети

e-mail: nasibaJT@mail.ru

Юқори тартибли ҳосила олдида кичик параметр булган дифференциал тенглама учун чегаравий масалаларни ечишга мўлжалланган сонли методларни яратиш муаммоси математик моделлаштириш ва ҳисоблаш математикаси нуктаи-назардан муҳим аҳамият касб этади. Бундай масалалар учун текис яқинлашувчи айирмалли схемани тузиш масаласи дастлаб мақола [1] да қўйилган ва ушбу мақолада тенг ораликли махсус тўрда вазнли айирмалли схемани қўллаган ҳолда қўйилган масала ечилган. Аммо, тенг ораликли тўрда сонли ҳисоблашлар ўтказиш, қаралаётган масалада пайдо бўладиган чегаравий қатламни ёмон тавсифлайди, чунки параметрнинг қиймати жуда кичик бўлганда айирмалли тўрнинг биринчи тугуни чегаравий қатламдан ташқарида жойлашган бўлади, яъни ечимнинг жуда тез ўзгарадиган (чегаравий) қатламнинг структурасини билиш муҳимлиги сабабли, чегаравий қатламда зичлашадиган тугунларга эга бўлган тенгмас ораликли тўрларни тузишга тўғри келади. Бундай тўрларни тузиш масаласи мақола [2] да келтирилган, ушбу мақолада чегаравий қатламни инобатга олиш учун айирмалли схемада махсус акслантиришдан фойдаланилган. Аммо, бундай тўрни тузиш бир нечта параметрларга боғлиқ бўлиб, уларни танлаш маълум қийинчиликларга олиб келади.

Шу сабабли, юқори тартибли ҳосила олдида кичик параметр бўлган дифференциал тенгламаларни ечишда чегаравий қатламга боғлиқ бўлмаган ҳолда юқори аниқлик билан ечишга имкон берадиган методларни яратиш

муҳим аҳамиятга эга. Кейинги йилларда бундай тенгламаларни ечишда полиномиал аппроксимациялардан фойдаланиш кенг миқёсда қўлланилмоқда. Аксарият ҳолларда шу мақсадда Чебишев кўпхадларидан фойдаланилмоқда [3-4]. Ортогонал кўпхадлар орасида фақат Чебишев кўпхадларигина минимакс хусусиятига эга, ушбу кўпхадлар билан аппроксимациялашда изланаётган ечимдан максимал четланиш хатолиги минимал бўлади. Мазкур ишда қуйидаги дифференциал масала қаралади:

$$\varepsilon \frac{d^2 u}{dy^2} + \frac{1}{2} \frac{du}{dy} = \frac{1}{8}(y+1), \quad -1 < y < 1, \quad (1)$$

$$u(-1) = u(+1) = 0. \quad (2)$$

Ушбу масаланинг аниқ ечими

$$u(y) = \frac{\varepsilon - 0,5}{1 - e^{-\frac{1}{\varepsilon}}} \left(1 - \varepsilon^{\frac{(y+1)}{2\varepsilon}} \right) - \varepsilon \frac{y+1}{2} + \frac{(y+1)^2}{8}$$

кўринишга эга. Дифференциал масала [1]-[2]ни сонли ечишда дастлаб интеграллаш методидан фойдаланамиз. Бу методнинг моҳияти қуйидагидан иборат. Дифференциал тенгламадаги юқори тартибли ҳосила биринчи турдаги Чебишев кўпхадлари қатори кўринишда ифодаланади. Дифференциал масала ечилгунга қадар, ушбу қатор дастлаб кетма-кет икки марта интеграллаб олинади, ҳамда қуйи тартибли ҳосилалар ва изланаётган ечим $u(y)$ Чебишев кўпхадлари қатори орқали аппроксимацияланади. Дифференциал тенглама [1] нинг ўнг томони ҳам Чебишев кўпхадлари қаторига ёйилади.

Чебишев кўпхадлари қаторини икки марта интеграллаш натижасида $u(y)$ функцияни аниқлайдиган қаторда иккита ўзгармас ҳосил бўлади. Ушбу ўзгармасларга мос ифодалар чегаравий шартлар [2] дан аниқланади. Ана шундан кейин ҳосил бўлган қаторларнинг тегишлиси дифференциал тенгламага [1]га қўйилиб, тенгликнинг ҳар иккала тарафидаги бир хил тартибли кўпхадлар олдидаги коэффицентлар тенглаштирилади.

Натижада, Чебишев кўпхадлари қаторидаги ўзгармас коэффицентларни аниқлаш учун

$$Ax = b$$

кўринишдаги алгебраик тенгламалар системасига келинади. Ушбу системани ечиб,

$$x = (a_0, a_1, \dots, a_n)$$

векторнинг компоненталари аниқланади, ҳамда улар орқали $u(y)$ ечимнинг қиймати ҳисобланади. Дастлаб интеграллаш методи қўлланилганда ε -кичик параметрларга боғлиқ бўлган чегаравий қатлам ажратиб олинмайди, дифференциал масала худди чегаравий қатлам мавжуд эмасдек ечилади.

Хулоса

Юқори тартибли ҳосила олдида кичик параметр бўлган дифференциал тенгламалар учун чегаравий масалаларни сонли моделлаштиришда дастлаб интеграллаш методи самарали математик восита эканлиги асосланди.

Адабиётлар

- [1]. Ильин А.М. Разностная схема для дифференциального уравнения с малым параметром при старшей производной.-Матем. Заметки, 1969, т.6, вып.2, с.237-248.
- [2]. Лисейкин В.Д., Яненко Н.Н. О равномерно-сходящемся алгоритме численного решения обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с малым параметром при старшей производной.- Численные методы механики сплошной среды, Новосибирск, 1981, т.12, №2, с.45-56.
- [3]. Абуталиев Ф.Б., Нормуродов Ч.Б. Математическое моделирование проблемы гидродинамической устойчивости.- Т.:Фан ва технология, 2011, 188 с.
- [4]. Abdelhakim M. et all. Spectral monic Chebyshev approximation for higher order differential equations // [Math. NA] 18 mar., 2021, 14p.

СОЛИҚ МАЪМУРИЯТЧИЛИГИНИ РАҚАМЛАШТИРИШ СОЛИҚ ТЎЛОВЧИ БИЛАН ҲАМКОРЛИКНИ ТАЪМИНЛАШ ДАРАЖАЛАРИ.

Жамалова Г.Б.

*Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти
e-mail: guli.jamalova@mail.ru.*

Дунё мамлакатлари иқтисодиётининг глобаллашув ва рақамлашиш жараёнлари иқтисодий хавфсизлик масалалари бўйича тадқиқотларга эътиборни янада кучайтирмоқда. Чунки ушбу шароитда мамлакат иқтисодий хавфсизлигига таҳдидлар янада ортади. Солиқ маъмуриятчилигини рақамлаштириш шароитида иқтисодий хавфсизликни таъминлаш масалалари бўйича амалга оширилган тадқиқотларда солиқ қонунчилиги ижро механизмларининг ўрни ва аҳамиятига ижобий баҳо берилган.

Маълумки, мамлакат иқтисодий хавфсизлиги даражасини белгиловчи кўрсаткичлар иқтисодий ўсиш, ташқи ва ички таҳдидларга бардош бериш, аҳоли турмуш даражаси ва унинг сифатини яхшилаш, ташқи қарзга хизмат кўрсатиш даражасини таъминлаш масалалари солиқ маъмуриятчилигини самарали ташкил этиш ва солиқ тўловчилар билан ўзаро ҳамкорлик тамойили асосида ишлаш даражасига боғлиқдир. Чунки Ўзбекистон Республикаси давлат бюджети даромадларини 80-85 фоиздан ортиқ қисми давлат солиқ хизмати органлари томонидан ундирилади.

Мамлакат харажатларини молиялаштириш учун зарур маблағларни жамлаш ва иқтисодиёт ривожланиш стратегияси тадбирларини молиялаштириш янги иқтисодий механизмларни шакллантираётган давлатимиз учун муҳим аҳамиятга эгадир.

Солиқ тўловчилар билан амалга ошириладиган ишлар сифати давлат солиқ хизмати органлари томонидан тақдим этиладиган хизматлар уларнинг эҳтиёжлари ва талабларига қанчалик мос келишига боғлиқ.

Бу эса ахборот ва кўрсатиладиган интерактив хизматлар доирасини кенгайтириш солиқ тўловчиларнинг ўз мажбуриятларини ихтиёрий равишда бажариш даражасини оширишнинг асосий омили ҳисобланади.

Ушбу соҳадаги ишларни тўғри ташкил этиш, солиқларни ўз вақтида ҳамда тўлиқ тўлашни назорат қилишни сезиларли даражада осонлаштиради, маъмурий харажатларни камайтиради ва ҳуқуқбузарликка мойил солиқ тўловчилар тоифаси билан ишлашга йўналтирилиши мумкин бўлган ресурсларни кўпайтиришга ёрдам беради [1,2].

Давлат солиқ хизмати органлари томонидан юридик шахслар, якка тартибдаги тадбиркорлар ва фуқароларнинг солиқларни тўлаш бўйича конституциявий мажбуриятларни бажариш учун энг қулай шарт-шароитларни таъминлаш учун замонавий техник воситалардан фойдаланган ҳолда солиқ тўловчилар билан ахборот-тушунтириш ишларининг олиб боришда илғор шакллар ва усуллари амалиётга жорий этиш бўйича бир қатор ишлар амалга оширилмоқда.

Давлат солиқ хизмати органлари томонидан солиқ тўловчиларга 40 га яқин электрон давлат хизматлари кўрсатилиб келинмоқда. Электрон тарзда кўрсатилаётган хизматлар йўналишлари:

- мурожаатларни юбориш;
- рўйхатга олиш;
- ҳисоботларни юбориш;
- ахборотлар олиш;
- маълумотномалар олиш;
- солиқларни ҳисоблаш;
- солиқларни тўлаш;

Давлат солиқ хизмати органлари томонидан солиқ тўловчиларнинг кўрсатилаётган электрон давлат хизматлар турининг ўсиши солиқ тўловчиларга:

- куннинг хоҳлаган пайтида зарур ахборотларни олиш;
- бюджет билан ҳисоб-китобларини тезкор назорат қилиб бориш;
- солиқ органига бормасдан ўзини қизиқтирган савол ёки масала бўйича мурожаат қилиш;
- солиқларни онлайн тўлаш каби кўплаб имкониятлар берди.

Шу сабабли ҳам, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг қарори билан тасдиқланган «Давлат солиқ қўмитаси Ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш стратегияси»да солиқ маъмуриятчилигини рақамлаштиришнинг қуйидаги асосий устувор вазифалари белгиланган.

Ўзбекистон Республикаси Давлат солиқ қўмитасининг ахборот тизимлари комплексининг ягона платформасини яратиш;

- солиқ хизмати органларида замонавий бизнес-таҳлил (Business Intelligence) тизимини жорий этиш;
- солиқ аудитини автомат тарзда назорат қиладиган (Case Management System, Case Assessment System) тизимни яратиш;

- идоралараро ҳамкорлик орқали ахборот алмашинувида мавжуд муаммоларни бартараф этиш;
- солиқ органларига юкланадиган вазифалар бўйича бизнес-процессларни ишлаб чиқиш ва уларни автоматлаштириш;
- катта ҳажмдаги маълумотларни бошқариш ва таҳлил қилиш имконини берувчи “Big Data” технологиясини йўлга қўйиш;
- солиқ тўловчи жисмоний шахсларнинг ҳисобини юритишда жисмоний шахсларнинг шахсий идентификация рақами (ЖШШИР)дан фойдаланишга ўтиш;
- солиқ тўловчиларни сегментлаш, хавфлилик даражасидан келиб чиқиб, инсон омилини тўлиқ бартараф этадиган солиқ назоратини амалга оширишни назарда tutувчи «Таҳлика-таҳлил» тизимини яратиш;
- маҳаллий бюджетлар даромадини оширишда маҳаллий солиқларнинг йиғилувчанлигини ошириш учун «сайт» тизимини кенг жорий этиш.

Олимлар томонидан тадқиқотлар натижасида солиқ маъмуриятчилиги тизимини рақамлаштиришнинг бир қатор афзалликлари эътироф этилган:

- солиқ маъмуриятчилиги харажатлари камайиши;
- солиқ тўлашдан бўйин товлаш ҳолатларини аниқлаш имкониятини ошиши;
- солиқ тўловчиларга маъмурий босимни камайиши;
- коррупция rischi даражаси пасайиши;
- солиқ маъмуриятчилиги босими пасайиши ва бизнес кўламининг кенгайиши эвазига солиқ базасини ошиши [3,4].

Маълумки, текширувдан олдинги таҳлил-тақдим этилган солиқ ҳисоботини ва солиқ тўловчининг фаолияти тўғрисидаги бошқа ахборотни солиқ органлари томонидан ахборот тизимларидан фойдаланган ҳолда, солиқ тўловчининг иштирокисиз ўтказиладиган автоматлаштирилган таҳлилдир. Ушбу тизимдан самарали фойдаланиш юқорида таъкидланганидек давлат органларида коррупция rischi даражасини пасайишига олиб келади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

[1]. Жамалова Г.Б. “Методы Моделирование Процессов Налогообложения” Central Asian journal of mathematical theory and computer sciences. <http://cajmtcs.centralasianstudies.org/index.php/CAJMTCS> Volume: 03 Issue: 04 | Apr 2022 ISSN: 2660-5309 SJIF:5.512 (133-139 стр.)

[2]. Жамалова Г.Б. “Солиқ тизимида ахборот тизимларидан фойдаланишнинг ҳукукий асослари” *SCIENCE AND INNOVATION* International scientific journal. Volume 1, Issue 7. UIF-2022: 8.2 /ISSN: 2181-3337 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7314035>

[3]. Zhamalova G.B “METHODS FOR SIMULATION OF TAXATION PROCESSES” WEB OF SCIENTIST: INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH JOURNAL. ISSN: 2776-0979 (Volume 2, Issue 12, Dec., 2021 <https://wos.academiascience.org> Impact Factor: 7.565

[4]. Jamalova G.B. “Analysis and development of methods for supporting management decisions of the tax inspectorate based on processing fuzzy

СОЛИҚ НАЗОРАТИ ЖАРАЁНИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ.

Жамалова Г.Б.

Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти
e-mail: guli.jamalova@mail.ru.

Солиқ назорати жараёнини автоматлаштириш учун моделдан фойдаланиш моделлаштиришнинг юқори аниқлигини талаб қилади. Шунинг учун солиқ солиш объектини математик иқтисод усуллари асосида моделлаштириш принципиал жиҳатдан мумкин, лекин жуда кўп вақтни оладиган ва қиммат жараёндир.

Бундан ташқари, статистик маълумотлар тўпламининг тарқалиши моделини яратиш учун дастлабки маълумотларнинг ўзига хослиги статистик таҳлил усуллари ажратиб кўрсатади.

Солиқ назорати тизимида автоматлаштирилган бошқарув тизими учун асосий иқтисодий-математик моделни қуришда энг истикболли ёндашув математик иқтисод усулларида фойдаланган ҳолда эксперт усуллари ва регрессия таҳлилининг комбинацияси ҳисобланади. Ушбу ёндашув кейинги бобларда батафсилроқ ишлаб чиқилади.

Бу ерда биз регрессияга боғлиқликни баҳолаш усуллариининг умумий хусусиятларига тўхталамиз.

Статистик моделни ўрганишда қуйидаги терминология ва белгилардан фойдаланамиз. (X_j, Y_j) ($j = 1, \dots, N$) — статистик маълумотлар тўплами бўлсин (оддийлик учун биз X ва Y да бир ўлчовли расмдан фойдаланамиз).

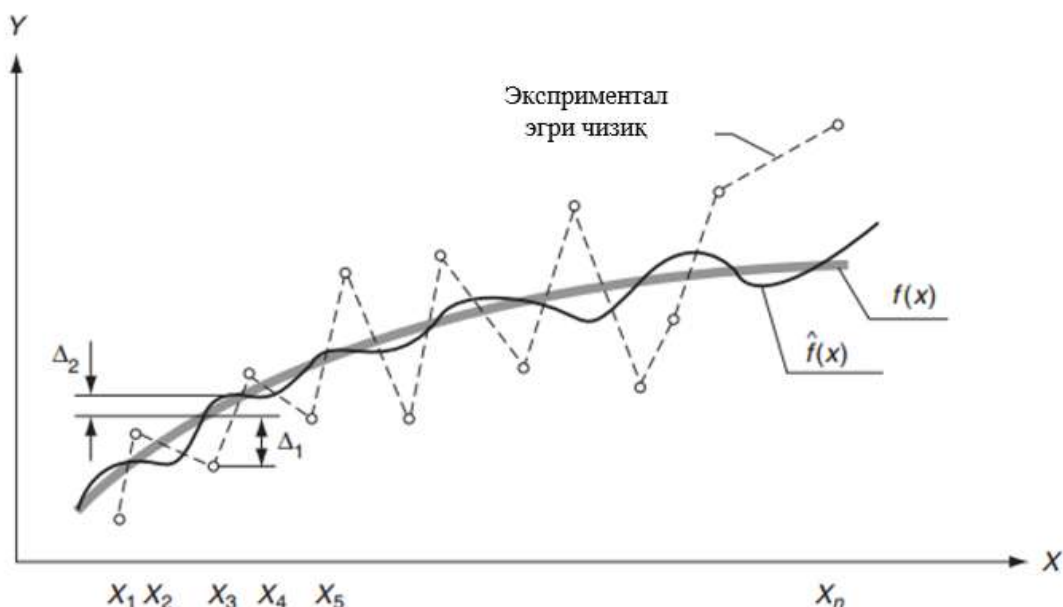
X нинг ҳар бир қиймати учун Y тасодифий ўзгарувчидир, шунинг учун X маълум бир x қийматини олган бўлса, унинг математик кутилмасини $E(Y)$ топиш мақсадга мувофиқдир, яъни $f(x) = E(Y|x)$ ни топамиз).

Биз $f(x)$ функцияни Y нинг X даги ҳақиқий регрессия функцияси деб атаймиз. Графикда у анча силлиқ эгри чизик билан тасвирланади (1-расм).

Классик регрессия таҳлилининг асосий гипотезаси шундан иборатки, функционал боғлиқлик тури маълум деб ҳисобланади ва бу боғлиқликнинг фақат айрим параметрлари номаълум. Бошқача қилиб айтганда, $f(x) = E(Y|x) = F(x, Q)$, деб фараз қилинади, бунда $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_m)$ — модел параметрлари аниқланади. Қоида тариқасида, уларни аниқлаш учун энг кичик квадратлар усули қўлланилади, яъни Q параметрлари

$$S(Q) = \sum_{j=1}^N (F(x_j, Q) - Y_j)^2 \quad (1)$$

функцияси минимал даражага етиши учун танланади.



1-расм. Y ва X ўзгарувчиларнинг регрессияга боғлиқлиги

Классик регрессия таҳлили, масалан, ташкилотнинг ишлаб чиқариш функциясини куришда қўлланилади.

1-жадвалда ишлаб чиқариш функцияларининг энг машҳур синфлари ва уларнинг қисқача тавсифлари келтирилган. Шу билан бирга, соддалиги учун биз ўзимизни икки факторли ёзувлар билан чеклаймиз (яъни, ўзгарувчилар сони $n = 2$).

1-жадвал

Ишлаб чиқариш функцияси номи (ИЧФ)	Икки факторли модел	Қўллаш доираси
Омилларнинг қатъий нисбатларига эга функция (Леонтиев ИЧФ)	$Y = \min (X_1/a_1; X_2/a_2)$	Маҳсулот бирлиги учун ресурслардан фойдаланишнинг технологик меъёрларидан четга чиқишга йўл қўймайдиган қатъий детерминистик технологияларни моделлаштириш учун мўлжалланган. Одатда кичик ўлчамли ёки тўлиқ автоматлаштирилган объектларни тасвирлаш учун ишлатилади.
Кобба – Дугласа ИЧФ	$E = AX^1\alpha X^2\beta$	Барқарор ишлаши билан тавсифланган ўрта миқёсдаги объектларни (саноат бирлашмасидан бошлаб ҳар қандай соҳагача) тавсифлаш учун ишлатилади.

Солиқ мажбуриятларини моделлаштиришда, қоида тариқасида, рўй берадиган функционал боғлиқлик тури номаълум бўлган ҳолларда, $f(x)$ регрессияга боғлиқлигини яқинлаштириш муаммоси пайдо бўлади. Бу ерда турли хил ёндашувлар мумкин.

Ушбу мақолада биз иккита йўлни ишлаб чиқамиз: нейрон тармоғини моделлаштириш усули ва параметрик бўлмаган регрессияни баҳолаш усули. Иккала усул ҳам ҳар қандай функцияни ўзбошимчалик билан юқори аниқлик

билан тахмин қилиш имконини беради. Масалан, $\hat{f}(x)$ функциясини куришингиз мумкинки, агар барча x_j лар бошқача бўлса, $\sum_{j=1}^N (\hat{f}(x_j) - Y_j)^2$ киймати деярли нолга тенг бўлади. Бироқ, бу ҳолда $\hat{f}(x)$ функцияси $f(x)$ регрессияга боғлиқлигини эмас, балки (x_j, y_j) нуқталардан ўтувчи тасодикий жараённинг траекториясини яқинлаштиради.

Биз $f(x)=E(Y|x)$ функционал боғлиқлик кўриниши маълум деб ҳисобланмайдиган статистик боғлиқликни моделлаштиришнинг тахминий (ёки классик бўлмаган) усуллари чакорида яна розимиз.

Айтайлик, $\hat{f}(x)$ регрессия функциясининг қандайдир $f(x)$ яқинлашувини топдик (1-расмга қаранг). Кейин модел аниқланади: $\hat{Y}(x) = \hat{f}(x)$.

Бунда $Y(x)$ ҳақиқий қийматнинг ҳисобланган $\hat{Y}(x)$ дан четланишлари икки қисмдан иборат.

Δ_1 — ҳақиқий регрессия функциясидан оғиш; Δ_2 — моделнинг хатоси.

1 - расмда Δ_1 ва Δ_2 $x = x_3$ да кўрсатилган.

Мумкин бўлган оғиш қиймати Δ_1 ўрганилаётган ҳодисанинг ўзига хос стохастиклиги билан тавсифланади.

Моделнинг сифатини баҳолаш унинг адекватлиги, аниқлиги, барқарорлигини баҳолашга қисқартирилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

[1]. Жамалова Г.Б. “Методы Моделирование Процессов Налогаобложения” Central Asian journal of mathematical theory and computer sciences. <http://cajmtcs.centralasianstudies.org/index.php/CAJMTCS> Volume: 03 Issue: 04 | Apr 2022 ISSN: 2660-5309 SJIF:5.512 (133-139 стр.)

[2]. Жамалова Г.Б. “Солиқ тизимида ахборот тизимларидан фойдаланишнинг ҳуқуқий асослари” *SCIENCE AND INNOVATION* International scientific journal. Volume 1, Issue 7. UIF-2022: 8.2 /ISSN: 2181-3337 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7314035>

[3]. Zhamalova G.B “METHODS FOR SIMULATION OF TAXATION PROCESSES” WEB OF SCIENTIST: INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH JOURNAL. ISSN: 2776-0979 (Volume 2, Issue 12, Dec., 2021 <https://wos.academiascience.org> Impact Factor: 7.565

[4]. Jamalova G.B. “Analysis and development of methods for supporting management decisions of the tax inspectorate based on processing fuzzy information” Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. november, 2021 -11/2. issn 2181-9750.

ОБОБЩЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НЕИЗВЕСТНОЙ ГРАНИЦЕЙ

Жамуратов К., Умаров Х., Хамидов Д.

Гулистанский государственный университет

e-mail: umarovhr@mail.ru

Найти функции $H(x, t)$ и $l(t)$, $l(t_0) = 0$ из условий:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(H) \frac{\partial H}{\partial x} \right) - \frac{\varepsilon}{\mu}, \quad (x, t) \in \Omega_{t_0}^L / \{x : x = l(t)\}, \quad (1)$$

$$H|_{t=t_0} = \varphi(x); \quad H|_{x=0} = \phi(t); \quad H|_{x=L} = 0; \quad (2)$$

$$H|_{x=l(t_0)-0} = H|_{x=l(t_0)+0} = \phi_0 = \text{const}, \quad t > t_0; \quad (3)$$

$$a_1 \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{x=l(t_0)-0} = a_2 \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{x=l(t_0)+0}, \quad t > t_0. \quad (4)$$

Здесь

$$a(H) = \begin{cases} a_1^2 = \text{const}, & H > \phi_0; \\ a_2^2 = \text{const}, & H < \phi_0. \end{cases}, \quad \varepsilon = \begin{cases} \varepsilon_0 f(H, t), & H > \phi_0; \\ 0, & H < \phi_0. \end{cases}, \quad \varepsilon_0 = \text{const};$$

f –монотонно возрастающая и дифференцируемая по первому аргументу, а по второму ограниченная функция; $\phi(t)$ – дифференцируемая в классическом смысле, $\phi(t)$ – ограниченная функция из класса $L_2(0, L)$; $\Omega_{t_0}^L = \{(x, t) : 0 < x < L, t_0 < t < T\}$.

Задача (1)–(4) имеет определенный физический смысл, которая представляет собой задачу определения уровня грунтовых вод $H(x, t)$ и подвижную границу раздела $x = l(t)$.

Задача (1)–(4) может быть сведена к нахождению обобщенного решения краевой задачи для уравнения с разрывным коэффициентом по искомой функции. При этом мы «прячем» первое условие на неизвестной границе (условие (3)) в требование непрерывности искомого решения, а второе (условие (4)) – в интегральное тождество, причем, так, что неизвестная граница не входит в тождество. Это обстоятельство в задаче (1)–(4) имеет принципиальное значение, ибо при этом мы избавимся от отыскания неизвестной границы $x = l(t)$.

Введем новую неизвестную функцию

$$u(x, t) = \int_0^{H(x, t)} a(\lambda) d\lambda = \begin{cases} a_2 H(x, t), & H > \phi_0, \\ a_2 \phi_0 + (H - \phi_0) a_1, & H < \phi_0. \end{cases} \quad (5)$$

Отсюда

$$H = b(u) = \begin{cases} \frac{1}{a_2}u, & u < a_2\phi_0, \\ \frac{1}{a_1}[u + \phi(a_1 - a_2)], & u > a_2\phi_0. \end{cases} \quad (6)$$

Согласно (5) и (6) задачу (1)–(4) перепишем в следующем виде

$$\frac{\partial b(u)}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varepsilon_1(u, t) = 0, \quad (x, t) \in \Omega_{t_0}^L; \quad (7)$$

$$u|_{t=t_0} = \varphi_1(x); \quad u|_{x=0} = \phi_1(t); \quad u|_{x=L} = 0; \quad (8)$$

$$[u(x, t)]|_{x=l(t)} = [u_x(x, t)]|_{x=l(t)} = 0; \quad (9)$$

Здесь

$$\begin{aligned} \varphi_1(x) &= a_2\varphi(x), \quad \phi_1(t) = a_2\phi_0 + (\phi(t) - \phi_0)a_1; \\ \varepsilon_1(u, t) &= \begin{cases} \frac{1}{\mu} f\left(\frac{1}{a_1}(u + (a_1 - a_2)\phi_0) - \phi_0, t\right), & u > a_2\phi_0; \\ 0, & u < a_2\phi_0. \end{cases} \end{aligned}$$

Предположим, что кривая $x = l(t)$ обладает некоторой гладкостью и делит область $\Omega_{t_0}^L$ на две подобласти

$$\Omega_{t_0}^{1,L} = \{(x, t): 0 < x < l(t), t_0 < t \leq T\}, \quad \Omega_{t_0}^{2,L} = \{(x, t): l(t) < x < L, t_0 < t \leq T\}.$$

Введем, следуя О.А. Олейник [1] и О.А. Ладыженской [2] понятия обобщенного решения задачи (7)–(9). Умножим уравнение (7) на функцию $\eta(x, t) \in W_2^{1,1}(\Omega_{t_0}^L)$ равную нулю на границе $\Omega_{t_0}^L$, т.е.

$$\eta|_{x=0} = \eta|_{x=L} = \eta|_{t=t_0} = \eta|_{t=T} = 0$$

и проинтегрируем обе части равенства по области $\Omega_{t_0}^L$. Осуществляя в каждом члене (кроме последнего) левой части однократное интегрирование по частям и учитывая, что

$$[b(u)]|_{x=l(t)} = [u_x]|_{x=l(t)} = 0$$

получим следующее интегральное тождество

$$\int_{\Omega_{t_0}^L} (-b(u) \cdot \eta_t + u_x \cdot \eta_x + \varepsilon_1 \cdot \eta) dx dt = 0. \quad (10)$$

Здесь $W_2^{1,1}(\Omega_{t_0}^L)$ – пространства обобщенных функций, имеющих обобщенные производные по обоим аргументам и интегрируемых с квадратом в месте с производными в $\Omega_{t_0}^L$.

Назовём обобщенным решением задача (7)–(9) всякую ограниченную функцию $u(x, t) \in W_2^{1,1}(\Omega_{t_0}^L)$ равную $\varphi_1(x)$ при $t = t_0$, $\phi_1(x)$ при $x = 0$, нулю при $x = L$ и удовлетворяющую функцию интегральному тождеству (10) для любой функции $\eta(x, t) \in W_2^{1,1}(\Omega_{t_0}^L)$ равной нулю на границе $\Omega_{t_0}^L$.

Единственность такого обобщенного решения доказывается в более широком классе, который содержит в себе класс, выше определенных обобщенных решений.

Литература

[1]. Олейник О. А. Об одном методе решения общей задачи Стефана. Докл. АН СССР, 1960, Т.135, №5.

[2]. Ладыженская О.А. и др. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа. М.: Наука, 1967.

ОБ ОБЪЕКТНОМ ПОДХОДЕ К ЭКСПОРТУ И ИМПОРТУ ДАННЫХ В ПРОГРАММИРОВАНИИ VISUAL STUDIO

¹Жарилканов Б., ¹Иеркебаев У., ²Кулбаев М.

¹Нукусский филиал ТУИТ, ²Ташкентский филиал МГУ
e-mail: baxtiyarjarilkanov@gmail.com

Программирование с использованием объектно-ориентированного подхода - это стандартная практика в современной разработке ПО. В Visual Studio, одной из наиболее популярных сред разработки, также используется объектный подход для экспорта и импорта данных. В этой статье мы рассмотрим, что такое объектный подход в Visual Studio, как он используется для экспорта и импорта данных, а также какие инструменты и технологии доступны для его реализации.

Объектно-ориентированный подход - это методология программирования, в которой данные и операции с ними связываются в объекты. Объект представляет собой совокупность данных и методов, которые работают с этими данными. Объектно-ориентированный подход предоставляет мощные инструменты для организации и управления сложными системами, а также упрощает процесс разработки и сопровождения ПО [2].

Для реализации объектно-ориентированного подхода в Visual Studio используются классы и объекты. Класс - это шаблон для создания объектов, который определяет набор свойств и методов, которые могут быть использованы объектами этого класса. Объект - это экземпляр класса, который содержит конкретные значения свойств и может использовать методы, определенные в классе [3].

Другой подход к сериализации объектов в Visual Studio - бинарная сериализация. Этот подход позволяет сохранять данные в бинарном формате, что может быть более эффективным, чем использование текстовых форматов, таких как XML и JSON. Для бинарной сериализации в Visual Studio можно использовать специальный класс BinaryFormatter [1].

Для экспорта данных в формат XML, например, можно использовать классы из пространства имен System.Xml.Serialization. Для импорта данных из файла XML можно использовать классы XmlSerializer и StreamReader[2].

Например, рассмотрим класс Person, который содержит поля для имени, фамилии и возраста:

```
public class Person
{
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }
    public int Age { get; set; }
}
```

Чтобы сериализовать объект этого класса в формат XML, можно использовать следующий код:

```
using System.Xml.Serialization;
using System.IO;
// Создаем объект класса Person
Person person = new Person
{
    FirstName = "Иван",
    LastName = "Иванов",
    Age = 30
};
```

Для импорта данных из файла XML можно использовать следующий код:

```
// Создаем объект XmlSerializer для десериализации
XmlSerializer serializer = new XmlSerializer(typeof(Person));
// Создаем объект StreamReader для чтения данных из файла
StreamReader streamReader = new StreamReader("person.xml");
// Десериализуем данные в объект класса Person
Person person = (Person)serializer.Deserialize(streamReader);
// Закрываем поток
streamReader.Close();
```

Таким образом, используя объектный подход и сериализацию, можно удобно экспортировать и импортировать данные в Visual Studio.

В заключение, можно сказать, что объектный подход к экспорту и импорту данных является очень удобным и распространенным подходом в программировании, включая Visual Studio. Существует несколько различных форматов для сериализации и десериализации данных, таких как XML, JSON и бинарный формат, и для каждого из них можно использовать соответствующие библиотеки и инструменты.

В целом, объектный подход к экспорту и импорту данных в Visual Studio является мощным инструментом, который позволяет сохранять и загружать данные из различных форматов, что может быть очень полезно в различных проектах и приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ларри Остерман, Крис Сидерс. «Сериализация объектов в .NET Framework». Microsoft Developer Network.

[2] Роджер Крессвелл. «Программирование на языке C#: Создание приложений для платформы .NET Framework». Издательство «Вильямс».

[3] Джон Скит. «Программирование на С#: для профессионалов». Издательство «Вильямс».

РЕГУЛЯРНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Игамбердиев Х.З., Буронов Б.М.

Ташкентский государственный технический университет

Повышение требований к качеству функционирования современных технических и технологических систем приводят к необходимости разработки адаптивных методов управления, позволяющих осуществить оптимизацию процессов управления и обеспечить работоспособность системы управления при широких вариациях статических и динамических характеристик объекта. При реализации различных принципов адаптивного управления объектом встает вопрос о том, каким образом выбирать параметры регуляторов координатного и параметрического управления и устройств адаптации, изменяющих параметры регуляторов и наблюдателя. При решении разнообразных задач описания объектов и синтеза адаптивных систем управления в условиях неопределенности [1] получили распространение матричные разностные уравнения. Целесообразность представления объектов управления в виде разностных уравнения помимо соображений компактности записи имеет и другое более серьезное основание. Применяя известные процедуры векторизации можно привести исходное описание к традиционной векторной форме и далее использовать известный аппарат теории адаптивных систем управления. Дело в том, что реализация представления объектов управления при помощи имеющихся в настоящее время «скалярных» процессоров в стандартных ЭВМ при достаточно большом числе элементов матрицы требует выполнения огромного числа операций умножения и в большинстве случаев исключает возможность реализации его в реальном масштабе времени. В то же время представление объектов управления допускает реализацию его при помощи разрабатываемых в настоящее время так называемых «матричных» процессоров, для которых операции над матрицами являются элементарными. В таких случаях становится целесообразным использование матричного настраиваемого учредителя, параметры которого уточняются с помощью адаптивного матричного алгоритма идентификации и, соответственно, матричного алгоритма управления.

В докладе рассматриваются вопросы формирования алгоритмов стабильного управления объектами в условиях параметрической неопределенности. Приводятся алгоритмы управления рассматриваемым объектом с использованием процедуры псевдообращения матриц. Для псевдообращения матриц используются рекуррентные алгоритмы, основанные на методе окаймления. Известно [2], что задача вычисления псевдообратной матрицы в общем случае неустойчива по отношению к погрешностям в задании матрицы. Характеристики процесса, вычисленные в

рамках принятой модели, заведомо отличаются от истинных характеристик, причем их погрешность зависит от степени адекватности модели реальному процессу. На практике к рассмотрению таких возмущений может побуждать ограниченная точность, с которой наблюдаемое явление описывается количественной информацией. Влияние погрешностей округлений, производимых в ходе численной процедуры, тоже можно проанализировать так, как если бы оно имело причиной возмущения входных данных. На основе теории и методов устойчивого обращения матриц [2] приведены алгоритмы псевдообращения для переопределенной матрицы. Приведенные соотношения позволяют осуществлять рекуррентное псевдообращение матриц в алгоритме управления и тем самым реализовать управляющие воздействия в адаптивной системе управления матричным объектом в условиях неопределенности.

Литература

[1] Афанасьев В.Н. Управление неопределенными динамическими объектами. – М.: Физматлит, 2008. – 208 с.

[2] Жданов А.И. Введение в методы решения некорректных задач: – Изд. Самарского гос. аэрокосмического ун-та, 2006. – 87 с.

УСТОЙЧИВОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

¹Игамбердиев Х.З., ¹Мамиров У.Ф., ²Туляганов Ш.Д.

¹*Ташкентский государственный технический университет*

²*ИП ООО “UzLITI Engineering”*

Анализ вычислительной схемы и различных методов адаптации показывает, что к настоящему времени известны различные алгоритмы синтеза управляющих устройств в системах прямого адаптивного управления в условиях полной информации об управляемом процессе и статистических характеристиках шумов объекта и помех измерений [1]. В этих работах предлагаются эффективные методы и исследуются конструктивные условия, гарантирующие требуемые асимптотические свойства алгоритмов настройки при наличии информации о внутренней структуре возмущающих процессов. Однако, для многих систем управления динамическими объектами характерна большая неопределенность условий их работы. Сведения о действительных значениях параметров объектов управления бывают весьма неточными, а законы их возможных изменений известны весьма приближенно, недостаточны сведения о начальном состоянии системы автоматического управления, неопределенны сведения о возможных входных сигналах и возмущающих воздействиях [1].

Алгоритмы параметрического синтеза регуляторов в системах прямого адаптивного управления существенным образом используют концепции динамической калмановской фильтрации. Как известно, создание фильтров Калмана возможно, если полностью определены все характеристики системы и шумов. В большинстве практических случаев эти характеристики либо

неизвестны, либо известны частично, либо, оставаясь неизменными в течение длительных интервалов времени, изменяются непредвиденным образом при переходе от одного интервала к другому. Использование неточных характеристик может привести к возрастанию или даже к расхождению ошибок фильтрации. В этих случаях целесообразно переходить к созданию устойчивых адаптивных процедур динамической фильтрации, предназначенных для минимизации или ограничения ошибок в задачах построения систем прямого адаптивного управления [1].

Практическая реализация эффективных вычислительных процедур синтеза устойчивых адаптивных схем оценивания параметров настроек регулятора приводит к необходимости применения методов регуляризации [2, 3], цель которых состоит в том, чтобы обеспечить ошибку решения такого же порядка, как и точность задания исходных данных. Поэтому целесообразно рассмотреть различные возможные подходы к решению задач повышения точности вычисления настроек управляющего устройства методами регуляризации и выявить наиболее перспективные для практического использования методы и алгоритмы решения некорректно поставленных задач. Анализ состояния работ в этой области [2, 3] показывает, что наибольшие успехи здесь связаны, прежде всего, с разработкой алгоритмов решения задач адаптивного управления на основе принципа эталонной модели и метода наименьших квадратов. В меньшей степени исследованы вопросы регулярного оценивания параметров настроек регуляторов в условиях ограниченной априорной информации о корреляционной структуре ошибок измерений. Необходимо также отметить скудность имеющихся публикаций по выбору класса методов регуляризации, оцениванию уровня погрешности исходных данных и параметра регуляризации при реализации конкретных рекуррентных алгоритмов оценивания настроек адаптивных регуляторов.

Приведенный краткий анализ состояния и тенденций развития теории построения систем непрямого адаптивного управления и их приложений позволяет заключить, что несмотря на значительные результаты, достигнутые в области методов синтеза адаптивных систем, в настоящее время недостаточно разработаны алгоритмы построения регуляризованных алгоритмов управления динамическими объектами с учетом различных помехосигнальных условий их функционирования. Отмеченные обстоятельства указывают на необходимость создания регулярных алгоритмов адаптивного управления и синтеза вычислительных схем их практической реализации.

В докладе предложены вычислительные процедуры для формирования и построения алгоритмов устойчивой оценки параметров контроллера в системах прямого адаптивного управления динамическими объектами. В состав адаптивного контроллера входит предиктор состояния управляемого процесса, а также оценщик – коррелятор параметров контроллера и самого контроллера с настраиваемыми параметрами. Предиктор экстраполирует выходной сигнал на основе информации о предыдущих значениях

параметров объекта. В рассматриваемом случае оцениваются не параметры объекта управления, а сам оптимальный контроллер. В качестве базовой регулярной схемы используются ретроспективные вычислительные алгоритмы упрощенной регуляризации. Представленные алгоритмы адаптивного оценивания позволяют находить оптимальные значения параметров настроек контроллера в системах прямого адаптивного управления динамическими объектами в условиях априорной статистической неопределенности относительно вероятностных характеристик возмущающих воздействий и шума.

Литература

- [1] Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. - СПб: Наука, 2000.
- [2] Тихонов А.Н., Гончарский А.В. Некорректные задачи естествознания. –М.: Изд-во Московского университета, 1987. –299 с.
- [3] Жданов А.И. Введение в методы решения некорректных задач: – Изд. Самарского гос. аэрокосмического ун-та, 2006. –87 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

¹Икрамов А.М., ²Одилов Ж.К.

¹Национальный университет Узбекистана

²Каршинский государственный университет

e-mail: ikramovaxmat@gmail.com, odilovjahongir1993@gmail.com

Важный класс задач теории упругости включает задачи, в которых рассматриваются тела вращения при осесимметричном нагружении. Хотя такие тела и являются трехмерными, но ни их геометрия, ни условия нагружения не зависят от азимутальной координаты. Поэтому при решении может быть использован тот же подход, что и к двумерным задачам. Уравнения для конечного элемента составляются почти так же, как в двумерных задачах [1].

Уравнения равновесия тела в цилиндрической системе координат имеют вид:

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}}{r} = 0, \quad \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0, (1)$$

Где компоненты вектора напряжений и вектора деформаций:

$$\{\sigma\}^T = [\sigma_{rr}, \sigma_{zz}, \sigma_{\theta\theta}, \tau_{rz}], \quad \{\varepsilon\}^T = [\varepsilon_{rr}, \varepsilon_{zz}, \varepsilon_{\theta\theta}, \gamma_{rz}]$$

Соотношения связи между деформациями и перемещениями имеют вид:

$$\varepsilon_{rr} = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u}{r}, \quad \gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}.$$

Поле перемещений внутри элемента аппроксимируется соотношениями, за исключением того, что функции формы теперь выражаются через r и z , а перемещения обозначаются буквами u и w .

Перемещений имеем вид:

$$\begin{Bmatrix} u \\ w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_i & 0 & N_j & 0 & N_k & 0 \\ 0 & N_i & 0 & N_j & 0 & N_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{2i-1} \\ U_{2i} \\ U_{2j-1} \\ U_{2j} \\ U_{2k-1} \\ U_{2k} \end{Bmatrix}. \quad (2)$$

Дифференцируя (1) и используя соотношения связи между деформациями и перемещениями (2), имеем:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{rr} \\ \varepsilon_{zz} \\ \varepsilon_{\theta\theta} \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_k & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_k \\ \frac{N_i}{r} & 0 & \frac{N_j}{r} & 0 & \frac{N_k}{r} & 0 \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_k & b_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{2i-1} \\ U_{2i} \\ U_{2j-1} \\ U_{2j} \\ U_{2k-1} \\ U_{2k} \end{Bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица коэффициентов в (3) соответствует матрице $[B]$, так как:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}.$$

Для конечного элемента $[k^{(e)}] = [\bar{B}]^T [D] [\bar{B}] 2\pi r A$.

Рассматривая сторону конечного элемента между узлами i и j , вдоль которой $N_k = 0$, будем иметь [2]

$$\{f_{\mathbb{R}}^{(e)}\} = \frac{2\pi \mathbb{Z}_{ij}}{6} \begin{Bmatrix} (2R_i + R_j) p_r \\ (2R_i + R_j) p_z \\ (R_i + 2R_j) p_r \\ (R_i + 2R_j) p_z \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Напряжения в элементах вычисляются по закону Гука:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} = [D][B]\{U\},$$

где D – матрица упругости материала.

Вычислительный эксперимент.

Требуется определить коэффициент концентрации напряжений, вызванной круговой выточкой и наличием центральной сферической полостью, радиуса 2 см, при осевом нагружении конструкции (рис. 1). Ширина конструкции меняется от 8 см до 4 см. Нормальное напряжение в точках сечения, расположенного справа от выточек на достаточно большом расстоянии, достигает величины 44000 Н/см². Деталь сделана из стали с модулем упругости $E = 2 \cdot 10^7$ Н/см², коэффициентом Пуассона - 0,25.

Исследуется влияния полости на изменения напряженного состояния окрестности выточки и полости [3].

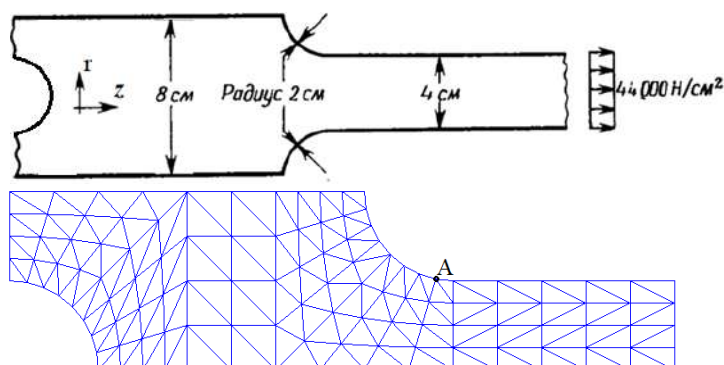


Рис. 1. Общий вид и дискретная модель

В табл. 1. приведены значения перемещение и напряжение в характерных точках конструкции. Анализ результатов расчёта в точке А указывает, что наличие полости перераспределяет значение напряжений σ_{zz} и уменьшает максимальное в окрестности выточки на 5%.

Таблица 1

Компоненты		без отверстия[1]	с отверстием
на правой стороне	u [см]	$2.48 \cdot 10^{-2}$	$2.52 \cdot 10^{-2}$
	σ_{zz} [Н/см ²]	$4.3993 \cdot 10^4$	$5.0709 \cdot 10^4$
на выточке σ_{zz} [Н/см ²]		$6.4573 \cdot 10^4$	$6.1371 \cdot 10^4$

Наличие полости уменьшает вес конструкции и напряженное состояние в окрестности выточки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. -М.: Мир, 1979.
- [2]. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975.
- [3]. Polatov A. M., Ikramov A.M., Razmukhamedov D. Finite element modeling of multiplyconnected three-dimensional areas. Advances in Computational Design, 2020, Vol. 5, No. 3, p. 277-289.

ИЖРО МЕХАНИЗМЛАРИ ХАРАКАТИНИ БАҲОЛАШ

М.А.Исмаилов¹, Ф.О.Касимов²

¹“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети

²Тошкент давлат техника университети

mirismail46@mail.ru, fqosimov@gmail.com

Бошқариш тизими сифатини ошириш, баҳолаш каби масалалар кўпгина олимлар томонидан назарий ва амалий тадқиқотларда ўрганилган. Улар асосан автоматик ростлаш тизимларининг вақт, частота ҳамда ўтиш тавсифларини аниқлаш, тезкорлигини таъминлаш, аниқлигини ошириш,

турғунлигини текшириш каби масалаларга турли усул ва воситалар ёрдамида турлича ечимлар таклиф қилишган бўлиб [1,2], унда асосий эътибор бошқарув объектига ёки ростлаш алгоритмларига қаратилган. Аксарият тадқиқот ишларида тизим текис бошқарилиши учун ростлагичларни синтезлаш масаласига катта эътибор қаратилади [3]. Шунга кўра ростлагичларнинг турлари кенг тадқиқ қилинади. Амалий масалаларда датчиклардан келадиغان ахборотлар тўғри ва ўзгаришсиз деб қабул қилинади. Чунки ўлчов воситалари ва сезгир элементлар ўзгармас структура ва ўзгармас параметрли қилиб жуда катта тиражда ишлаб чиқилади ва уларнинг хусусиятлари етарлича ўрганилган бўлади. Аммо ростлагичларнинг аниқ ишлаши кафолатланган тақдирда ҳам ижро механизмлари тўғри ишламаса, тизимни талаб даражасида бошқариб бўлмайди. Шунинг учун ҳам тизим таркибида ижро элементларини ўрганиш, уларнинг ҳолатини баҳолаш масалалари долзарблигича қолади. Бунда ижро элементларини тизим сифатида қараб, ўрганиш зарур. Автоматлаштириш ва бошқариш тизимларида шакллантирилган ростловчи ёки бошқарувчи топширикни ижро механизмлари қай даражада аниқ бажарганлигини баҳолаш муҳим аҳамиятга эга [4]. Унинг муҳимлиги бошқариш органи томонидан берилган топширикни бошқариш сифатига қанчалик таъсирини баҳолаш билан боғлиқдир.

Бошқариш параметрининг бошқариш сифатига таъсирини умумий ҳолда қуйидагича ифодалаш мумкин: $\Delta Y_i = Y_i - Y_{i-1}$, бунда Y_{i-1} ва Y_i – тизимнинг мос равишда бошқариш таъсири берилгунга қадар ва бошқариш таъсири берилганидан кейинги сифат кўрсаткичи векторларининг қиймати. Сифат кўрсаткичи вектори ўз таркибига тизимнинг ишлаш аниқлиги, тезкорлиги, турғунлиги, шунингдек унинг бузулишсиз ишлаш вақти давомийлиги каби бир қанча кўрсаткичларни олади. Агар сифат кўрсаткичлари бир-бири билан боғлиқ бўлса, улар орасида боғлиқлик операторлари келтирилган ҳолда, агар боғлиқ бўлмаса, уларни матрицанинг бир-биридан мустақил ташкил этувчиси сифатида ёзилади.

$$Y = \{y_1, y_2, Ay_2y_3, By_1y_3, \dots\}$$

Бошқарув таъсирларининг ўзгариш векторлари эса қуйидагича ифодаланади, $\Delta U_i = U_i - U_{i-1}$, бунда U_{i-1} ва U_i – мос равишда аввалги ва янги бошқарув таъсирларининг векторлари.

Агар $\Delta Y_i < \varepsilon$ бўлса, бошқарув таъсири ўзгармайди, ижро механизми нормал ҳолатда деб қабул қилинади. ε – тизим параметри оғишининг руҳсат этилган қийматини ифодалайди, у аввалдан берилади.

Агар $\Delta Y_i \geq \varepsilon$ шарт бажарилса, ижро механизми нормал ҳолда ишламаётганлигини билдиради. Бунда билимлар инженери ижро механизмларини нормал иш ҳолатига ыйтариш учун янги маҳсулий қоидалар шакллантириши керак бўлади. Ўтказиладиган тадқиқотларда ижро механизмлари иш фаолиятига таъсир килувчи бошқарувчи, ғалаёнлантирувчи омиллар ҳамда хатоликлар таҳлил қилинади. Керак ҳолда аниқланган хатоликни ($\varepsilon \rightarrow \min$) га келтириш усуллари танланади ёки янги тадқиқот усуллари яратиш зарурати пайдо бўлади. Умуман олганда аввал

таъсир $U_i \rightarrow Y_i$ берган бўлса, энди хатоликни ε йўқотувчи U_i^* ни шакиллантирувчи усул ишлаб чиқилади. Хатоликларни йўқотишнинг турли усуллари қўлланилиши, хатоликларни баҳолаш орқали тизим сифатини яхшилаш яъни сифат кўрсаткичи векторини $\Delta Y \leq \varepsilon$ келтириш талаб қилинади. Бу жараён мураккаб тадқиқот жараёни бўлиб, цикли итерацион тарзда $\Delta Y \leq \varepsilon$ келтирилгунча давом эттирилади, шу тариқа бошқариш тизимининг сифати ошириб борилади.

Ижро механизмлари ҳаракатини аниқ баҳолаш АРТларни сифатини оширишга тўғридан-тўғри боғлиқдир. Бошқариш тизимлари сифатини ошириш масаласини умумий ҳолда қўйидагича шакллантириш мумкин. Ижро механизмлари ҳаракати назорати бўйича олинган маълумотлар -

$$\mu = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n\}.$$

Бу μ маълумотлар асосида ижро механизми ҳолатини баҳолаш кўрсаткичлари $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ бўлсин.

Бу r_i кўрсаткичлар асосида турли бошқариш сифатлари $\theta = \{q_1, q_2, \dots, q_e\}$ ни аниқлаш зарур бўлсин. Ушбу масалани ечиш орқали ҳар бир элемент учун $q_{k_n} - n$ - параметр назорати орқали r кўрсаткич сифатининг баҳоси бўлади. q_{r_n} - терм кўплаб ўзгарувчилар иштирокида эксперт усуллари орқали аниқланади.

Фойдаланилган адабиётлар

[1] Y. Chen, H.-S. Ahn, and I. Podlubny, “Robust stability check of fractional order linear time invariant systems with interval uncertainties,” *Signal Processing*, vol. 86, no. 10. Elsevier BV, pp. 2611–2618, Oct. 2006. doi: 10.1016/j.sigpro.2006.02.011.

[2] M. Ismailov, D. Zhang, and F. Kasimov, “Model for calculating the static characteristics of hydraulic systems of hydro technical buildings,” *Chemical Technology, Control and Management*, vol. 2023, no. 1. Tashkent State Technical University named after Islam Karimov - Digital commons journals, pp. 29–34, Feb. 28, 2023. doi: 10.59048/2181-1105.1432.

[3] D. Engelhart, T. A. Boonstra, R. G. K. M. Aarts, A. C. Schouten, and H. Van Der Kooij, “Comparison of closed-loop system identification techniques to quantify multi-joint human balance control,” *Annu. Rev. Control*, vol. 41, pp. 58–70, 2016, doi: 10.1016/j.arcontrol.2016.04.010.

[4] Kasimov, Farkhod and Ismailov, Mirkhalil. Algorithms for controlling the state of executive mechanisms. *Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2021: Iss. 4, Article 3*.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УРОВНЕЙ ДЕПРЕССИИ ПОСРЕДСТВОМ СООБЩЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

¹Исмайылов А.Е., ²Қутлымуратов Ю.Қ., ²Иеркебаев У.Н.

¹Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы

²Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий

e-mail: box_email61@mail.ru

Во всем мире три миллиарда человек, около 40% населения, используют социальные сети в интернете. Мы проводим в социальных сетях в среднем два часа в день: публикуем посты, обмениваемся фотографиями, отвечаем на посты друзей [1].

Если социальные сети играют огромную роль в нашей жизни, очень важно понимать, как они влияют на нас.

В настоящее время зависимость от социальных сетей становится все более эпидемической, и с этой проблемой нужно бороться. Одно из его непосредственных проявлений-подавленность молодежи.

На сегодняшний день актуальной проблемой является автоматическое получение данных в информационной системе путем построения математической модели прогнозирования уровней депрессии, их обработка в высокопроизводительных вычислительных технологиях и проверка гипотез о наличии связей с использованием средств классификации и прогнозирования.

Целью научной работы является разработка алгоритма и информационной системы математической модели прогнозирования уровней депрессии с использованием сообщений в социальных сетях.

В качестве начального результата научной работы была разработана математическая модель, алгоритм и информационная система на основе шкалы депрессии А. Т. Бека. Критерии анализа депрессивного содержания с помощью информационной системы позволяют выявить некоторые болезнетворные эмоции (обида), эмоциональные состояния (одиночество) и конфликты (разрыв отношений, конфликты с родителями).

В настоящее время в психологических исследованиях все шире используется построение математических моделей.

Применение математических методов в психологии осуществляется в различных формах: при статистической обработке результатов наблюдений; при поиске уравнений, описывающих взаимосвязь между исследуемыми переменными в эксперименте и, наконец, при построении и проверке математических моделей [2].

На основе этих данных был использован алгоритм машинного обучения для определения корреляции между свойствами изображения и депрессией. Информационная система может оказать большую помощь в диагностике клинической депрессии, выявить возможные самоубийства и оказать более раннюю помощь.

В процессе распознавания формируется размеров матрица D , определяемая количеством уровней депрессии. Алгоритм построен таким образом, что определение метрики принадлежности респондента к определенному уровню депрессии приводит к увеличению числа, находящегося на пересечении строки с номером уровня, определенным метрикой l , и на единицу в матрице D столбца с номером уровня, присвоенным респонденту на основе теста по методу А. Т. Бека [3].

Точность определения уровня депрессии рассчитывается как отношение диагонального элемента матрицы d_{ll} матрицы D к сумме всех элементов диагональной строки:

$$Precision(X_l) = d_{ll} / \sum_n d_{ln},$$

где n — столбец матрицы D . Точность определения уровня депрессии рассчитывается как отношение диагонального элемента d_{ll} матрицы l к сумме всех элементов l -го столбца:

$$Precision(X_l) = d_{ll} / \sum_m d_{ml},$$

где m — номер строки D . F -мера депрессии l ,

$$F(X_i) = 2 \frac{Precision(X_i) \cdot Recall(X_i)}{Precision(X_i) + Recall(X_i)}$$

рассчитывается по этой формуле.

Средняя точность, полнота и F -оценка рассчитываются по следующим формулам:

$$Precision = \sum_{l=0}^3 Precision(X_l) / 4,$$

$$Recall = \sum_{l=0}^3 Recall(X_l) / 4, F = 2 \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

Вывод: Предлагаемый метод выявления депрессии по графической информации в социальных сетях не призван заменить традиционные методы диагностики депрессии. Полученные на его основе результаты могут быть дополнительной информацией, на которую следует обратить внимание психологам. Мы считаем, что совместное использование результатов тестов и визуальных подсказок может дать лучшие результаты, чем их использование по отдельности. На основе данных, полученных из социальных сетей и математических моделей, создан алгоритм, а также создана информационная система прогнозирования уровней депрессии.

Литературы

- [1] Борозденко Д.А., Хованова С.С., Киселева Н.М., Негребецкий Вад.В. Моделирование депрессии Российский медицинский журнал. 2019;25(3):, г. Москва.С. 176-180.
- [2] Елкина В. Компьютер научился определять депрессию по фотографиям в Instagram // Rusbase. 2016. URL: <https://rb.ru/story/instagram-depression/> (дата обращения 14.08.2020).

[3] Кисельникова Н.В., Станкевич М.А., Данина М.М., Куминская Е.А., Лаврова Е.В., Выявление информативных параметров поведения пользователей социальной сети вконтакте как признаков депрессии., Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2020. Т. 17. № 1. С.73-88

ЙИРИК МАГИСТРАЛ КАНАЛЛАРНИНГ СУВ РЕСУРСЛАРИНИ ТАҚСИМЛАШ МАСАЛАСИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

¹*Кабулов А.В., ²Қудайбергенов А.А.*

¹*Ўзбекистон Миллий университети*

²*Қорақалпоқ давлат университети*

e-mail: adilbek_79@list.ru

Ирригация каналлари қисмида сув оқимининг беқарор ҳаракатининг математик модели учун Сен-Венан тенгламаларининг бир ўлчовли системаси билан тавсифланади [1],[2].

Очиқ магистрал каналлар қисмларидаги сув оқими беқарор ҳаракатининг математик модели импульс ва массанинг сақланиш қонуни шаклида Сен-Венаннинг гиперболик типдаги хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар системаси билан тавсифланади [3], [4], [5]:

$$\begin{cases} B_i \frac{\partial Z_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = q_i, \\ \frac{1}{g \omega_i} \left(\frac{\partial Q_i}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} \right) + \left[1 - \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 \right] \frac{\partial Z_i}{\partial x_i} = \left[i_i + \frac{1}{B_i} \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = \text{const}} \right] \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2}, \end{cases} \quad (1)$$

Бошланғич шартлар қуйидагича ёзилади:

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) &= Q_{i0}(x_i), \\ Z_i(x_i, t_0) &= Z_{i0}(x_i), \\ 0 \leq x_i &\leq \ell_i, \quad i = 1, \dots, 8, \end{aligned} \quad (2)$$

бу ерда $Q_{i0}(x_i)$ ва $Z_{i0}(x_i)$ – маълум функциялар; t_0 – вақтнинг бошланғич қиймати.

Канал қисмлари нуқталаридаги чегаравий ички шартлар қуйидагича ёзилади.

1-қисми учун чегаравий шартлар “Кизкеткен-Кегейли” ирригация тизимида қарашли ПК-00 “Бош иншоот (эски)” ва “ПК-00 Бош иншоот (янги)” гидротехника иншоотларидан ПК-252 “Развилка” гидротехника иншоотидагача оралиғидаги Дўстлик магистрал канали қисмининг сув сарфлари қуйидаги ифодалар кўринишида ёзилади:

$$\begin{aligned} Q_1(0, t) &= \sum_{j=1}^2 \mu_1^j(0) a_1^j(0, t) b_1^j(0) \sqrt{2g [Zu_1^j(0, t) - Zd_1^j(0, t)]}, \\ Q_1(\ell_1, t) &= \sum_{j=1}^5 \mu_1^j(\ell_1) a_1^j(\ell_1, t) b_1^j(\ell_1^j) \sqrt{2g [Zu_1^j(\ell_1, t) - Zd_1^j(\ell_1, t)]} + q_1^1(t). \end{aligned} \quad (3)$$

бу ерда $a_i^j(0,t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотлари ва $a_i^j(l_i,t)$ – каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотлардаги тўсинларнинг очилиши; $b_i^j(0)$, $b_i^j(l_i)$ – канал i - қисмининг бошида ва охирида жойлашган гидротехника иншоотлари тўсин тирқишларининг эни; $\mu_i^j(0)$, $\mu_i^j(l_i)$ – канал i - қисмининг бошида ва охирида жойлашган гидротехника иншоотларининг сарф коэффициентлари; $Zu_i^j(0,t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотларнинг юқори бьеф кузатиш нуқтасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Zd_i^j(0,t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотларнинг қўйи бьеф кузатиш нуқтасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Zu_i^j(l_i,t)$ – каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотларнинг юқори бьеф кузатиш нуқтасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Zd_i^j(l_i,t)$ – каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотларнинг қўйи бьеф кузатиш нуқтасида қайд қилинган сув сатҳлари; $q_i^k(t)$ – каналнинг i - қисмдаги k - рақамли ён ирмоқ ўзи оқар каналларнинг сув сарфлари.

Магистрал каналнинг шу қисмининг ПК-200 чап қирғоғидаги ён ирмоғидан Эски Абад-ярмиш канали сув олади.

Шундай қилиб, «Кизкеткен-Кегейли» ирригация тизими ва “Куяниш жарма” ирригация тизимларига тегишли магистрал каналларнинг қисмларидаги динамик жараёнларнинг математик модели (1) дифференциал тенгламалар системаси, (2) бошланғич шартлари, чегара шартлари эса бошқа барча қисмлар учун (3) сингари тавсифланди.

АДАБИЁТЛАР

- [1].Абуталиев Ф.Б., Рахимов Ш.Х., Бегимов И. Оптимальное управления системами машинного водополья // – Ташкент: Фан, 1992.-152 с.
- [2].Рахимов Ш.Х., Бегимов И. Разработка теории оптимального распределенич воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи потребителям. Отчет о НИР (промежуточный) // –Ташкент: НИИИВП при ТИИМ. 2013. - 48 с.
- [3].Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – Vol.8, №3. 2021. - p. 45-53.
- [4].Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Classification of mathematical models of unsteady water movement in the main canals of irrigation systems // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol.7, №4. 2020. - p. 13392–13401.
- [5].Кудайбергенов А.А. Классификация математических моделей неустановившегося движения воды в магистральных каналах ирригационных систем // Применение современных методов в развитии

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СОЛИ И ПЫЛИ С ОСУШЕННОЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Кабулов А.В., Норматов И.Х.

Национального университета Узбекистана им. Миро Улугбека

e-mail: anvarkabulov@mail.ru, ibragim_normatov@mail.ru.

В основе большинства математических моделей распространения примеси в атмосфере лежит общее уравнение диффузии (1), которое может иметь как аналитико-эмпирическое, так и приближенное численное решение

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = k_{T,x} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_{T,y} \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + k_{T,z} \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + Q(\tau, x, y, z) - ac, \quad (1)$$

где c – концентрация; τ – время; x, y, z – координаты; u, v – профили скорости ветра в горизонтальной плоскости x, y как функции высоты z ; w – скорость оседания (при $w < 0$) или всплывания (при $w > 0$) примеси; $k_{T,x}, k_{T,y}, k_{T,z}$ – горизонтальные и вертикальный коэффициенты турбулентной диффузии; a – константа, обуславливающая вывод примеси из атмосферы вследствие процессов фотосинтеза, химических реакций и т.п.; $Q(\tau, x, y, z)$ – функция источника примеси.

Существует большое количество моделей, основанных на использовании соотношения (1). Среди работ авторов на территории стран СНГ следует отметить работы Берлянда, Алояна и др., а среди авторов стран дальнего зарубежья – модели Гиффорда, Гиффорда-Ханна и т.д.

Основой численных моделей является приближенное решение уравнения (1) с использованием численных методов, при этом предполагается задание ряда допущений, накладывающих меньшее число ограничений по сравнению с аналитико-эмпирическими моделями. В этом случае постановка задачи моделирования становится существенно более общей, однако сложность решения возрастает.

Разнообразие численных моделей расчета концентрации примеси достаточно велико и определяется в основном различием подходов, которые используются при задании коэффициентов турбулентности, диффузии и др. параметров.

В рамках данного проекта наряду с нормативными методиками расчета атмосферной дисперсии примесей, нами предлагается также использовать математическую модель, основанную на многомерных уравнениях гидродинамики.

В настоящем параграфе рассматривается математическая модель распространения частиц пыли и соли от наземных источников тяжелых и легких аэрозолей в зависимости от метеорологических условий.

Для решения задачи мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы Южного Приаралья предлагается использовать

следующую математическую модель, в которой учитываются ветровая эрозия почвы, погодно-климатические условия, физико-механические свойства аэрозольных частиц и другие факторы [1-6]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \sigma \theta = \mu \Delta \theta + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + Q \delta(x, y, z); \quad (2)$$

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta_0(x, y, z); \quad (3)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \gamma(\theta - \theta_a); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \gamma(\theta - \theta_a); \quad (4)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \gamma(\theta - \theta_a); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \gamma(\theta - \theta_a); \quad (5)$$

$$-k \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = \gamma(\beta \theta - F_0); \quad (6)$$

$$-k \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H} = \gamma(\theta - \theta_a). \quad (7)$$

Здесь θ - концентрация вредной примеси; t - время, w_g - скорость осаждения частицы; k - коэффициент турбулентного перемешивания; μ - коэффициент диффузии; σ - коэффициент поглощения; γ - безразмерный параметр; β - коэффициент взаимодействия с подстилающей поверхностью; F_0 - количество частиц, выносимых с поверхности земли; Q - мощность источников.

Данная модель позволяет прогнозировать распространение аэрозолей в окружающей среде и находить значения концентрации аэрозолей в рассматриваемой области решения задачи, в том числе выпавших на подстилающую поверхность.

Задача (2) - (7) рассматривается в области

$$D = (0 < x < a, 0 < y < b, 0 < z < H),$$

когда источник расположен в приземном слое.

Распределение скорости ветра по вертикали определяем по логарифмическому закону с учетом эффекта шероховатости поверхности:

$$u(z) = \frac{u^*}{k} \left(\log \frac{z}{z_0} - \psi_m \left(\frac{z}{L} \right) \right),$$

где u^* - скорость поверхностного трения, k - безразмерный коэффициент Вон-Кармана, z_0 - высота шероховатости, z - высота, где определяется скорость ветра, и L - длина Обухова. Значение ψ_m зависит от стабильности атмосферы.

Для интегрирования уравнения (2) основные параметры модели процесса u, v, w, k, μ определяются в виде функций [6]:

$$u(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \cos \beta, \quad v(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \sin \beta,$$

$$w(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n,$$

$$k(z,t) = k_0(z,t) + \bar{k}(z,t), \quad \mu(z,t) = \bar{\mu} |v(z,t)|,$$

где $|v_1|$ - модуль скорости ветра на высоте $z=2$ м.

Статическая обработка данных показывает, что основным фактором, вызывающим эрозию почвы, является величина скорости набегающего потока, а главным фактором – влажность почвы. Остальные параметры хотя и играют определенную роль в развитии или предотвращении эрозии, но их влияние носит неоднозначный характер. Поэтому при математическом моделировании процесса распространения вредных частиц и изменения их концентрации со временем необходимо учитывать эти параметры, а физико-химические свойства почвы можно считать постоянными, входящими в расчетную формулу [2-6].

То есть, величина F_0 является функцией от x, y, z, t и определяется по экспериментальным данным в зависимости от метеорологических условий, свойств подстилающей поверхности, размера и плотности пылевых частиц.

Само уравнение, позволяющее вычислить объем выноса частиц с поверхности почвы в зависимости от ее влажности и скорости имеет следующий вид [1-6]:

$$\frac{\partial F_0}{\partial u} - k_p \zeta \frac{\partial F_0}{\partial \zeta} = 0. \quad (8)$$

где k_p – константа почвы, с/м.; ζ – в функция влажности почвы

Коэффициент поглощения σ определяется на основе анализа и статистической обработки многолетних метеорологических данных для Южного Приаралья. Синусоидальная зависимость для вычисления коэффициента поглощения, согласно работ [1-6], имеет следующий вид:

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \Delta\sigma \sin \omega t,$$

где σ_0 - среднесуточное изменение коэффициента поглощения аэрозольных выбросов в атмосферу; $\Delta\sigma$ - амплитуда изменения коэффициента поглощения за сутки; ω - циклическая частота суточного изменения.

Так как постановка задачи (2) - (7) практически не позволяет получить ее решение в аналитическом виде, то для ее решения был разработан численный алгоритм, основанный на замене дифференциальных операторов на конечно-разностные [2-6].

На основе рассмотренного математического аппарата для мониторинга и прогнозирования процесса распространения солепылевых частиц в атмосфере был проведен ряд вычислительных экспериментов.

Разумеется, невозможно с полной уверенностью утверждать, что выбранная модель обеспечивает абсолютно точный прогноз переноса и диффузии солепылевых частиц, поскольку для этого необходима полномасштабная верификация модели в полевых условиях с проведением замеров. Однако результаты проведенных расчетов достаточно хорошо согласуются с результатами, полученными в работах других авторов [6], а также при сравнении данными спутниковых на спутниковых снимках, доступных на сайте консорциума CGIAR-CSI [70].

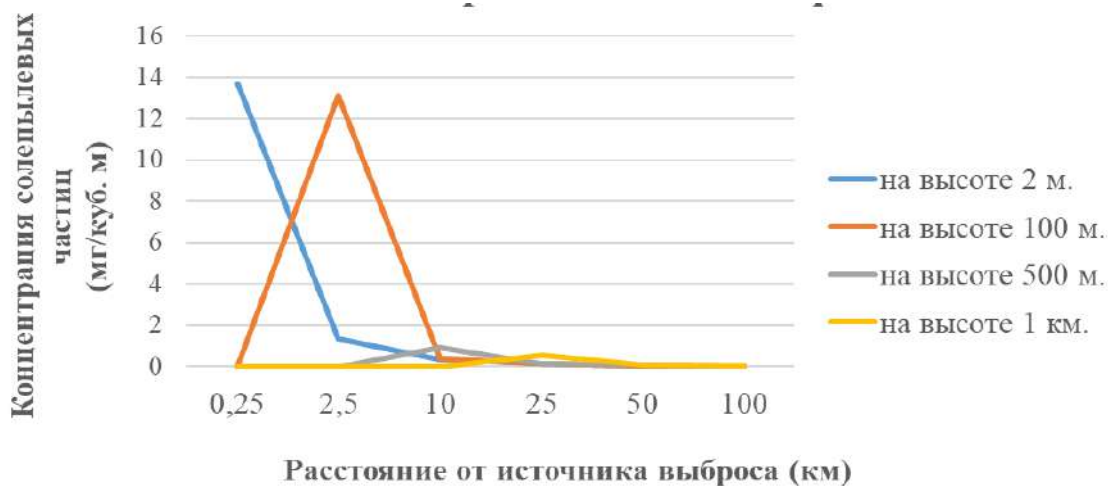


Рисунок 1 – Распределение концентрации солепылевых частиц по направлению ветра (до 100 км) на различных высотах.

Как можно видеть из результатов расчетов, в процессе распространения солевого аэрозоля выделяются две составляющие – сальтация (скачкообразный перенос тяжелых частиц) и собственно атмосферный перенос. Большая часть частиц оседает на расстоянии до 10 км от места выноса в атмосферный воздух, а в процессе атмосферного переноса и диффузии участвуют мелкодисперсные аэрозольные частицы. С течением времени в зависимости от скорости ветра и влажности почвы, осевшие тяжелые частицы могут быть снова выброшены в атмосферу, и таким образом переносится на большие расстояния, достигая сельскохозяйственных территорий Южного Приаралья (Кунград, Канлыкуль, Чимбай, Караузяк, Тахтакупыр) вплоть до Нукуса.

Исходя из анализа результатов расчетов с помощью выбранного математического обеспечения исполнителями проекта, наряду с нормативными методиками расчета вредных выбросов, принята целесообразность использования модели (2) - (7) в качестве модели для мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы Аральского региона.

Предложено использование математической модели, основанной на многомерных уравнениях гидродинамики для распространения частиц пыли и соли от наземных источников тяжелых и легких аэрозолей в зависимости от метеорологических условий. Построена модель для мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы Аральского региона, в которой учитываются ветровая эрозия почвы, погоднo-климатические

условия, физико-механические свойства аэрозольных частиц и другие факторы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Kabulov A.V., Urunbaev E., Normatov I., Ashurov A. Synthesis methods of optimal discrete corrective functions. *Advances in Mathematics: Scientific Journal* 9 (2020), no.9, 6467–6482 ISSN: 1857-8365 (printed); 1857-8438 (electronic) <https://doi.org/10.37418/amsj.9.9.4>.
- [2]. Kabulov A. V., Normatov I. H., Boltaev Sh, and Saymanov I. Logic method of classification of objects with non-joining classes. *Advances in Mathematics: Scientific Journal* 19 (2020), no.10, 8635–8646 ISSN: 1857-8365 (printed); 1857-8438 (electronic) <https://doi.org/10.37418/amsj.9.10.89>.
- [3]. Normatov I. H. and Kamolov E., "Development of an algorithm for optimizing the technological process of kaolin enrichment," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-4, DOI: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216371.
- [4]. A. Kabulov, I. Normatov, A. Seytov and A. Kудайбергеннов, "Optimal Management of Water Resources in Large Main Canals with Cascade Pumping Stations," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-4, DOI: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216402.
- [5]. Kabulov A.V., Normatov I.H. and Karimov A. Algorithmization control of complex systems based on functioning tables// – *Journal of Physics Conference Series* 1441:012141·January 2020 DOI: 10.1088/1742–6596/1441/1/012141 pp. 1–9.
- [6]. Шарипов Д.К, Модели и алгоритмы систем мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы промышленных регионов: дисс. канд. наук. – Ташкент, 2017. – 137 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СОЛЕПЫЛЕВЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ В ЮЖНОМ ПРИАРАЛЬЕ.

¹Кабулов А.В., ¹Норматов И.Х., ²Бабажанов А.

¹Национальный университет Узбекистана им. Миро Улугбека

*²Научно-инновационного центра цифровых технологий и кибербезопасности
имени академика В.К.Кобулова*

e-mail: anvarkabulov@mail.ru, ibragim_normatov@mail.ru.

В ходе моделирования процесса распространения примеси в атмосфере необходимо использовать данные наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, собираемых службами экологического мониторинга (территориальные подразделения Госкомэкологии, Узгидрометцентр, СЭС и др.) [1-5].

Для поиска закономерностей в массивах собранной информации необходимо создание конкретной информационной модели, которая,

собственно, и служит инструментальной базой для математического моделирования и проведения исследований.

Исходя из поставленных задач проекта и технического задания на создание информационной системы по мониторингу и определению влияния экологической ситуации на сельскохозяйственное производство Приаралья, информационная модель должна обладать следующим набором функций:

- формировать набор исходных данных с внутренней структурой представления на основе данных, предоставляемых службами экологического мониторинга, а также собираемых в автоматическом режиме с датчиков минерального состава почв, физико-механических свойств почвогрунтов, уровня минерализации грунтовых вод, качества атмосферного воздуха на рассматриваемых участках в регионе Приаралья;

- обеспечивать предобработку исходной информации и определять базовый набор постоянных, статистических и динамических параметров, необходимых для проведения расчетов с помощью выбранных моделей и методик расчета распространения примесей в атмосфере;

- сохранять полученную информацию;

- восстанавливать результаты расчетов, если используемый набор исходных данных ранее уже обрабатывался;

Информационная модель должна использовать следующие группы исходных данных:

- данные о свойствах и характеристиках загрязняющих веществ и группах суммации (из соответствующего перечня СанПиН РУз), включая информацию о предельно-допустимых нормах концентрации;

- метеорологическая информация, включая многолетние среднегодовые значения и климатические характеристики региона;

- информация о фоновых концентрациях примеси (например, солепылевых частиц);

- информация об источниках вредных выбросов (ИЗА);

- информация о регулярных повторяющихся выбросах (источник, состав, длительность и т.д.).

Для реализации рассмотренных функций, в рамках реализации проекта предлагается следующая структура информационной модели расчета загрязнения атмосферы, включающая три основных этапа обработки информации: предобработку, обработку и постобработку.

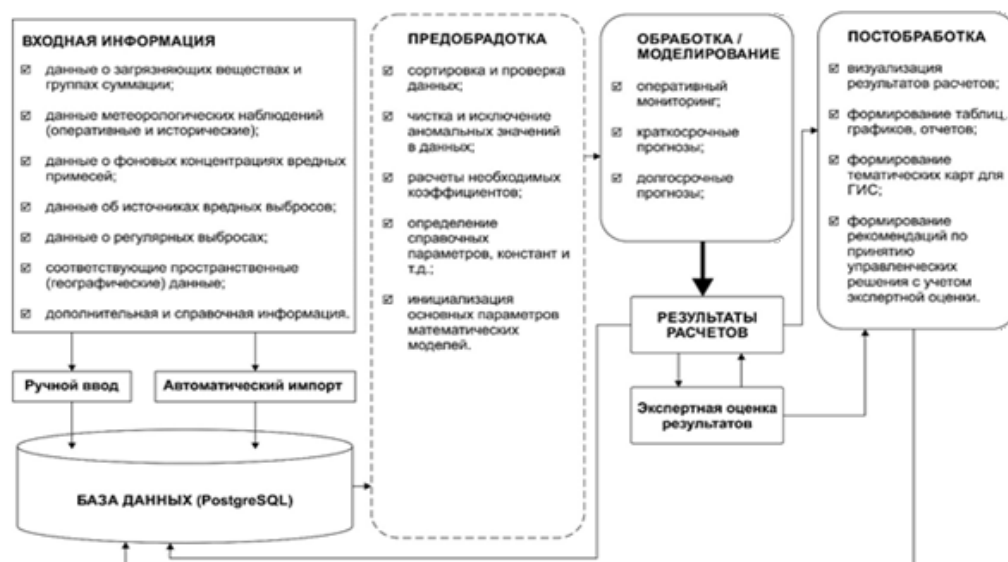


Рис. 3.1 – Информационная модель расчета распространения вредных выбросов

Предложенная информационная модель расчета распространения солепылевых аэрозольных выбросов в Южном Приаралье отвечает требованиям к структуре программного обеспечения информационной системы, заявленных в техническом задании на разработку системы.

Таким образом, для комплексного изучения процессов массопереноса в атмосфере, а также выявления закономерностей и факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство в регионе Приаралья, разработана информационная модель расчета распространения солепылевых аэрозольных выбросов в Южном Приаралье.

Конкретным воплощением информационной модели на текущем этапе является первоначальная версия базы данных в среде СУБД "Postgres", включающая в себя:

- пространственное описание наблюдаемых районов и участков, включая географические координаты и цифровые карты высот;
- физико-механические и химические свойства основных загрязняющих веществ, согласно нормативным перечням;
- реестр источников вредных выбросов в атмосферу и водную среду, включая природные и промышленные источники;
- данные многолетних метеорологических наблюдений и характерные погодно-климатические данные.

На основе исследования распространения частиц пыли и соли от наземных источников тяжелых и легких аэрозолей в зависимости от метеорологических условий построена информационная модель расчета распространения солепылевых аэрозольных выбросов в Южном Приаралье.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [7] A. Kabulov, I. Normatov, A. Seytov and A. Kudaybergenov, "Optimal Management of Water Resources in Large Main Canals with Cascade Pumping Stations," 2020 IEEE International IOT, Electronics and

- Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, Canada, 2020, pp. 1-4
- [8] [2]. Normatov I. H. and Kamolov E., "Development of an algorithm for optimizing the technological process of kaolin enrichment," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-4
- [9] [3]. Kabulov A. V., Normatov I. H., Boltaev Sh, and Saymanov I. Logic method of classification of objects with non-joining classes. *Advances in Mathematics: Scientific Journal* 9 (2020), no.10, 8635–8646
- [10] [4]. Kabulov A.V., Normatov I.H. and Karimov A. Algorithmization control of complex systems based on functioning tables// – *Jour of Physics Conference Series* 1441:012141·January 2020 DOI: 10.1088/1742–6596/1441/1/012141 pp. 1–9
- [11] [5]. Yarashov I., Normatov I., Mamatov A. ECOLOGICAL INFORMATION PROCESSING TECHNOLOGIES AND INFORMATION SECURITY //International Conference on Multidimensional Research and Innovative Technological Analyses. – 2022. – С. 73-76.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ВЫТЕСНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ФЛЮИДОВ В ДВУХСЛОЙНОМ ПЛАСТЕ

Каюмов Ш., Зиядуллаева Ш. С., Даминов К. Р.

Ташкентский государственный технический университет

e-mail: kayumovmatematic@gmail.com

Задача фильтрации флюидов в многослойных подземных пористых средах изучены в работах [1,2]. Особый интерес представляет процесс вытеснения одного флюида с другими, когда их фильтрационные характеристики различные и часто не сопоставимые.

В [2] изучен процесс фильтрации газа в упруго водонапорном режиме сведением к задачам непрерывно действующего теплового источника. Если фильтрации нелинейный, то необходимо определить положение неизвестных границ подвижных зон. Когда многослойный пласт гидродинамически связан, то при фильтрации могут происходить перетоки из одного пласта в другие, и прогнозирование одновременного движение границы раздела практически невозможно.

В случае, когда пласты гидродинамически несвязанный, можно границы раздела управлять дополнительными условиями, регулирующей отбора флюида. Поэтому возникает задача управления подвижными границами, обеспечивающие наибольшего объема, отбора флюида при равномерном движении границ раздела. Следовательно, задачи фильтрации аномальных или структурированных флюидов в многослойных пористых средах являются актуальными задачами при конструировании математических моделей.

Рассмотрим двухслойный гидродинамически несвязанный пласт, где с началом, при $t_0 > 0$ происходит, процесс вытеснение одного флюида с

другими. Пусть в области $D = \sum_{i=1}^3 D_i$ где $D_i = D_{1i} + D_{2i}$, в начале координат закачивается газ с весовыми расходами $Q(t) = \sum_{i=1}^3 q_i$. Пусть, вытесняемые фазы обладает структурными свойствами и так как, вязкости втесняющей фазы намного меньше, чем вязкости вытесняемого флюида, то пренебрегаем его при плоско-параллельности фильтрации. Математическая модель этой задачи записывается следующей начально краевой задачей

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_i}{\mu_i} \cdot \chi(|\Delta u_i| \cdot \beta_i) \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x} \right) = M_i(x, t) \cdot \frac{\partial u_i}{\partial t}, t > 0, x \in D, \quad (1)$$

начальные условия и условия на подвижной границе

$$u_i(x, 0) = u_{i0}, \quad \tilde{\sigma}_i \cdot m_i \cdot \frac{\partial R_i}{\partial t} = \frac{k_i}{m_i} \cdot \chi(|\Delta u_i| \cdot \beta_i) \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x} \Big|_{x=R_i+0} \quad (2)$$

внения баланса втесняемой фазы и дополнительные условия

$$W_{0i}(t) = \tilde{\sigma}_i \cdot m_i \cdot \pi \cdot h_i \cdot R_i^2 \cdot \frac{u_i}{u_0} \cdot \frac{T_0}{T_i}; \quad \tilde{\sigma}_i \cdot m_i \cdot \frac{\partial R_i}{\partial t} = \tilde{\sigma}_2 \cdot m_2 \cdot \frac{\partial R_2}{\partial t}; \quad W_H(t) = \sum_{i=1}^3 W_{0i}(t) \quad (3)$$

где $k_i, \mu_0, m_i, \tilde{\sigma}_i, h_i, T_0, T_i, R_i^2, u_{i0}$ параметры пласта и флюидов [1,2], W_{H_i} – неизвестный объем втесняемой фазы при определенных случаях.

Задачи (1)-(3) решаются численными методами [4], итерации, метод прямых по t и метод потокового варианта сеточной прогонки.

Последовательности вычисление построенных вычислительных алгоритмов следующие: по заданным нулевым приближением дебитов $q_i^0(t)$ определяется из (3) u_i на границе расширяющейся области. D_{1i} ; используя условия (3) как граничные проводится решение сеточной задачи (1); если структурная фильтрация то в области D_{2i} определяется свои внутренние границы возмущений; определяется равномерность продвижение контакта по (3); проверяется выполнение условий итерации, если она выполнена то переходит к другому временному шагу.

Расчеты можно вести до времени $t = T$, когда происходит, полного вытеснения по всем пластам. Задачу (1)-(3) можно решить и другим методом [2], если при определенных допущениях уравнение (1) представим в виде

$$u_i(x, t) = u_{ik} + \frac{M_i}{4\partial k_i \cdot h_i \cdot \chi_i \cdot \pi} \int_0^t \frac{Q_{i0}(\tau)}{t - \tau} e^{-\frac{x^2}{4\chi_i(t-\tau)}} d\tau \quad (4)$$

где $x > 0$, и решение принадлежит к области $R_i(t) < x$. Интенсивность фиктивных источников $Q_{i0}(t)$ пока не известно.

После определенных преобразованиях задачи (1)-(4) примет вид

$$u_i = \tau_i + u_{ik} + \frac{1}{4\pi} \int_0^t \frac{q_{it}(\tau)}{t - \tau} e^{-\frac{\varphi_i(t)}{t-\tau}} d\tau, \quad \frac{d\varphi_i}{dt} = B_i \varphi_i \int_0^t \frac{q_{it}(\tau)}{(t - \tau)} e^{-\frac{\varphi_i(t)}{t-\tau}} d\tau \quad (5)$$

$$u_i(t)\varphi_i(t) = f_i(t), \quad f_i(t) = u_i \sum_{i=1}^3 \lambda_i \varphi_i, \quad \text{где } \varphi_i(t) = \frac{S_i R^2}{\chi \pi T_0}, \quad q_i(t) = \frac{Q_{i0}(t) \mu}{k_i R_i u_{i0}} \quad (6)$$

Если $f_i(t) = k \cdot t$, то можно получить автомодельное решение $\varphi_i(t) = k_i \cdot t$.

В дальнейшем эти задачи решаются методом Рунге-Кутты и квадратурной формулой трапеции. Выше изложенную методику, можно применять при разработке эксплуатации месторождений, имеющую аналогичной физической характеристики как в этой задаче.

Литература

- [1] Ширковский А.И. Задора Т.И. Добыча и подземное хранение газа. М: «Недра». 1974 г.- 262 с.
- [2] Каюмов Ш. Арзикулов Г. П. Хаитов Т. О. Об одном способе моделирование задачи вытеснение нелинейных флюидов. Сб. мат. респ. науч. конф. «Актуальные проблемы математики и прикладной математики в эпоху глобализма». Ташкент, 2021 г. С. 74-78.
- [3] Каюмов Ш. К математическому моделированию одной задачи вытеснения газа с аномальными флюидами. Сб. науч. труд. межд. науч. тех. конф. «Современные проблемы и пути освоения нефтегазового потенциала недр » часть 1. Ташкент. 2013 г. с. 155-157.
- [4] Samarskii A. A., The Theory of Difference schemes / A. A. Samarskii- New York-Basel: Marcel Dekker, Inc. 2001.-761 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ПРИ НАЛИЧИИ МАССООБМЕНА СКВОЗЬ ГРАНИЦЫ

Курбонов Н.М.

*Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада
аль-Хоразмий*

e-mail: nozim_kurbonov@mail.ru

Процесс фильтрации газа в пористых средах может быть представлен в виде трехмерной нелинейной модели, описываемой следующим дифференциальным уравнением в частных производных

$$\frac{\partial^2 P^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P^2}{\partial z^2} = \frac{2m\mu}{K} \frac{\partial P}{\partial t} - \frac{QP_{at}}{\Delta x \Delta y \Delta z} \cdot \frac{2\mu}{b \cdot K} \delta(x, y, z) \quad (1)$$

с соответствующими начальным, граничным, а также внутренними условиями:

$$P(x, y, z, t)|_{t=0} = P_n; \quad \oint \frac{K}{\mu} b \cdot \frac{\partial P}{\partial n} ds = cQ_v; \quad (2)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial x} \Big|_{x=0} = -\eta(P_{at} - P); \quad KP \frac{\partial P}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \eta(P_{at} - P); \quad (3)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial y} \Big|_{y=0} = -\eta(P_{at} - P); \quad KP \frac{\partial P}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \eta(P_{at} - P); \quad (4)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0; \quad KP \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = 0. \quad (5)$$

Как видно из постановки задачи (1) - (5), получить её решение в аналитической форме крайне сложно.

Поэтому для её решения используем численный метод на основе метода конечных разностей, который позволяет свести исходную задачу к системе линейных алгебраических уравнений. Для интегрирования задачи (1)-(5) вводим равномерную сетку по x, y, z и t .

Заменяя в уравнении (1) дифференциальные операторы на конечно-разностные и используя схему продольно-поперечного направления по Ox , получаем [1-3]:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{1}{2\tilde{P}_{i,j,k}} \frac{(P^2)_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - (P^2)_{i,j,k}^n}{\Delta t / 3} + \frac{1}{2} \frac{1}{2\tilde{P}_{i+1,j,k}} \frac{(P^2)_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - (P^2)_{i+1,j,k}^n}{\Delta t / 3} = \\ & = \frac{1}{\Delta x^2} \left((P^2)_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - 2(P^2)_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + (P^2)_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} \right) + \\ & + \frac{1}{\Delta y^2} \left((P^2)_{i,j+1,k}^n - 2(P^2)_{i,j,k}^n + (P^2)_{i,j-1,k}^n \right) + \\ & + \frac{1}{\Delta z^2} \left((P^2)_{i,j,k+1}^n - 2(P^2)_{i,j,k}^n + (P^2)_{i,j,k-1}^n \right) + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z}. \end{aligned} \quad (6)$$

С помощью выражения $P^2 = 2P \cdot \tilde{P} - (\tilde{P})^2$, осуществляем линейризацию и преобразуем уравнение (6) к следующему виду:

$$\begin{aligned} & \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - \left(\frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t} \right) P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \left(\frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} - \frac{3}{2\Delta t} \right) P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \\ & = - \left(\left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} - \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^n + \frac{3}{2\Delta t} P_{i+1,j,k}^n + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k} P_{i,j-1,k}^n + \right. \\ & \quad \left. + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} P_{i,j+1,k}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1} P_{i,j,k-1}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} P_{i,j,k+1}^n + \right. \\ & \quad \left. + \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \right. \\ & \quad \left. - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Затем, группируя схожие члены, уравнение (7) приводим к системе алгебраических уравнений:

$$a_{i,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - b_{i,j,k} P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + c_{i,j,k} P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = -d_{i,j,k}, \quad (8)$$

здесь

$$\begin{aligned} a_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta x^2}; \quad b_{i,j,k} = \frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t}; \quad c_{i,j,k} = \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} - \frac{3}{2\Delta t}; \\ d_{i,j,k} &= \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} - \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^n + \frac{3}{2\Delta t} P_{i+1,j,k}^n + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k} P_{i,j-1,k}^n + \\ &+ \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} P_{i,j+1,k}^n - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1} P_{i,j,k-1}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} P_{i,j,k+1}^n + \\ &+ \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \\ &- \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z}. \end{aligned}$$

Приведенные выше действия выполняются аналогично по Oy и Oz для уравнений (1). Решая полученную систему методом прогонки, можно определить искомые параметры объекта и приемлемые диапазоны их изменения, как по времени, так и по пространственной переменной [1-3].

Разработанные математическая модель, вычислительный алгоритм и программное средство могут быть использованы для анализа функционирования, оперативного управления и прогнозирования разработки газовых месторождений при различных условиях воздействия на пласт и принятия конкретных практических рекомендаций.

Литература

- [1]. Kurbonov N. 3D model and numerical algorithm for gas filtration in porous media // Mathematical Modeling and Computing. - 2022. - Vol. 9, No. 3. - pp. 637–646. - DOI: 10.23939/mmc2022.03.637.
- [2]. Kurbonov N. Computer Simulation of Three-Dimensional Gas Filtration Process in Porous Media // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670250.
- [3]. Курбонов Н. Численное моделирование задачи фильтрации газа в пористой среде при наличии массообмена сквозь границы // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – №6(45). – С. 68-81.

РЕШЕНИЕ ТРЕХКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В СРЕДЕ EXCEL.

Мадреимова З.Б.

Каракалпакский государственный университет

e-mail: madtelmovaz1984@gmail.com

Во многих реальных экономических задачах критериев, которые оптимизируются, может быть несколько. Например, при производстве

продукции максимизируется качество и минимизируется себестоимость, при взятии ссуды в банке максимизируется кредитный срок и минимизируется процентная ставка, при выборе места для строительства дома отдыха максимизируются экологические условия и минимизируется расстояние от населенного пункта[1].

Существует несколько методов решения многокритериальных задач. Одним из наиболее эффективных является метод последовательных уступок, использование которого рассмотрим на примере. Математическая модель трехкритериальной задачи имеет вид [2]:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 2x_1 + x_2 - 3x_3 \rightarrow \max; \\ Z_2 &= x_1 + 3x_2 - 2x_3 \rightarrow \min; \\ Z_3 &= -x_1 + 2x_2 + 4x_3 \rightarrow \max; \\ &\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 \geq 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 \leq 16 \\ x_1 + 2x_2 \leq 24 \end{cases} \end{aligned}$$

$$x_1 \geq 0; \quad x_2 \geq 0; \quad x_3 \geq 0.$$

Решить задачу методом последовательных уступок, выбрав уступку по первому критерию $\delta_1 = 4$, а по второму $\delta_2 = 5$.

Открываем электронную книгу Excel и, как и для решения однокритериальной задачи определяем ячейки под переменные x_1, x_2, x_3 . Для этого в ячейку A1 вводим подпись «Переменные», а соседние три ячейки B1, C1 и D1 вводим значения переменных. Это могут быть произвольные числа, например единицы, далее они будут оптимизироваться. Во второй строке задаем целевые функции. В A2 вводим подпись «Целевые», а в B2 формулой «=2*B1+C1-3*D1» задаем первую целевую функцию $2x_1 + x_2 - 3x_3$. Аналогично в C2 и D2 вводим вторую и третью целевую функцию, вводя в C2 «=B1+3*C1-2*D1», а в D2 «=-B1+2*C1+4*D1». В третью строку вводим левые части ограничений. Для этого вводим в A3 подпись «Ограничения», в B3 формулу «=B1+3*C1+2*D1», в C3 формулу «=2*B1-C1+D1» и в D3 формулу «=B1+2*C1».

Предварительные действия завершены. Вызываем надстройку «Поиск решения» (SolverAdd-in) в меню «Данные».

На первом этапе оптимизируем первую целевую функцию.

На втором этапе оптимизируется вторая целевая функция.

На третьем этапе делаем уступку по второму критерию. Величина уступки равна $\delta_2 = 5$. Так, как вторая функция минимизируется, то ее значение не должно превышать $23,4+5=28,4$. Вызываем надстройку «Данные/Поиск решения». Меняем ссылку на целевую функцию. Ставим курсор в поле «Установить целевую» (SetTargetCell) и щелкаем по ячейке D2, в которой находится ссылка на третью целевую функцию. Так, как третья целевая максимизируется, то ставим флажок в поле напротив надписи «Равной максимальному значению» (Equalto...Max...Valueof:). Вводим дополнительное ограничение, связанное с уступкой по второму критерию. Переводим курсор в поле «Ограничения» (Subject to the Constraints) и нажимаем кнопку «Добавить» (Add). В появившемся окне «Добавление

ограничения» (AddConstraints). Вводим данные «C2», « $\leq$ », «28,4». Результат – переменные x_1, x_2, x_3 . Равны 10,76;6,62;1,11. Целевые функции равны, соответственно, 24,8;28,4 и 6,93. Это окончательный ответ. Все дополнительные условия соблюдены.

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: Количественный подход – М: Физматлит, 2002-144 с.
- [2]. Костин В.Н., А.Н.Калинин А.Н. Методы оптимизации в примерах и задачах. - Оренбург ИПК ГОУ ОГУ, 2008-153 С.

ФОРМА И ВИДЫ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.

Мадреимова З.Б.

*Каракалпакский государственный университет имени Бердаха
e-mail:madtelmovaz1984@gmail.com.*

В настоящее время оптимизация находит применение в науке, технике и в любой другой области человеческой деятельности.

Оптимизация - целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях.

Поиски оптимальных решений привели к созданию специальных математических методов и уже в XVIII веке были заложены математические основы оптимизации (вариационное исчисление, численные методы и др.). Однако до второй половины XX века методы оптимизации во многих областях науки и техники применялись очень редко, поскольку практическое использование математических методов оптимизации требовало огромной вычислительной работы, которую без ЭВМ реализовать было крайне трудно, а в ряде случаев - невозможно.

В зависимости от своей постановки, любая из задач оптимизации может решаться различными методами, и наоборот – любой метод может применяться для решения многих задач. Методы оптимизации могут быть скалярными (оптимизация проводится по одному критерию), векторными (оптимизация проводится по многим критериям), поисковыми (включают методы регулярного и методы случайного поиска), аналитическими (методы дифференциального исчисления, методы вариационного исчисления и др.), вычислительными (основаны на математическом программировании, которое может быть линейным, нелинейным, дискретным, динамическим, стохастическим, эвристическим и т.д.), теоретико-вероятностными, теоретико-игровыми и др. Подвергаться оптимизации могут задачи как с ограничениями, так и без них.

Наиболее часто используемым методом оптимизации является линейное программирование. Линейное программирование - один из первых и наиболее подробно изученных разделов математического программирования. К числу задач линейного программирования можно отнести задачи:

- рационального использования сырья и материалов;
- задачи оптимизации раскроя;
- оптимизации производственной программы предприятий;
- оптимального размещения и концентрации производства;
- составления оптимального плана перевозок, работы транспорта;
- управления производственными запасами;
- и многие другие, принадлежащие сфере оптимального планирования [2].

Различают три основные формы линейного программирования.

Стандартная форма – все ограничения являются ограничениями-неравенствами, а все переменные неотрицательны (удобна при решении задач линейного программирования графическим методом).

Каноническая форма – все ограничения являются ограничениями-равенствами с неотрицательными правыми частями, а все переменные неотрицательны. Основные вычислительные методы (симплекс-метод и его варианты) разработаны именно для этой формы.

Общая форма – часть ограничений являются равенствами, часть – неравенствами. Кроме того, не на все переменные наложены условия неотрицательности.

Эти три формы задачи линейного программирования эквивалентны в том смысле, что каждую из них можно простыми преобразованиями привести к любой из двух остальных.

Поэтому, если имеется способ решения одной из этих задач, тем самым мы умеем решать любую из трёх задач линейного программирования. [1]

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Батин Н.В. Методы и алгоритмы для решения оптимизационных задач линейного программирования / Смородинский С.С., Батин Н.В. - М.: БГУИР, 1997.- 251с.
- [2]. Общая задача линейного программирования [Электронный ресурс]/МГИУ; ред. Кузьмин К.А.- Режим доступа: http://kyzmin-ka.ru/issled_oper/obsh_zad/index.html.

О ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛИРОВАНИИ ФУНКЦИЙ

^{1,2}**Маматова Н.**

¹*Институт математики им. В.И.Романовского*

²*Бухарский государственный университет*

e-mail: nilufar.mamatova.76@mail.ru

Для отыскания приближенного представления функции φ элементами из некоторого набора можно воспользоваться значениями, которые эта функция принимает в некотором конечном множестве точек x_k , $k = 0, 1, \dots, N$. Соответствующая задача называется задачей интерполирования.

В настоящей работе рассмотрим задачу об оптимальных интерполяционных формулах, которая впервые поставлена и исследована С.Л.Соболевым.

Следует отметить, что решение при $p = 2$ (теорема Холлидея) задачи о минимизации L_p – нормы m -й производной функций, интерполирующих заданные значения y_i в заданных точках x_i , привело к развитию теории сплайнов. В дальнейшем эта задача исследовалась во многих работах в более общей постановке как проблема минимизации функционала при ограничениях.

В данной работе мы рассмотрим интерполяционную формулу вида

$$\varphi(x) \cong P_\varphi(x) = \sum_{k=0}^N C_k(x) \varphi(x_k). \quad (1)$$

Формула (1) удовлетворяет следующим условиям интерполяции:

$$\varphi(x_k) = P_\varphi(x_k), \quad k = 0, 1, \dots, N.$$

Здесь $C_k(x)$ и x_k - соответственно коэффициенты и узлы интерполяционной формулы (1), а функция φ является элементом некоторого банахова пространства $\mathbf{B}$.

Важной задачей теории интерполирования является отыскание максимума ошибки интерполяционной формулы (1). Значение ошибки $\varphi(x) - P_\varphi(x)$ в некоторой точке z есть линейный функционал над пространством функций φ :

$$(\ell, \varphi) \equiv \varphi(z) - P_\varphi(z) = \varphi(z) - \sum_{k=0}^N C_k(z) \varphi(x_k). \quad (2)$$

Здесь $\ell(x) = \delta(x - z) - \sum_{k=0}^N C_k(z) \delta(x - x_k)$ называется функционалом погрешности интерполяционной формулы, $\delta(x)$ -- дельта-функция Дирака.

По неравенству Коши-Шварца ошибка (2) интерполяционной формулы (1) оценивается с помощью нормы функционала погрешности ℓ в сопряженном пространстве $\mathbf{B}^*$:

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\varphi\|_{\mathbf{B}} \cdot \|\ell\|_{\mathbf{B}^*}.$$

Предметом нашего изучения будет норма этого функционала: $\|\ell\|_{\mathbf{B}^*}$. Различным x_k - узлам и $C_k(z)$ - коэффициентам отвечают разные значения нормы $\|\ell\|_{\mathbf{B}^*}$.

Важная задача эта минимизация нормы $\|\ell\|_{\mathbf{B}^*}$. Тогда соответствующая формула называется оптимальной интерполяционной формулой.

Таким образом, получаем следующие задачи

Задача 1. Найти $\max_{\varphi(x) \in \mathbf{B}} |(\ell, \varphi)|$.

Задача 2. Найти оптимальные коэффициенты $\dot{C}_k(z)$ и $\dot{x}_k$ дающие наименьшее значение величине $\|\ell\|\mathbf{B}^*\|$.

В настоящей работе мы займемся исследованием задач 1 и 2 в пространстве Соболева $L_2^{(m)}(0,1)$ функций, у которых обобщенное производное порядка m интегрируема с квадратом на отрезке $[0,1]$.

КИМЁВИЙ МОДДАЛАРДАН ҚИШЛОҚ-ХЎЖАЛИГИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШИДА ОПТИМАЛ ФОЙДАЛАНИШ МАСАЛАСИНИ ЕЧИШНИНГ ДАСТУРИЙ ТАЪМИНОТИ

Мамбетов А.Б., Мауленов А.К.

*Қорақалпоғистон қишлоқ хўжалиги ва агротехнология институти
e-mail: atamurat_1977@mail.ru*

Ушбу таклиф этилаётган ишда кимёвий моддалардан қишлоқ-хўжалиги ишлаб чиқаришида оптимал фойдаланишнинг детерминистик экологик-иқтисодий модели ва уни ечиш алгоритмига дастурий таъминот ишлаб чиқиш масаласи қаралади.

Критерийи сифатида, қишлоқ-хўжалиги маҳсулотларининг ҳосилдорлигига боғлиқ бўлган хўжаликнинг соф фойдаси функцияси олинган. Моделда тўпроқдан ювиладиган химикатлар миқдори ва экин майдонининг бирлигига тегишли химикатлар миқдори чеклашлар вазифасини ташкил этади.

Энди қўйида кимёвий моддаларни қўллаш стратегиясини танлаш бўйича масаланинг математик қўйилишини қараймиз:

$$F(x) = \sum_{i,j} \sum_{k,s,t} \alpha_{ijks}^t (x_{ijks}^t) u_{is} a_{is} d_i - \sum_{i,j} \sum_{k,s,t} a_{is} c_{ijks}^t x_{ijks}^t \longrightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{i,j,s} a_{is} \beta_{ijks}^t x_{ijks}^t \leq B_k^t, \quad t \in T, \quad k \in K \quad (2)$$

(тўпроқдан ювиладиган химикатлар миқдорига чекловлар).

$$\sum_{j,s,t} \gamma_{ijks}^t (x_{ijks}^t) \lambda_k^t \leq D_{ik}, \quad i \in I, \quad k \in K \quad (3)$$

(ўстирилаётган экинлардаги химикатлар миқдорига чекловлар).

$$\sum_{i,j} \sum_{t,k} \delta_k x_{ijks}^t \leq G_s, \quad (4)$$

(экин майдони бирлигига тегишли химикатларнинг максимал мумкин бўлган миқдорига чекловлар).

$$\sum_{j,k} \sum_{s,t} \alpha_{ijks}^t (x_{ijks}^t) u_{is} a_{is} \geq A_i, \quad i \in I \quad (5)$$

(ҳар-хил тўрдаги экин бўйича давлат бўйртмасини бажаришга чекловлар).

$$x_{ijks}^t \geq 0, \quad t \in T, \quad i \in I, \quad j \in J, \quad k \in K, \quad s \in S \quad (6)$$

(ўзгарувчиларнинг турига чекловлар, табиий чекловлар).

(1)-(6) масалани ечиш учун, албатда чизиқли программалашнинг стандарт методларини қўллашга бўлади. Лекин, масалани ечиш билан бир

қаторда биз сув ва тўпроқнинг кимёвий моддалар билан ифлосланиши учун экологик тўламларнинг баҳосини ҳам аниқлашимиз зарур. Шунинг учун [1] ишда таклиф этилган, марказлаштирилган метод қўлланилди ва (1)-(6) масалани ечиш алгоритми учун дастурий таъминот ишлаб чиқилди.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Ляшенко И.Н., Михалевич М.В., Утеулиев Н.У. Методы эколого-экономического моделирования. -Нукус:Билим. 1994. 236 с.
- [2] Утеулиев Н.У. Стохастические модели и методы оптимизации природопользования.-Ташкент: «Aloqachi».2019.128 с.

СЕЙСМИК ТАЪСИРЛАРДА ЕР ОСТИ ҚУВУРЛАРИ ФАЗОВИЙ ТИЗИМЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УЧУН ДАСТЛАБКИ МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕРАКТИВ РЕЖИМДА КИРИТИШНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Мирзаев И., Қосимов Э., Нишонов Н., Екатерина А.

*ЎзР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти
e-mail: elbekqosimov1985@gmail.com*

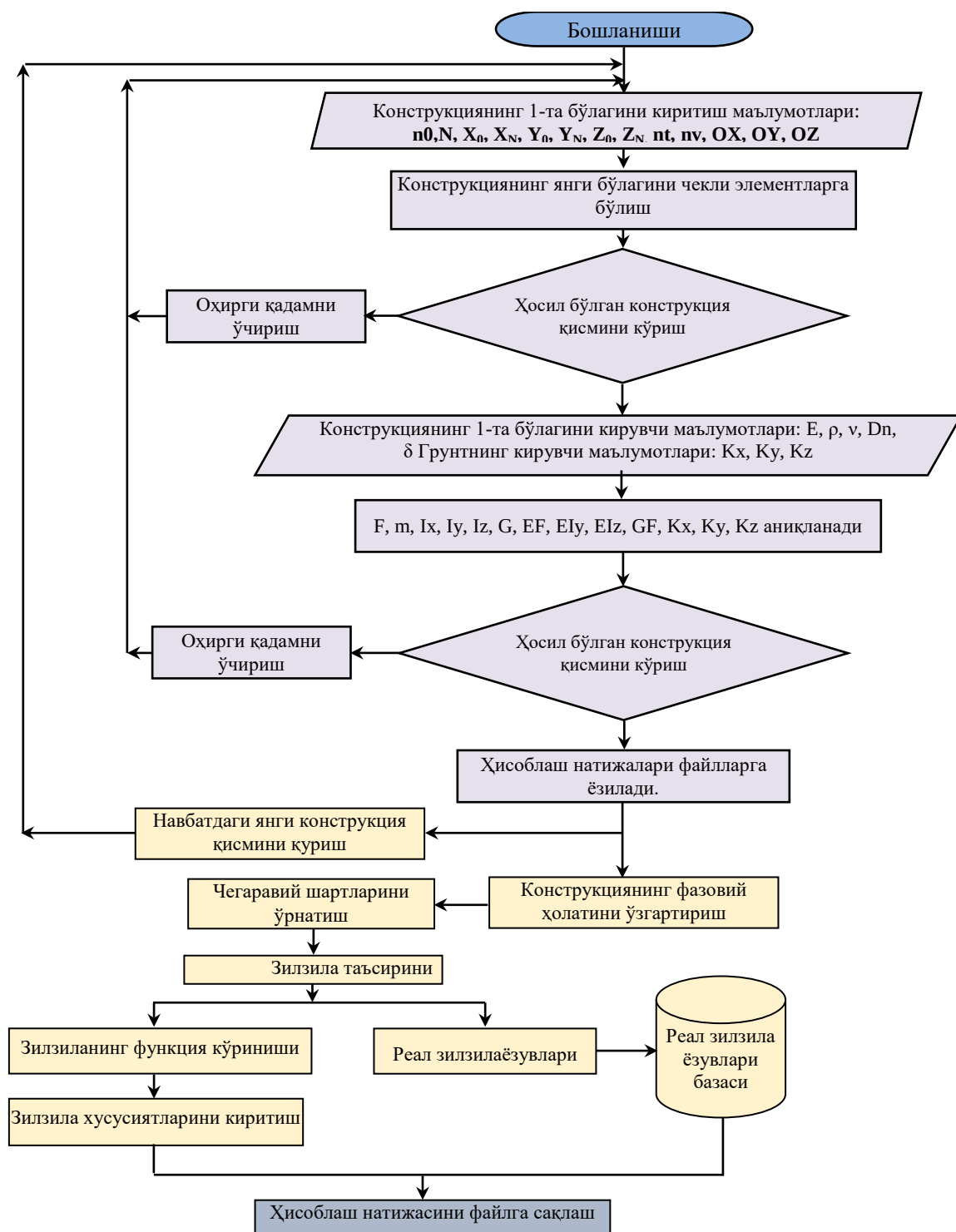
Жаҳон амалиётида сейсмик тўлқинлар таъсирида ер ости иншоотлари (қувурлар, мураккаб тизимдаги конструкциялар ва бошқалар) сейсמודинамикасини ҳисоблаш учун мураккаб масалаларни ечишда чекли элементлар усули (ЧЭУ) асосида яратилган дастурий мажмуаларни қўллаш изчил сураатларда ривожланмоқда, шунингдек, ер ости магистрал қувурларининг мустаҳкамлигини таъминлаш масалаларини ечишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ҳозирги вақтга қадар муҳандислик ҳисоблаш ишларини олиб бориш учун хорижий тадқиқотчилар томонидан бажарилган ANSYS – ANSYS Ins (АҚШ), ЛИРА–САПР (Украина, Россия), SOFiSTiK AG (АҚШ), SCAD Office (Россия), Plaxis, ABAQUS ва бошқа дастур пакетлари сингари бир қатор ҳисоблаш дастурлари ва тизимлари ишлаб чиқилган [1-2].

Ушбу дастурий мажмуаларнинг интерактив режимда дастлабки маълумотларни киритишни ўрганган ҳолда, автоматлаштирилган дастурий мажмуага (АДМ) қулай кириш тили ишлаб чиқилди [3]. Интерактив режимда дастлабки маълумотларни киритиш тили дўстона мулоқот тарзида амалга оширилади ва ҳисоблаш жараёни учун дастлабки маълумотларни тайёрлашга имкон беради.

Сейсмик тўлқинлар таъсирида ер ости қувурлари сейсמודинамикасини ҳисоблаб ўрганиш учун мураккаб масалаларини чекли элементлар усулида ечиш алгоритмлари, сонли моделлаштириш технологияси ва ҳисоблаш экспериментларининг муҳим хусусияти шундан иборатки, лойиҳалаштириладиган ер ости қувурлар фазовий тизими учун ишлатиладиган материалларнинг физик-механик ва геометрик параметрларини топиш мақсадида компьютерда кўп вариантлик ҳисоблаш

ишларини амалга оширилишидир. Қуйида интерактив режимда дастлабки маълумотларни киритиш структураси келтирилган.



1-Расм. АДМ учун кириш тилини яратиш структураси.

Алгоритмнинг юқоридаги босқичлари чекли элементлар усулининг ҳисоблаш схемасига мос келади ва ҳисоблаш жараёнида фойдаланиладиган жуда катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш ва профил шаклда сақлашни автоматлаштириш учун хизмат қилади. АДМдаги модулларнинг ҳар бири модуллар тўплами билан таъминланган бўлиб, интерактив режимда

дастлабки маълумотларни киритиш тили модулларининг ўзаро муносабатлари қуйидагича амалга оширилади. Сейсмик тўлқин таъсиридаги ер ости қувурининг деформациясини сонли симуляция қилиш учун қувурни чекли элементлар орқали ифодаланилади, қувурнинг геометрик, физик-механик хусусиятлари ҳисобланади, сейсмик тўлқиннинг таъсир бурчаги аниқланади, чегаравий шартлар берилади, сейсмик тўлқин тури (функция қўриниши ёки реал зилзила ёзуви) танланади. Ушбу ҳисоблаш натижалари файлларга сақланади.

Адабиётлар

- [1]. Feng W., Yurong MA., Yaqiong J., Dan Li., Haifei L. Application of Ansys finite element analysis in teaching of mechanics of materials // E3SWeb of Conferences 198, 01049 (2020), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019801049>.
- [2]. Romashkina M.A., Titok V.P. LIRA-SAPR software complex (Electronic edition, 2018) p. 254.
- [3]. Mirzaev I., Kosimov E. Automation of seismodynamics study of spatial systems of underground pipelines by real earthquake records // Modern problems of applied mathematics and information technologies Al-Khwarizmi 2021 15-November, 2021, Fergana, Uzbekistan.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

¹Михайлов А.А., ¹Имомназаров Х.Х., ²Ставриани К.М., ²Худайназаров Б.Б.

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия;

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия;

e-mail: alex_mikh@omzg.sccc.ru, behzodxudaynazarov@gmail.com,

imom@omzg.sccc.ru, ksm@mail.ru.

Сейсмические волны характеризуют не только очаг землетрясения, но и среду, через которую они распространяются, поэтому они являются основным носителем информации в сейсмологии. Самыми разрушительными являются поверхностные волны, так как они имеют низкую частоту, большую амплитуду и внушительное время действия.

Распространение сейсмических волн в упругой среде записывается известной системой уравнений первого порядка теории упругости через взаимосвязь компонент вектора скорости смещений и компонент тензора напряжений в декартовой системе координат (x_1, x_2) .

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial t} = \mu \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \right) + \lambda \delta_{ik} \operatorname{div} \vec{u} + F_i f(t). \quad (2)$$

Здесь δ_{ij} - символ Кронекера, $\lambda(x_1, x_2)$, $\mu(x_1, x_2)$ - упругие параметры среды, $\rho(x_1, x_2)$ - плотность среды, $\vec{u} = (u_1, u_2)$ - вектор скорости смещений, σ_{ij} - компоненты тензора напряжений, $\vec{F}(x_1, x_2) = F_1 \vec{e}_x + F_2 \vec{e}_z$ описывает пространственное распределение источника, а $f(t)$ - заданный временной сигнал в источнике. Для точечного источника типа центр давления: $F_i = \delta(x - x_0) \delta(z - z_0)$.

Задача решается при нулевых начальных данных

$$u_i|_{t=0} = \sigma_{ij}|_{t=0} = 0 \quad (3)$$

и граничных условиях на свободной поверхности $x_2 = 0$

$$\sigma_{12}|_{x_2=0} = \sigma_{22}|_{x_2=0} = 0. \quad (4)$$

Для решения поставленной задачи (1)-(4) применим интегральное преобразование Лагерра по времени вида [1, 2]. После применения интегрального преобразования Лагерра по времени исходная задача (1)-(4) сводится к решению системы дифференциальных уравнений только по пространственным координатам. Для дальнейшего решения задачи используется конечно-разностная аппроксимация производных на сдвинутых сетках [3] с четвертым порядком точности.

Для численного моделирования распространения плоской продольной волны генерируемой в эпицентре землетрясения в результате сдвига тектонических плит земной коры задавалось пространственное распределение источника в уравнениях системы (2) в виде

$$F(x, z) = \delta(z - z_0) \sum_{k=1}^N \delta(x - x_k), \text{ где } N - \text{количество узлов сетки по координате}$$

x , а z_0 - глубина формирования плоской волны.

Для численного решения поставленной задачи распространения сейсмических волн в упругой среде требуется введения ограниченной пространственной области модели среды. Основной проблемой при этом становится уменьшение до приемлемого уровня интенсивности отраженных волн, порожденных вводимыми фиктивными боковыми границами. В настоящее время одним из методов решения данной проблемы является окаймление расчетной области некоторым поглощающим слоем со специальным образом подобранными параметрами, введение которых не приводит к возникновению отражений (PML - perfectly matched layer) [4-6]. Основным преимуществом этого подхода является тот факт, что ослабление волн внутри PML слоя происходит независимо от направления их распространения. Численные эксперименты с использованием этого подхода показали его высокую эффективность при толщине этих слоёв в 2 - 3 длины волны.

Список используемых источников

- [1]. Mikhailenko B.G. Spectral Laguerre method for the approximate solution of time dependent problems // Applied Mathematics Letters. 1999. № 12. P. 105-110.
- [2]. Konyukh G.V., Mikhailenko B.G., Mikhailov A.A. Application of the integral Laguerre transforms for forward seismic modeling // Journal of Computational Acoustics. 2001. Vol. 9, № 4. P. 1523-1541.
- [3]. Levander A.R. 1988 Fourth-order finite-difference P-SV seismograms. Geophysics, 53, 1425 – 1436.
- [4]. Collino F. 1996. Perfectly matched absorbing layers for the paraxial equations. J. Comput. Phys. 131(1), 164 - 180.
- [5]. Collino F., Tsogka C. 2001. Application of PML absorbing layer model to the linear elastodynamic problem in anisotropic heterogeneous media. Geophysics. 66(1), 294 - 307.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РОСТА НАСЕЛЕНИЯ И ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ

Муминов А.Л., Махмуджонов Э.Ж.

*Наманганский инженерно-строительный институт, Наманган, Узбекистан
e-mail: azamsher1983@gmail.com.*

Республика Узбекистан относится к числу регионов с высоким уровнем обеспеченности трудовыми ресурсами. Относительно быстрый рост в составе населения лиц в трудоспособном возрасте также приводит к ускоренному увеличению трудовых ресурсов республики.

В статистике трудовых ресурсов особое внимание уделяют изучению на уровне регионов экономически активного населения, занятого в народном хозяйстве.

В данной заметке рассматриваются вопросы о математическом моделировании и прогнозировании динамики роста населения и трудовых ресурсов на примере Наманганской области Республики Узбекистан. По статистическим данным будем анализировать количественные показатели роста населения и трудовых ресурсов. Тогда в момент t величина трудовых ресурсов производственной сферы составит $L(a)e^{K(t-a)}$, где $L(a)$ - ресурсы в момент $t=a$, K - темп прироста трудовых ресурсов. А также K - является коэффициентом естественного роста населения.

В данной заметке величина $Y(t)$ означает конечный продукт, $V(t)$ функция производительности труда.

Тогда получаем баланс трудовых ресурсов производственной сферы:

$$\frac{Y(t)}{V(t)} = L(a)e^{K(t-a)}$$

Отсюда определяется максимально возможный объем конечного продукта с точки зрения обеспеченности трудовыми ресурсами:

$$Y(t) = L(a)e^{K(t-a)} \cdot V(t)$$

На основе обработки статистических данных по Республики Узбекистан мы получим математическую модель динамики количество трудовых ресурсов следующем виде:

$$Z(t) = L(a)e^{K(t-a)}$$

Где параметры $L(a)$ и K определяются по методу наименьших квадратов. Согласно наиболее распространенному теоретически обоснованному методу наименьших квадратов в качестве неизвестных параметров функции $L(t)$ выбирают такие значения, чтобы сумма квадратов отклонений «теоретических» значений $L(t_i)$, найденных по эмпирической формуле $L(t)$, от соответствующих опытных значений $L(t_i)$, т.е. была минимальной.

В демографической статистике математическое моделирование роста населения и трудовых ресурсов применим метод наименьших квадратов, и рассмотрим как функции времени. В этом случае рост населения определим по следующей математической модели:

$$y = a \cdot e^{K(x-2000)}$$

здесь a и K - неизвестные параметры. Параметр K в этой формуле является коэффициентом естественного роста населения.

Заменив параметры их оценкой, запишем следующие уравнение регрессии:

$$y(x) = a \cdot e^{K(x-2000)} \quad (1)$$

В этом примере коэффициенты находится при помощи методом меньших квадратах.

По статистическим данным Госкомстата Республики Узбекистана определим конкретные значения коэффициентов в (1) $K = 0.0157$, $a = 1894.15$.

В этом случае уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y(x) = 1894.15 \cdot e^{0.0157(x-2000)}$$

Таким же методом определим уравнения регрессии роста населения районов Наманганского области.

Уравнения регрессии роста трудовых ресурсов районов Наманганского области

$$y = 1893.1549 \cdot e^{0.014(x-2000)}$$

Теперь рассмотрим задачу определения уравнения регрессии роста трудовых ресурсов в районах Наманганской области. Аналогичным образом, находим уравнении регрессии роста трудовых ресурсов по районам Наманганской области.

В этом случае уравнение для трудовых ресурсов по областям имеет следующий вид:

$$y(x) = 881.0687 \cdot e^{0.0345(x-2000)}$$

Уравнения регрессии роста трудовых ресурсов районов Наманганского области

$$y = 882.0687 \cdot e^{0.0314(x-2000)}$$

Математическое моделирование и прогнозирование динамики роста населения и трудовых ресурсов может оказаться весьма полезным для обоснования необходимости создания новых рабочих мест на определенных территориях, при принятии решений о размещении филиалов крупных промышленных предприятий, создании малых предприятий и цехов, предприятий бытового объема живания и социальной инфраструктуры. В связи с предпринимаемыми в последнее время усилиями по составлению планов и прогноз социального и экономического развития страны и регионов значение предлагаемого подхода становится еще более очевидным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов/Н.Ш.Кремер, Б.А.Путко, И.М.Тришин, М.Н.Фридман; Под ред. Проф. Н.Ш.Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2005. – 407 с.
- [2]. Эконометрика. Учебник для вузов. - М.: Экзамен, 2002 (1-е изд.), 2003 (2-е изд.), 2004 (3-е изд.). - 576 с. с.
- [3]. Орлов А.И. Математика случая: Вероятность и статистика – основные факты: Учебное пособие / А.И.Орлов. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 110 с.
- [4]. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. - М.: Наука, 1979. - 296 с.

РЕШЕНИЕ КРОСС-ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ РЕАКЦИИ-ДИФфузии С ДВОЙНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Мухаммедиева Д., Мадрахимов А.

Ташкентский университет информационных технологий
e-mail: matematichka@inbox.ru

Рассмотрим в области $Q = \{(t, x): 0 < t < \infty, x \in \mathbb{R}^N\}$ параболическую систему биологической популяции типа Колмогорова-Фишера

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} = \nabla \left(|x|^n |\nabla u_1^k|^{p-2} \nabla u_2^{m_1} \right) + k_1 (u_1 - u_1^{\beta_1}), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} = \nabla \left(|x|^n |\nabla u_2^k|^{p-2} \nabla u_1^{m_2} \right) + k_2 (u_2 - u_2^{\beta_2}), \\ u_1|_{t=0} = u_{10}(x), \quad u_2|_{t=0} = u_{20}(x), \end{cases} \quad (1)$$

которое описывает процесс биологической популяции в нелинейной двухкомпонентной среде, коэффициенты диффузии которых равны $|x|^n |\nabla u_1^k|^{p-2}, |x|^n |\nabla u_2^k|^{p-2}$; числовые параметры $m_1, m_2, n, p, \beta_1, \beta_2$ – положительные вещественные числа, $\beta_1, \beta_2 \geq 0$, $u_1 = u_1(t, x) \geq 0$, $u_2 = u_2(t, x) \geq 0$ – плотности популяции.

В данной работе исследуются свойства решений задачи Коши для системы биологической популяции с двойной нелинейностью. Основным

методом исследования является автомодельный подход. Автомодельную систему уравнений построим методом нелинейного расщепления [1].

Замена в (1)

$$u_1(t, x) = e^{-k_1 t} v_1(\tau(t), x), \quad u_2(t, x) = e^{-k_2 t} v_2(\tau(t), x)$$

приведёт (1) к виду:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau} = \nabla \left(|x|^n \left| \nabla v_1^k \right|^{p-2} \nabla v_2^{m_1} \right) - a_1 \tau^{b_1} v_1^{\beta_1}, \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau} = \nabla \left(|x|^n \left| \nabla v_2^k \right|^{p-2} \nabla v_1^{m_2} \right) - a_2 \tau^{b_2} v_2^{\beta_2}, \end{cases} \quad (2)$$

$$v_1|_{t=0} = v_{10}(x), \quad v_2|_{t=0} = v_{20}(x).$$

Здесь

$$\tau(t) = \frac{e^{[m_1 k_2 + (p-2) k k_1 - k_1] t}}{m_1 k_2 + (p-2) k k_1 - k_1} = \frac{e^{[m_2 k_1 + (p-2) k k_2 - k_2] t}}{m_2 k_1 + (p-2) k k_2 - k_2},$$

$$b_1 = \frac{k_1 \beta_1 - (p-2) k k_1 - m_1 k_2}{m_1 k_2 + (p-2) k k_1 - k_1}, \quad b_2 = \frac{k_2 \beta_2 - (p-2) k k_2 - m_2 k_1}{m_2 k_1 + (p-2) k k_2 - k_2}.$$

Затем решение системы (2) ищется в виде

$$v_1(t, x) = \bar{v}_1(\tau) w_1(\tau(t), \varphi(|x|)), \quad v_2(t, x) = \bar{v}_2(\tau) w_2(\tau(t), \varphi(|x|)), \quad (3)$$

$$\bar{v}_1(\tau) = (T_0 + \tau)^{-\gamma_1}, \quad \bar{v}_2(\tau) = (T_0 + \tau)^{-\gamma_2}, \quad T_0 > 0,$$

где

$$\gamma_1 = \frac{b_1 + 1}{\beta_1 - 1}, \quad \gamma_2 = \frac{b_2 + 1}{\beta_2 - 1}.$$

Тогда для $w_i(\tau, \varphi(|x|))$, $i = 1, 2$ получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial w_1}{\partial \tau} = \varphi^{1-s} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\varphi^{s-1} \left| \frac{\partial w_1^k}{\partial \varphi} \right|^{p-2} \frac{\partial w_2^{m_1}}{\partial \varphi} \right) + \psi_1 (w_1 - w_1^{\beta_1}), \\ \frac{\partial w_2}{\partial \tau} = \varphi^{1-s} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\varphi^{s-1} \left| \frac{\partial w_2^k}{\partial \varphi} \right|^{p-2} \frac{\partial w_1^{m_2}}{\partial \varphi} \right) + \psi_2 (w_2 - w_2^{\beta_2}), \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{где } \psi_1 = \frac{1}{(1 - \gamma_1[(p-2)k - 1] - \gamma_2 m_1) \tau_1} \text{ и } \psi_2 = \frac{1}{(1 - \gamma_2[(p-2)k - 1] - \gamma_1 m_2) \tau_2}.$$

Здесь при $p > n$: $\varphi(|x|) = |x|^{p_1} / p_1$, $p_1 = (p - n) / p$, $s = pN / (p - n)$,

а при $p = n$: $\varphi(|x|) = \ln(|x|)$.

Автомодельное решение системы (4) имеет вид

$$w_i(\tau(t), \varphi) = f_i(\xi), \quad \xi = \varphi(|x|) / \tau^{1/p}. \quad (5)$$

Тогда подставляя (5) в (4) относительно $f_i(\xi)$ получим систему автомодельных уравнений

$$\begin{cases} \xi^{1-s} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^{s-1} \left| \frac{df_1^k}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_2^{m_1}}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{2} \frac{df_1}{d\xi} + \mu_1 (f_1 - f_1^{\beta_1}) = 0, \\ \xi^{1-s} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^{s-1} \left| \frac{df_2^k}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df_1^{m_2}}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{2} \frac{df_2}{d\xi} + \mu_2 (f_2 - f_2^{\beta_2}) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

где $\mu_1 = \frac{1}{(1-\gamma_1[(p-2)k-1]-\gamma_2 m_1)}$ и $\mu_2 = \frac{1}{(1-\gamma_2[(p-2)k-1]-\gamma_1 m_2)}$.

Система (6) имеет приближенное решение вида

$$\bar{f}_1 = A(a-\xi)^{n_1}, \quad \bar{f}_2 = B(a-\xi)^{n_2},$$

где

$$n_1 = \frac{k(p-2)(k(p-2)-1)-m_1(m_2+1)}{k(p-2)(k(p-2)-2)+(1-m_1 m_2)}, \quad n_2 = \frac{k(p-2)(k(p-2)-1)-m_2(m_1+1)}{k(p-2)(k(p-2)-2)+(1-m_1 m_2)}.$$

Теорема. Пусть $u_i(0, x) \leq z_i(0, x)$, $x \in R^N$, $i=1, 2$. Тогда для решение задачи (1) в области Q имеет место оценка

$$u_1(t, x) \leq z_1(t, x) = (T+t)^{-\gamma_1} \bar{f}_1(\xi), \quad u_2(t, x) \leq z_2(t, x) = (T+t)^{-\gamma_2} \bar{f}_2(\xi), \quad \xi = |x|/\tau^{1/p}.$$

Здесь $\bar{f}_i(\xi)$ определенные выше функции.

Исследование качественных свойств системы (1) позволило, выполнить численный эксперимент в зависимости от значений, входящих в систему числовых параметров. Для этой цели как начальное приближение использовались асимптотики решений.

Использованная литература

- [1] Aripov M. Method reference equations for the solution of nonlinear boundary value problems Tashkent, Fan, 1988, p. 137
- [2] Belotelov N. V., Lobanov A. I. Population model with nonlinear diffusion. // Mathematical modeling. –М., 1997, No. 12, pp. 43-56.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНОГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Нарзуллаев К.

Наманганский инженерно-строительный институт

e-mail: narzullaev.komiljon@rambler.ru

В настоящее время в качестве преобразователя тепловой энергии в механическую применяются двигатели самых различных типов и конструктивных решений.

Основным силовым устройством транспортных средств остаются поршневые двигатели внутреннего сгорания. С одной стороны наблюдается сокращение горюче-смазочные материалы для них, с другой стороны строгие требования к экологической безопасности. В связи с этим поиск решения данной проблемы и определения основных задач для автомобильных компаний не теряют свою остроту [1].

Наряду с этим модернизация ДВС требует крупных капиталовложений, наукоёмкого технологического производства, главное много времени. Поэтому современные двигатели внутреннего сгорания не совсем отвечают предъявляемым к ним требованиям, или же в промежутке короткого времени теряют свои качественные показатели [2].

Конструкторы, инженеры исследователи и ученые неустанно работают над созданием более совершенных и экономичным поршневых двигателей. В ходе работ рождаются предложения, которые не всегда могут быть

реализованы и проведены в жизнь. Теория раскрывает причинные связи и закономерности. Особенно важное значение имеют закономерности, которые устанавливают количественные соотношения между отдельными величинами, характеризующими объект и все, что с ним связано. Количественные закономерности дают исследователю могучее орудие – математику [3].

Современный уровень развития математики позволяет строить математические модели любых объектов, процессов и явлений, для которых можно установить закономерности их строения и изменения [4].

Модель – это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе изучения предмета, явления или процесса замещает объект оригинал, сохраняя его характерные особенности, которые важны для исследования.

Реальный рабочий процесс поршневого двигателя имеет следующие отличия от теоретической: в цилиндре всегда находятся остатки коллекторных газов от предыдущего цикла, топливно – воздушная смесь не сгорает полностью, происходит передачи тепла к стенкам цилиндра, проблема компрессии – недостаточная герметичность, наличие механических потер, наличие трение в элементах двигателя .

Во избежание потери времени и финансовых средств, считается целесообразным проводить исследование реального рабочего цикла, построив математическую модель данного процесса - график зависимости давления в цилиндре (формула 1) от изменения объема рабочего цилиндра (формула 2).

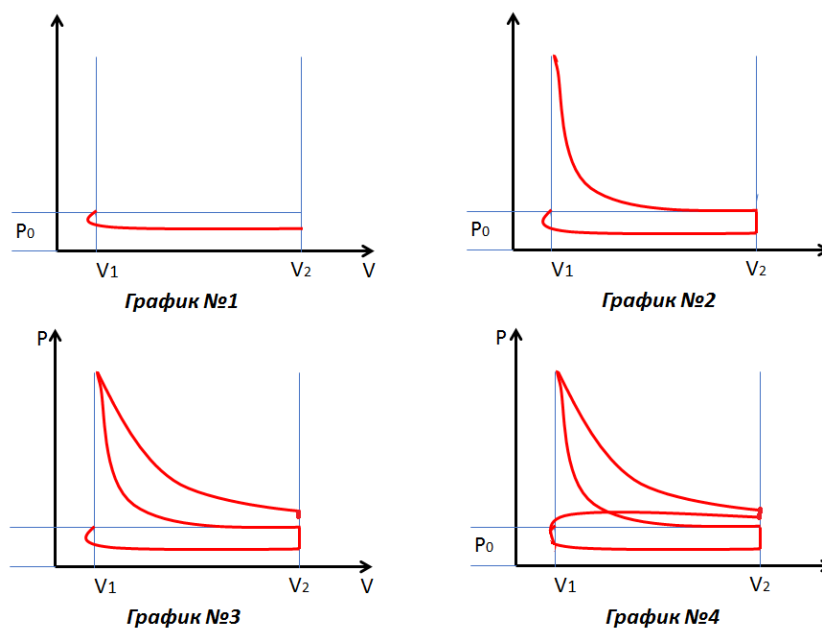
$$P_i = p_i V_h \zeta n i \quad (1) \quad \text{и} \quad V_h = \frac{\pi D^2}{4} s \quad (1)$$

Реальный рабочий цикл дизельного ДВС состоит из четырёх тактов, которые происходят за четыре оборота коленчатого вала. Показатели реального рабочего цикла дизельного двигателя приведены в таблице №1.

Таблица №1

Показатели реального рабочего цикла дизельного двигателя

№	Рабочий такт	Направ. поршня	Впускной клапан	Выпускной клапан	Давление в цилиндре Р (Па)	Температура в цилиндре Т (°С)
1	Впуск (График №1)	вниз	открыт	закрыт	0,91	40
2	Сжатие (График №2)	верх	закрыт	закрыт	3 ⁶ -5 ⁶	550-700
В конце второго такта происходит впрыск топлива в цилиндр ДВС						
3	Рабочий ход (График №3)	вниз	закрыт	закрыт	6 ⁶ -10 ⁶	2000
4	Выпуск (График №4)	верх	закрыт	открыт	1,1	800



Таким образом, исследование реальных рабочих процессов дизельных двигателей целесообразно осуществлять путем математического моделирования. Данный метод позволяет значительно сэкономить время и финансовые ресурсы.

Список литературы

- [1]. Нарзуллаев К.С. Проблемные аспекты развития двигателей внутреннего сгорания. // Научно-периодический электронный рецензируемый журнал SCI-ARTICLE.ru, 2018, №54 (февраль). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sciarticle.ru/stat.php?i=1498212293>. (дата обращения 18.03.2023).
- [2]. Нарзуллаев К.С. О принципах работы гибридных двигателей. // Научно-периодический электронный рецензируемый журнал SCI-ARTICLE.ru, 2017, №49 (сентябрь). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sci-article.ru/stat.php?i=1506501636>. (дата обращения 18.03.2023).
- [3]. Шароглазов Б.А. и др. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
- [4]. Горлач Б.А., Шахов В.Г. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учебное пособие. -СПб.: Изд «Лань», 2016. – 292 с.

О ГРУППЕ СИММЕТРИЙ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Нарманов О.А.

Ташкентский университет информационных технологий

e-mail: narmanov@tuit.uz

В настоящей работе приводятся решения двумерного уравнения теплопроводности без источника и стока, инвариантные относительно одной однопараметрической группы симметрий. При этом используется, алгебра Ли, инфинитезимальных образующих группы симметрий двумерного уравнения теплопроводности, найденная в работе [1].

Рассмотрим двумерное уравнение теплопроводности

$$u_t = \sum_{i=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_i(u) \frac{\partial u}{\partial x_i} \right) \quad (1)$$

Где $u = u(x_1, x_2, t)$ - температурная функция, $k_i(u) \geq 0$ функции от температурной функции. Мы рассмотрим случай $k_1(u) = k_2(u) = u$. В этом случае уравнение (1) имеет следующий вид:

$$u_t = u \Delta u + (\nabla u)^2 \quad (2),$$

где $\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2}$, - оператор Лапласа, $\nabla u = \left\{ \frac{\partial u}{\partial x_1}, \frac{\partial u}{\partial x_2} \right\}$ - градиент функции u .

В работе [1] найдены группы симметрий и алгебра Ли инфинитезимальных образующих группы симметрий для двумерного и трехмерного уравнения теплопроводности. Алгебра Ли инфинитезимальных образующих группы симметрий для одномерного уравнения теплопроводности найдена в работе [2], [3].

Одним из Ли инфинитезимальных образующих группы симметрий для уравнения (2) является векторное поле

$$X = x_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + x_2 \frac{\partial}{\partial x_2} + 2t \frac{\partial}{\partial t}, \quad (3)$$

которое порождает следующую группу симметрий пространства переменных (x_1, x_2, t)

$$(x_1, x_2, t) \rightarrow (x_1 e^s, x_2 e^s, t e^{2s}),$$

Относительно которых решения уравнения (2) являются инвариантными .т.е. если $u = u(x_1, x_2, t)$ - решение уравнения (2), то при каждом s функции $u = u(x_1 e^{-s}, x_2 e^{-s}, t e^{-2s})$ также являются решениями уравнения (2).

Найдем инварианты этой группы симметрий. Функция $\xi(x_1, x_2, t)$ является инвариантом группы симметрий тогда и только тогда, когда $X(\xi) = 0$. Из этого условия находим

$$\xi(x_1, x_2, t) = \frac{x_1^2 + x_2^2}{2t}$$

Решение уравнения будем искать в виде $u = v(\xi)$. Подставляя производные функции u в уравнение (2) получим дифференциальное уравнение второго порядка относительно функции $v(\xi)$

$$\xi v v'' + v v' + v'^2 \xi + \xi v' = 0. \quad (4)$$

Численное интегрирование этого уравнения показывает, что существует точка ξ_0 , которая зависит от начальных значений функции $v(\xi)$ и ее производной $v'(\xi_0)$, такая, что производная функции $v(\xi)$ равна нулю: $v'(\xi_0) = 0$. При $\xi \rightarrow \xi_0$ функция $v(\xi)$ равномерно растет и стремится к значению $v(\xi_0)$. Таким образом при $\xi \rightarrow \xi_0$ происходит стабилизация температуры.

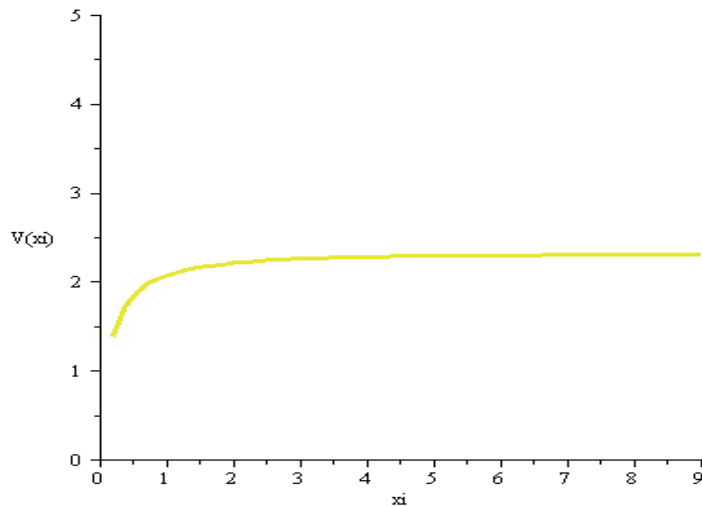


Рис-1

На рисунке -1 показан график температурной функции при начальных условиях $v(0.1) = 0.9$ $v'(0.1) = 10$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дородницын В. А., Князева И. В., Свирщевский С. Р. Групповые свойства уравнения теплопроводности с источником в двумерном и трехмерном случаях. Дифференц. уравнения, 1983, том 19, номер 7, 1215–1223
- [2]. Овсянников Л. В. Групповой анализ дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1978.
- [3]. Narmanov Otabek A. Lie algebra of infinitesimal generators of the symmetry group of the heat equation. Journal of Applied Mathematics and Physics, 2018, 6, 373-381

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ ПРИ СТАРШЕЙ ПРОИЗВОДНОЙ ПОЛИНОМАМИ ЧЕБЫШЕВА ВТОРОГО РОДА.

Нормуродов Ч.Б., Турсунова Б.А.

Термезский государственный университет

ch.normurodov@gmail.com, barno.tursunova.2016@mail.ru.

Рассмотрим на отрезке $[-1, +1]$ следующую краевую задачу с малым параметром при старшей производной [1]:

$$\varepsilon \frac{d^2 u}{dy^2} + \frac{1}{2} \frac{du}{dy} = \frac{1}{8}(y+1), \quad \varepsilon - \text{малый параметр} \quad (1)$$

$$u(-1) = u(+1) = 0. \quad (2)$$

Приближенное решение дифференциальной задачи (1)-(2) ищется в виде ряда

$$u(y) = \sum_{n=0}^N a_n U_n(y), \quad (3)$$

где $U_n(y)$ - полиномы Чебышева второго рода, $a_n (n=0, 1, 2, \dots, N)$ - неизвестные коэффициенты разложения.

Тогда для производных первого и второго порядка имеем формулы:

$$\frac{du}{dy} = \sum_{n=0}^{N-2} 2(n+1) \left(\sum_{\substack{p=n+1 \\ p+n \equiv 1 \pmod{2}}}^N a_p \right) U_n(y) \quad (4)$$

$$\frac{d^2 u}{dy^2} = \sum_{n=0}^{N-2} (n+1) \left(\sum_{\substack{p=n+2 \\ p+n \equiv 0 \pmod{2}}}^N (p-n)(p+n+2)a_p \right) U_n(y) \quad (5)$$

Подставляя ряды (4),(5) в дифференциальное уравнение (1) получим следующее уравнение:

$$\varepsilon \left(2(n+1) \sum_{\substack{p=n+2 \\ p+n \equiv 0 \pmod{2}}}^N (p-n)(p+n+2)a_p \right) U_n(y) + (n+1) \left(\sum_{\substack{p=n+1 \\ p+n \equiv 1 \pmod{2}}}^N a_p \right) U_n(y) = \frac{1}{8}(U_1(y) + U_0(y)) \quad (6)$$

Краевые условия (2) с помощью ряда (3) записываются в виде:

$$\sum_{n=0}^N (n+1)a_n = 0, \quad (7)$$

$$\sum_{n=0}^N (-1)^n (n+1)a_n = 0.$$

Основное уравнение полученное из (6) приравниванием коэффициентов при одинаковых степенях полиномов Чебышева при $n=0, 1, \dots, N-2$, и с учётом с краевых условий (7) можно записать в виде алгебраической системы относительно неизвестных коэффициентов:

$$AX=B, \quad \text{где} \quad X^T = (a_0, a_1, \dots, a_N), \quad B^T = (b_0, b_1, \dots, b_N),$$

здесь известны следующие величины: А-квадратная матрица, В-вектор правой части.

Точное решение задачи (1)-(2) имеет вид [1].

$$u(y) = \frac{\varepsilon - 0,5}{1 - e^{-y/\varepsilon}} \left(1 - e^{-(y+1)/2\varepsilon} \right) - \varepsilon \frac{y+1}{2} + \frac{(y+1)^2}{8}.$$

Узлы полиномов Чебышева второго рода определяются по формуле

$$y_l = \cos \frac{\pi l}{N+1}, l = 0, 1, 2, \dots, N+1.$$

Приведем результаты численных расчётов полученных вышеизложенным спектральным методом с полиномами Чебышева второго рода когда значения малого параметра равным $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$ и числа полиномов равным $N = 19$ и 49.

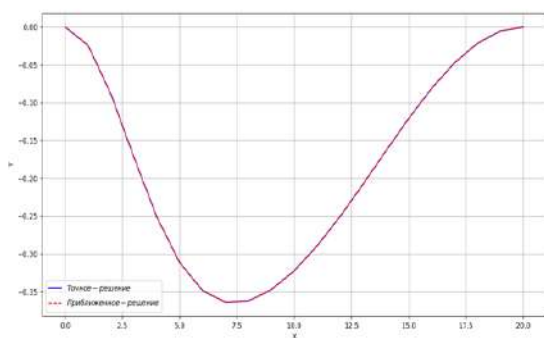


Рис.1. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N = 19, \varepsilon = 0.1$)

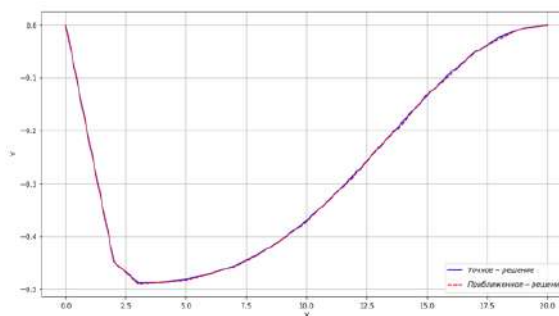


Рис.2. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N = 19, \varepsilon = 0.01$)

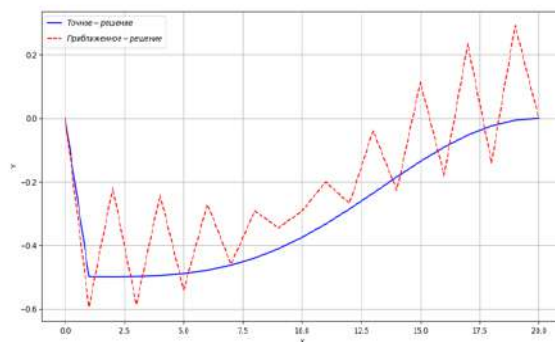


Рис.3. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N = 19, \varepsilon = 0.001$)

Из рис.1 видно, что при $\varepsilon = 0.1$ точное и спектральное решение совпадают, когда для аппроксимации решения берется $N = 19$ полиномов Чебышева второго рода. уменьшаем значение малого параметра в 10 раз, т.е. рассмотрим случай $\varepsilon = 0,01$ (рис.2), при тех же числах полиномов $N = 19$.

Видно, хорошая аппроксимация точного решения.

Теперь оставляя числа полиномов без изменения $N = 19$, малый параметр ε уменьшаем ещё в 10 раз, $\varepsilon = 0,001$ (рис.3). Видно, что в приближенном решении появляется пылообразные скачки. Это указывает за

недостаточность числа полиномов для аппроксимации решения при этом значение малого параметра ε .

Для уменьшения влияния пилообразных скачков увеличиваем числа полиномов Чебышева до $N = 49$.

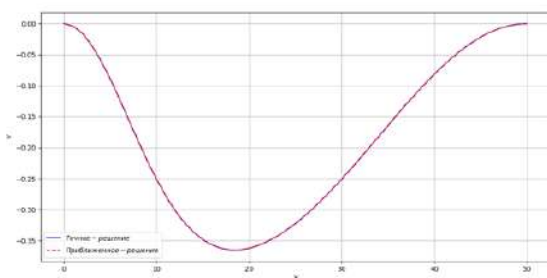


Рис.4. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N = 49$, $\varepsilon = 0.1$)

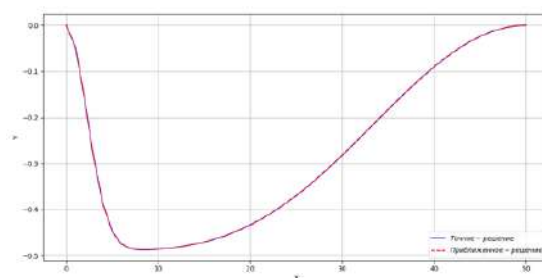


Рис.5. Динамика изменения точного и спектрального решения с полиномами Чебышева второго рода ($N = 49$, $\varepsilon = 0.01$)

Как видно, из рис.4-5 точное и приближенное решение неразличимы, пилообразные скачки возникающие(рис.3) значительно сглаживается, точное и приближенное решения будут близки и при значительно малых значениях ε (рис.6).

Литература

[1]. Нормурадов Ч.Б., Турсунова Б.А., Численное решение обыкновенного дифференциального уравнения с малым параметром при старшей производной спектральным методом // Проблемы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, 2022. - №6(45).ISSN 2181-8460, стр.95-100.

ОБ ОДНОМ ОПТИМАЛЬНЫЕ КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

^{1,2}Нуралиев Ф.А., ²Уликов Ш.Ш., ¹Содилов С.С.

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Институт математики им. В.И. Романовского, АН РУз

e-mail: nuraliyevf@mail.ru, sh_ulikov@mail.ru

Важной задачей в теории квадратурных формул является нахождение максимума ошибки квадратурной формулы над данным классом функций.

Рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_0^1 \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N k[\beta] \varphi(h\beta), \quad (1)$$

здесь $k[\beta]$ - коэффициенты квадратурной формулы (1), $[\beta] = (h\beta)$, $h = \frac{1}{N}$,

$N = 1, 2, 3, \dots$, $\varphi(x)$ - элемент пространства $W_2^{(m)}(0,1)$, $k[\beta] = 0$ при $h\beta \notin [0,1]$.

Погрешностью квадратурной формулы (1) называется разность

$$(\ell, \varphi) = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) \varphi(x) dx = \int_0^1 \varphi(x) dx - \sum_{\beta=0}^N k[\beta] \varphi(h\beta),$$

где

$$\ell(x) = i_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N k[\beta] \delta(x - h\beta), \quad (2)$$

здесь $i_{[0,1]}(x)$ - индикатор отрезка $[0,1]$, $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака.

В этой работе для квадратурной формулы (1) с функционалом погрешности (2) найдена экстремальная функция в пространстве $W_2^{(m)}(0,1)$, вычислена квадрат нормы функционала погрешности.

Пространство Соболева $W_2^{(m)}(0,1)$ - гильбертово пространство классов вещественных функций $\varphi(x)$, отличающихся самое большое на полином степени $m-2$ с производными (в смысле обобщенных функций) порядка m , квадратично интегрируемыми в интервале $(0,1)$ и скалярным произведением

$$(\varphi, \psi) = \int_0^1 \left(\frac{d^m \varphi(x)}{dx^m} \cdot \frac{d^m \psi(x)}{dx^m} + \frac{d^{m-1} \varphi(x)}{dx^{m-1}} \cdot \frac{d^{m-1} \psi(x)}{dx^{m-1}} \right) dx. \quad (3)$$

Тогда норма функции $\varphi(x)$ в пространстве $W_2^{(m)}(0,1)$ определяется формулой

$$\|\varphi\| = \left\{ \int_0^1 \left(\left(\frac{d^m \varphi(x)}{dx^m} \right)^2 + \left(\frac{d^{m-1} \varphi(x)}{dx^{m-1}} \right)^2 \right) dx \right\}^{\frac{1}{2}}.$$

Погрешность квадратурной формулы будет линейным функционалом в $W_2^{(m)*}(0,1)$, где $W_2^{(m)*}(0,1)$ - сопряженное пространство к $W_2^{(m)}(0,1)$, т. е.

$$\ell(x) \in W_2^{(m)*}(0,1).$$

Для принадлежности функционала погрешности квадратурных формул $\ell(x)$ в пространству $W_2^{(m)*}(0,1)$ необходимо и достаточно, чтобы

$$(\ell(x^\alpha)) = 0, \alpha = 0, 1, \dots, m-2. \quad (4)$$

Естественно оценивать качество квадратурной формулы (1) при помощи максимума ошибки этой формулы на единичном шаре гильбертова пространства $W_2^{(m)}(0,1)$, то есть при помощи нормы функционала $\ell(x)$:

$$\|\ell\|_{W_2^{(m)*}(0,1)} = \sup_{\|\varphi\|_{W_2^{(m)}(0,1)}=1} |(\ell, \varphi)|.$$

Очевидно, что норма функционала погрешности $\ell(x)$ зависит от коэффициентов $k[\beta]$.

Если

$$\|\ell\|_{W_2^{(m)*}(0,1)} = \inf_{k[\beta]} \|\ell\|_{W_2^{(m)*}(0,1)}, \quad (5)$$

то говорят, что функционал $\ell(x)$ соответствует оптимальной квадратурной формуле в пространстве $W_2^{(m)}(0,1)$. Если требуется найти максимально возможную погрешность над пространством $W_2^{(m)}(0,1)$ построенной квадратурной формулы, то достаточно решить следующую задачу.

Задача 1. Найти норму функционала погрешности $\ell(x)$ рассматриваемой квадратурной формулы (1) в пространстве $W_2^{(m)}(0,1)$. Если требуется найти оптимальную квадратурную формулу, варьируя коэффициенты $k[\beta]$, то необходимо решить следующую задачу.

Задача 2. Найти такие значения коэффициентов $k[\beta]$, чтобы выполнялось равенство (5).

Настоящей работы задача 1 и 2 полностью решена.

Справедлива следующая теорема

Теорема. Коэффициенты оптимальных квадратурных формул в пространстве $W_2^{(2)}(0,1)$ определяется формулами

$$k[\beta] = \begin{cases} \frac{h}{2} + a \frac{\lambda_1 - \lambda_1^N}{\lambda_1 - 1}, & \beta = 0, \\ h + a(\lambda_1^\beta + \lambda_1^{N-\beta}), & \beta = \overline{1, N-1}, \\ \frac{h}{2} + a \frac{\lambda_1 - \lambda_1^N}{\lambda_1 - 1}, & \beta = N, \end{cases}$$

где
$$a = \frac{(e+1)[2(e^h-1)-h(e^h+1)](\lambda_1-1)(e^h-\lambda_1)(\lambda_1 e^h-1)}{2\lambda_1(e^h-1)^2[(\lambda_1^N+e)(\lambda_1 e^h-1)-(\lambda_1^N e+1)(e^h-\lambda_1)]},$$

$$\lambda_1 = \frac{h(1+e^{2h})+1-e^{2h}-(e^h-1)\sqrt{h^2(1+e^h)^2-2h(e^{2h}-1)}}{1+2he^h-e^{2h}}; |\lambda_1| < 1.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О МАГНИТОУПРУГОСТИ ТОНКИХ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН

¹Нуралиев Ф.М., ²Айтмуратов Б.Ш., ²Артикбаев М.А.

¹Ташкентский университет информационных технологий

²Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий

e-mail: m.a.artikbayev@mail.ru

На сегодняшний день тонкие пластины широко используются в различных областях электро техники в качестве конструктивных элементов различных конструкций. Материал пластины может быть изотропным, трансверсально-изотропным, ортотропным или анизотропным. Требования современной инженерной практики требуют учета различных анизотропных свойств пластин.

Математическое моделирование. На основе вариационного принципа Гамильтона-Остроградского разработана следующая математическая модель (1)-(3) тонкой анизотропной пластины, находящейся в электромагнитном поле, с использованием соотношения Коши, закона Гука и электромагнитного тензора Максвелла [1-3]:

$$\left\{ \begin{aligned} -\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial N_{11}}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial y} + N_x + R_x + q_x + T_{zx} &= 0, \\ -\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial N_{12}}{\partial x} + \frac{\partial N_{22}}{\partial y} + N_y + R_y + q_y + T_{zy} &= 0, \\ -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} + N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_{12}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial y^2} + N_z + R_z + q_z + T_{zz} &= 0. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Начальное условие:

$$\rho h \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_t = 0, \rho h \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_t = 0, \rho h \frac{\partial w}{\partial t} \Big|_t = 0, \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial x} \Big|_{x|_t} = 0, \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial y} \Big|_{y|_t} = 0. \quad (2)$$

Краевое условие:

$$\left\{ \begin{aligned} N_{11} \delta u \Big|_x &= 0, \frac{1}{2} N_{12} \delta v \Big|_x = 0, -M_{11} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_x = 0, -\frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_x = 0, \\ \left[N_{11} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial M_{11}}{\partial x} - \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial y} \right] \delta w \Big|_x &= 0, \\ \left[(N_{Px} + N_{Txx}) \delta u + (N_{Py} + N_{Txy}) \delta v + (N_{Pz} + N_{Txz}) \delta w \right] \Big|_x &= 0, \\ N_{22} \delta v \Big|_y &= 0, \frac{1}{2} N_{12} \delta u \Big|_y = 0, -M_{22} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_y = 0, -\frac{1}{2} M_{12} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_y = 0, \\ \left[N_{22} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{1}{2} N_{12} \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial M_{22}}{\partial y} - \frac{1}{2} \frac{\partial M_{12}}{\partial x} \right] \delta w \Big|_y &= 0, \\ \left[(N_{Fy} + N_{Tyx}) \delta u + (N_{Fz} + N_{Tyz}) \delta v + (N_{Fz} + N_{Tyz}) \delta w \right] \Big|_y &= 0. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

где u, v, w – изгибы пластины; h – толщина пластины; M_{11}, M_{22}, M_{12} – изгибающие и огибающие моменты; N_{11}, N_{22}, N_{12} – нормальные и касательные напряжения; $R_x, R_y, R_z, N_x, N_y, N_z$ – электромагнитное поле и объемные силы; $T_{zx}, T_{zy}, T_{zz}, q_x, q_y, q_z$ – компоненты внешних сил; $N_{Px}, N_{Py}, N_{Pz}, N_{Fx}, N_{Fy}, N_{Fz}, N_{Txx}, N_{Txy}, N_{Txz}, N_{Tyx}, N_{Tyy}, N_{Tyz}$ – компоненты контурных сил. Эта задача решалась при соответствующих граничных условиях (жестко-защемленном граничной условия) исследуемой тонкой анизотропной пластины сложной формы [3, 4].

Вычислительный эксперимент. В качестве примера рассмотрена сложная структура следующего изображения (Рис.1.).

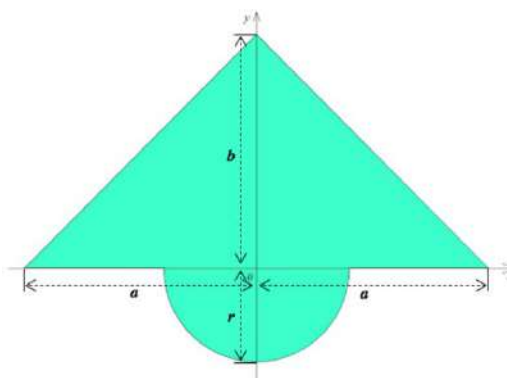


Рис.1. Пластина сложной формы (полукруглый треугольник).

Когда границы магнитоупругих анизотропных пластин находятся в жестко закрепленном состоянии. Численные результаты и графический анализ были получены на оси Oy (Рис.2.). В результате установлено, что изгибающий анизотропной пластины тонкой сложной формы при воздействии или без воздействия сил электромагнитного поля имеет взаимную разность до 19,3%.

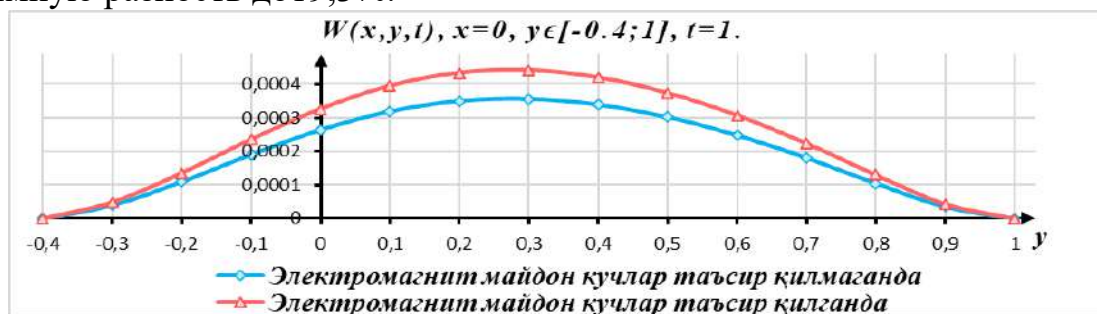


Рис.2. Воздействие электромагнитного поля на тонкую анизотропную пластину сложной формы.

Заключение. Были проведены вычислительные эксперименты по изучению влияния сил электромагнитного поля на процесс геометрического нелинейного деформирования анизотропных пластин сложной формы тонкой формы и проведен анализ полученных результатов [4]. Результаты исследований показывают, что силы электромагнитного поля мало влияют на процесс деформирования тонких магнитоупругих анизотропных пластин.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кабулов В.К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности Ташкент Фан 1966. 392 с.
- [2]. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. - М.: Наука. 1987. – 360 с.
- [3]. Artikbayev M.A., Nuraliev F.M., Aytmuratov B.Sh. Mathematical model and computational algorithm for calculating vibrations of electromagnetic anisotropic thin plates of complex form // *Science and Education in Karakalpakstan*. – Nukus, 2022. – № 1/2(23). – Pp. 31-40.
- [4]. Артикбаев М.А. Юпқа мураккаб шаклдаги анизотроп пластиналарнинг электромагнит эластиклик геометрик нозиклиги деформациялари

3D ФРАКТАЛ ТУЗИЛИШЛИ ОБЪЕКТЛАРНИ ГЕОМЕТРИК МОДЕЛЛАШТИРИШ УСУЛЛАРИ

Нуралиев Ф.М., Нарзуллаев О.М., Нурибетов Б.Т.

Тошкент ахборот технологиялари университети

Фракталлар турли масштабларда ўзига ўхшашликни кўрсатадиган математик объектлардир. Улар ўзларининг мураккаб нақшлари ва мураккаблиги туфайли жозибали ва чиройли. Фрактал тузилмалар табиатда дарахтларнинг шохланиш нақшларидан тортиб қор парчаларининг мураккаб шакллариғача учрайди [1]. Ушбу мақолада биз фрактал тузилмалар билан объектларни қуриш усуллари кўриб чиқамиз.

Фрактал тузилмаларни яратишнинг турли усуллари мавжуд ва ҳар бир усулнинг ўз алгоритми ва тасвири мавжуд. Бу ерда енг кенг қўлланиладиган усуллардан баъзиларини кўрамиз. 3D фракталларга оид маълумотлар ва уларни геометрик моделлаштириш [9-10] ишларда ҳам батавсил келтирилган.

L-тизимлари. L-тизимлари ўсимликлар ва бошқа табиий объектларнинг ўсиши ва ривожланишини тасвирлаш учун ишлатиладиган усуллардан бири. Улар ҳар бир итерацияда объектни қандай кенгайтириш ёки алмаштириш кераклигини белгилайдиган қоидалар тўпламидан иборат [8]. L-тизимлар татбиғи учун қисм тизимлари сифатида Turtle (тошбақа алгоритми) графика деб аталувчи тизимлар қўлланилади. Бунда тошбақа нуктаси экран бўйича, дискрет қадамлар билан қоидадаги каби ўз изини чизиб ҳаракатланади ёки керак бўлса чизмасдан кўчади [2].

Такрорланган функционал тизимлар (IFS). Такрорланган функция тизимлари (IFS) - бу бошланғич объектга қайта-қайта ўзгартиришлар тўпламини қўллаш орқали фракталларни қуриш усули [7]. Трансформациялар аффин ўзгаришлар тўпламидан тасодифий танланади. IFS алгоритми содда ва самарали бўлиб, у фрактал шакллارнинг кенг доирасини ишлаб чиқиши мумкин [3].

[4] ишда Серпин гиламининг конструкцияси берилган: детерминистик алгоритм (1,2,3,4,5,6 даражалар), бу ерда учбурчак шаклида ихчам тўплам сифатида келтирилган. R-функциялар усулидан фойдаланганда сиз ихтиёрий тўпладан, яъни шаклдан фойдаланишингиз мумкин [5].

Ундан кейин, уч ўлчовли шаклда Серпин гиламини қуришда R-функция усулини такрорланган функциялар тизими билан биргаликда қўллашни кўриб чиқамиз. R-функциялар тизими сифатида биз алоҳида ҳолатни оламиз, яъни [3]:

$$\bar{x} \equiv -x$$

$$x_1 \wedge_0 x_2 \equiv x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2};$$

$$x_1 \vee_0 x_2 \equiv x_1 + x_2 + \sqrt{x_1^2 + x_2^2};$$

Дастлаб, куб (гексаэдра) шаклини яратамиз: $a=b=c$ бўлсин,

$$f_1 \equiv a^2 - x^2 \geq 0;$$

$$\begin{aligned}f_2 &\equiv b^2 - y^2 \geq 0; \\f_3 &\equiv c^2 - z^2 \geq 0; \\f &\equiv f_1 \wedge_0 f_2 \wedge_0 f_3\end{aligned}$$

Ва уч ўлчовли Серпин гиламини [6] қуриш учун қуйидаги учта аффин ўзгаришлар қўлланилади (1-расм): $(\alpha = \beta = \gamma = \frac{1}{2}, \frac{1}{3})$

$$\begin{aligned}T_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{pmatrix}; \\T_2 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \end{pmatrix}; \\T_3 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_3 \\ b_3 \\ c_3 \end{pmatrix}; \\T_4 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_4 \\ b_4 \\ c_4 \end{pmatrix}.\end{aligned}$$

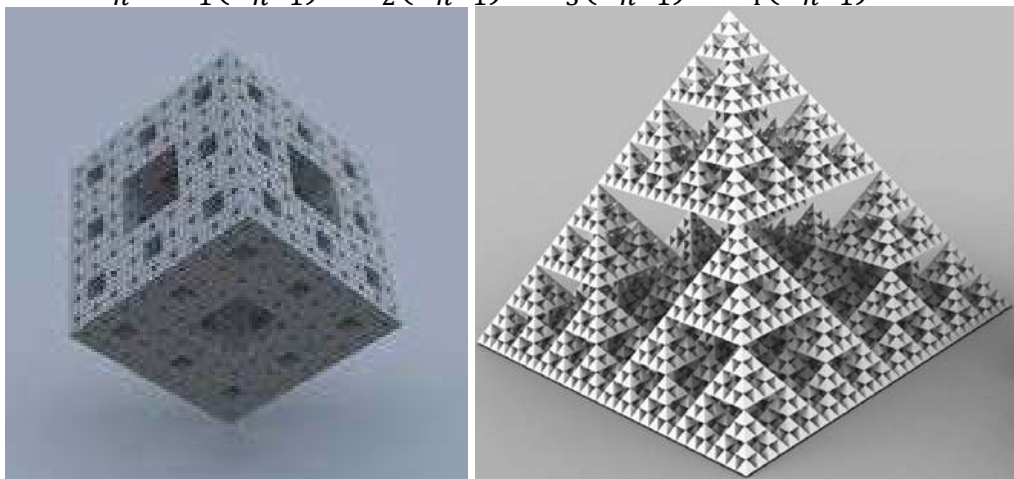
Умумий ҳолат учун:

$$T_i(x) = M * X + A_i$$

$$\text{бу ерда, } T_i = (T_1, T_2, T_3, T_4), M = \begin{pmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_i \\ x_i \\ x_i \end{pmatrix}, A_i = \begin{pmatrix} a_i \\ b_i \\ c_i \end{pmatrix},$$

Детерминистик алгоритмда қуйидаги кетма-кетликларни ҳисобга олган ҳолда:

$$\begin{aligned}E_0 &= \text{ихтиёрий майдон,} \\E_1 &= T_1(E_0) \cup T_2(E_0) \cup T_3(E_0) \cup T_4(E_0), \\&\dots \\E_n &= T_1(E_{n-1}) \cup T_2(E_{n-1}) \cup T_3(E_{n-1}) \cup T_4(E_{n-1}).\end{aligned}$$



1-расм. Уч ўлчовли фракталлар (Менгер, Серпинский) кўриниши.

Хулоса қилиб айтадиган бўлсак, R-функция усулининг IFS усули билан комбинацияси уч ўлчамли фракталларни яратиш учун самарали усул ҳисобланади. Олинган фрактал тузилмалар уч ўлчовда ўзига ўхшашликни намойиш этиб, визуал жиҳатдан мураккаб объектларни яратади.

Фойдаланилган адабиётлар

[1] Nuraliev, F., Narzulloyev, O., Tastanova, S. (2023). Optimization of Fractal Structure Pattern Colors in Carpet Design Using Genetic Algorithm. In: Zaynidinov, H., Singh, M., Tiwary, U.S., Singh, D. (eds) Intelligent Human Computer Interaction. IHCI 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13741. Springer, Cham.

[2] Przemyslaw Prusinkiewicz, Aristid Lindenmayer. The Algorithmic Beauty of Plants / Springer-Verlag, New York, in 2004. – 240-p.

[3] Перерва Л.М. Юдин В.В. Фрактальное моделирование: учебное пособие. / В.Н. Гряника. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007. 186 с.

[4] Ричард М. К. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. Москва: Постмаркет, 2000. - 79 с.

[5] Метод R-функций в задачах об изгибе и колебаниях пластин сложной формы / В. Л. Рвачев, Л. В. Курпа, Н. Г. Склепус, Л. А. Учишвили. – Киев: Наук. думка, 1973. – 123 с

[6] F Nuraliev, O Nazrullaev, N Egamberdiev, S Tastanova. Optimization of colors in complex fractal images of carpet products Chemical technology control and management 2 (104), 19-29.

[7] Bulusu R., Jibitesh M. Developing fractals using iterated function system. // Arpn journal of engineering and applied sciences vol. 13, no. 4, pp. 1402-1409, 2018.

[8] Kenneth Falconer. Fractal Geometry mathematical foundations and applications. Third edition / 2014 John Wiley & Sons, Ltd. -357p.

[9] J. F. Domenech, F. Escalona, F. Gomez-Donoso and M. Cazorla, "A Voxelized Fractal Descriptor for 3D Object Recognition," in IEEE Access, vol. 8, pp. 161958-161968, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3021455.

[9] C. Wang and W. An, "An Improved 3D Box-Counting Dimension Computing Technology for Estimating the Complexity of 3D Models," in IEEE Access, vol. 10, pp. 119314-119320, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3221458.

МУРАККАБ КОНСТРУКТИВ ШАКЛДАГИ ЮПҚА ЭЛАСТИК ВА МАГНИТЭЛАСТИК ПЛАСТИНАЛАРНИНГ НОЧИЗИҚЛИ ДЕФОРМАЦИЯЛАНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

¹Нуралиев Ф.М., ²Сафаров Ш.Ш., ³Эшқороева Н.Г.

Тошкент ахборот технологиялари университети

e-mail: shohfar@gmail.com

Жаҳонда ночизикли қонуниятлар асосида мураккаб конфигурацияли юпқа пластина шаклдаги конструктив элементларнинг кенг равишда ишлаб чиқарилиши ва қўлланилиши кенг тарқалмоқда. Электромагнит майдонларнинг юпқа электрўтказувчан жисмларнинг деформацияланиш ҳолатига таъсир этиш жараёнларини моделлаштириш, мураккаб конфигурацияли магнитэластик пластиналарнинг асосий чегаравий шартларини қаноатлантирувчи эчимлар тузилмасини R-функция усулида

моделлаштириш алгоритмлари ва дастурий воситаларнинг янги авлодини ишлаб чиқиш алоҳида аҳамият касб этиб бормокда.

Мураккаб конструктив шаклдаги магнитэластик пластинанинг геометрик ночизикли деформацияланиш жараёнларининг ҳисоблаш учун Гамильтон-Остроградский вариацион тамойили, Киргоф-Ляв гипотезаси, Коши муносабати, Гук қонуни, Лоренс кучи ҳамда Максвелл электромагнит тензор кўринишидан фойдаланган ҳолда математик модель ишлаб чиқилди [1-2].

$$\left\{ \begin{array}{l} -\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial N_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} + N_x + R_x + q_x + T_{zx} = 0 \\ -\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \frac{\partial N_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + N_y + R_y + q_y + T_{zy} = 0 \\ -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 M_{xx}}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{yy}}{\partial y^2} + N_{xx} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + N_{yy} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \\ + \left(\frac{\partial N_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} \right) \frac{\partial w}{\partial x} + \left(\frac{\partial N_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} \right) \frac{\partial w}{\partial y} + N_z + R_z + q_z + T_{zz} = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

Бошлагич шартлар:

$$\rho h \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad \rho h \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad \rho h \frac{\partial w}{\partial t} \Big|_t = 0,$$

Чегаравий шартлар:

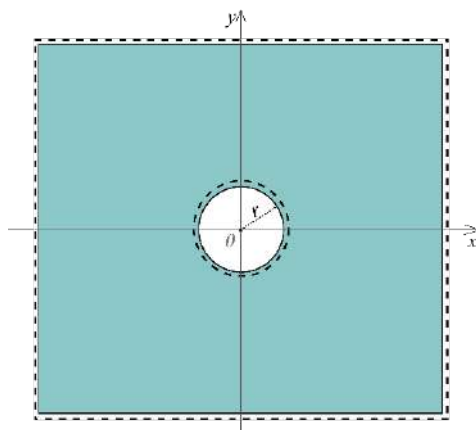
$$\left\{ \begin{array}{l} (N_{xx} + N_{Px} + N_{Tx}) \delta u \Big|_x = 0, (N_{xy} + N_{Py} + N_{Txy}) \delta v \Big|_x = 0, M_{xx} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_x = 0, M_{xy} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_x = 0, \\ (N_{yy} + N_{Fy} + N_{Ty}) \delta v \Big|_y = 0, (N_{xy} + N_{Fx} + N_{Tyx}) \delta u \Big|_y = 0, M_{yy} \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_y = 0, M_{xy} \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_y = 0, \\ \left[N_{xx} \frac{\partial w}{\partial x} + N_{xy} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial M_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} + N_{Pz} + N_{Txz} \right] \delta w \Big|_x = 0, \\ \left[N_{yy} \frac{\partial w}{\partial y} + N_{xy} \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial M_{yy}}{\partial y} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} + N_{Fz} + N_{Tyx} \right] \delta w \Big|_y = 0. \end{array} \right.$$

бу ерда $\epsilon u^{\alpha-1}$ пластина ўрта текислигининг координата ўқи x, y, z бўйлаб кўчиши, $(\epsilon = +1)$ $(\epsilon = -1)$ $q > 3$ – ҳосил бўлувчи ҳажм кучлари, $1 < \alpha < 2$ нормал кучлар, $q \leq 3$ уринма куч, $\alpha > 2$ моментлар, $u(0, x) \leq u_+(0, x)$, $t \rightarrow T$ электромагнит майдон таъсиридаги ҳосил бўлувчи сирт кучлари.

Харакат тенгламасидаги (1) u, v, w – номаълумларни топиш учун, Бубнов-Галеркин вариацион усули, Гаусс квадратлар, Гаусс, Ньюмарк, ҳамда Итерация сонли усуллари биргаликда қўллаб, юпқа пластинанинг OZ ўқи бўйлаб кўчиши $u_-(t, x) = B \cdot \left(\frac{1}{q-2} \right)^{\frac{1}{q-2}} (T-t)^{\frac{1}{q-2}} \cdot \left(a + \left(x(T-t)^{\frac{\alpha+\beta-2}{p(2-q)}} \right)^{\frac{p-1}{\alpha+\beta-2}} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta-2}}$ топилади.

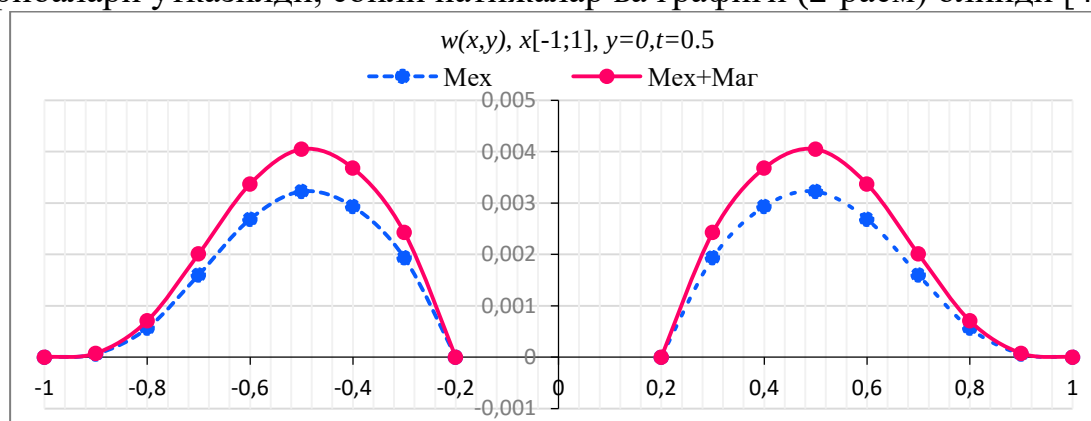
Дастлаб мураккаб конфигурацияли соҳанинг аналитик тенгламасини R-функция усули билан қурилади [3-4]. Бунда мураккаб шаклдаги юпқа пластинанинг (1-расм) механик ва геометрик параметрлар қуйидагича олинди.

$$a=1, b=1, h=0.01, r=0.2, \nu=0.3, t_0=0, H_x=H_y=H_z=10\text{кЭ}, Q=1.$$



1-расм. Мураккаб шаклдаги пластина.

Мураккаб конструктив шаклдаги магнитэластик пластинанинг чегаралари қаттиқ маҳкамланган маркази эркин ҳолатда ҳисоблаш тажрибалари ўтказилди, сонли натижалар ва графиги (2-расм) олинди [4].



2-расм. Пластинанинг чегаралари қаттиқ маҳкамланган маркази эркин ҳолатдаги график тасвири.

Ўтказилган тажриба натижаси шуни кўрсатадики электрўтказувчан магнитэластик пластина, магнит майдон куч таъсирида деформацияланиши (OZ ўқи бўйлаб эгилиши) **17%** га ошиши кузатилади. Ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики магнит майдон кучларнинг юпқа магнитэластик пластиналарга таъсири кичик бўлсада мавжудлиги аниқланди ва бу пластинанинг деформацияланиш жараёнига бевосита таъсири қилишини исботлайди.

Адабиётлар

- [1] Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Э., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. - М.: Наука 1977. 272с.
- [2] Курпа Л.В. Методом R-функции для решения линейных задач изгиба и колебаний пологих оболочек. Харьков НТУ ХПИ 2009. 391с.
- [3] Nuraliev F., Safarov Sh., Artikbayev M. Solving the problem of geometrical nonlinear deformation of electro-magnetic thin plate with complex configuration and analysis of results // 2021 International Conference on

Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2021, pp. 01-05.

- [4] Nuraliev F.M., Aytmuratov B.Sh., Safarov Sh.Sh., Artikbaev M.A. Mathematical modeling of geometric nonlinear processes of electromagnetic elastic thin plates of complex configuration // Problems of computational and applied mathematics. – Tashkent, 2022. – № 1(38). – Pp. 90-109.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА ПО СЕМЕЙСТВУ ПАРАБОЛ

^{1,2}*Пиримбетов А.О., ²Таскынов Е.К.*

¹*Национальный университет Узбекистана*

²*Нукусский филиал ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий*

e-mail: azik.8422@gmail.com

Во многих областях науки, таких как медицина, геофизика, астрофизика, промышленная дефектоскопия, диагностика плазмы и других, возникает проблема определения внутренней структуры объектов. Для решения данной задачи во многих случаях являются неприемлемыми прямые методы исследования, связанные с разрушением объекта, поэтому создаются специальные системы получения данных.

Существует множество приложений, которые имеют дело с восстановлением внутренней структуры объектов, не причиняя ему вреда. Основная математическая идея, общая для многих таких проблем реконструкции, основана на интегральной геометрии.

В общем виде задача интегральной геометрии может быть сформулирована следующим образом. Пусть D - область n - мерного пространства $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ а $L(x)$ семейство кривых, зависящее от n параметров причем каждая из кривых семейства целиком принадлежит области D и соединяет пару точек границы D . Требуется найти внутри области D функцию $u(\xi)$, если относительно ее известны интегралы по семейству кривых $L(\xi)$ с заданной весовой функцией $p(x, \xi)$:

$$\int_{L(x)} p(x, \xi) u(\xi) ds = v(x)$$

здесь ds - элемент длины дуги кривой $L(x)$.

В работе изучается новая постановка слабо некорректных задач интегральной геометрии на параболических кривых со специальными весовыми функциями. Такие задачи интегральной геометрии связаны с задачами восстановления внутренней структуры объекта по граничным данным. Мы сводим эти задачи к исследованию интегральных уравнений первого рода. Получены теоремы единственности и оценки устойчивости решения рассматриваемых задач. На основании полученных формул обращения построены численные алгоритмы и приведены результаты численных экспериментов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ ЖИДКИХ РАСТВОРОВ

Равианов Н., Туракулов Ж. А.
e-mail: jahondasturchi@gmail.com

Одним из основных показателей играющий важную роль в технологии очищения жидких растворов является скорость прохода жидкости через фильтровальный перегородка, которая изменяется со временем. Поэтому для разработки ММ, адекватно описывающий ТП, необходимо учесть изменения скорости фильтрации раствора, как по времени, так и по толщине фильтровального перегородка. С учетом вышесказанной в работе предложена ММ, где скорость фильтрации определяется с помощью уравнения

$$\frac{\partial W}{\partial t} + W \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{W}{1-\theta_3} \frac{d\theta_3}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - \frac{W \mu H_0}{\rho H k_0 (1-\theta_3)(1-\delta)^2}, \quad (1)$$

а для более адекватного описания ТП учитываются такие факторы, как, образование кейк слоя на поверхности фильтровальной перегородки фильтра, изменение пористость фильтра и слоя осадки, роста поверхностного давления в колонке агрегата и внутри слоя осадки со временем. С учетом указанного выше ММ ТП в безразмерной форме можно записать в следующем виде [2-3]:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \text{Re} W \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{W}{1-\theta_3} \frac{d\theta_3}{dt} = -\text{Eu} \cdot \text{Re} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{H k_0}{(H_0^2 + h^2)} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - \frac{W}{(1-\theta_3)(1-\delta)^2}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{1}{\text{Eu}} \left[\frac{m}{\text{Re}(1-\delta)^2} - \frac{d\theta_3}{dt} \right], \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial \theta W}{\partial x} - \frac{\partial \alpha}{\partial t} - (1-m_0) \frac{\partial \delta}{\partial t} + \frac{\mu_0 \alpha_\tau}{(H_0^2 + h^2)} \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = \lambda(\theta - \gamma \delta), \quad \theta - \theta_3 = \frac{\alpha}{1-\delta}, \quad \frac{\partial V}{\partial t} = F W, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta_3}{\partial t} = \frac{1-\bar{\theta}}{2-\delta} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial t} + \frac{1}{2-\delta} = & \left[(1-\bar{\theta}) \frac{\partial \bar{\delta}}{\partial t} - \frac{\theta_1 W_0}{m(H_0 + h)(1-\delta_1)} \right] + \\ & + \theta_3 \left[\frac{\partial \bar{\delta}}{\partial t} + \frac{W_0}{m(H_0 + h)(1-\theta_1)} \right] \frac{1}{2-\delta}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{\partial P_c}{\partial t} = \frac{\partial P_1}{\partial t} + G \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{1}{\mu r} \frac{\partial P_c}{\partial x} \right], \quad \frac{1}{u} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{\mu r} \frac{\partial P_c}{\partial x} \Big|_{x=h(t)}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{W_0 \alpha_\tau}{H_0 m} \frac{\partial n}{\partial x} - \frac{N_0}{nm} + \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{D_0 \alpha_\tau}{H^2 m} \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\alpha_\tau D_b}{P H_0} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\alpha_\tau \beta}{1} \left[\frac{n_0 n}{N_0} - \frac{a}{a - b N N_0} \right], \quad P_c[h(t), t] = P_1(t), \quad t \succ 0, \quad (10)$$

с начальными и краевыми условиями:

$$\left. \begin{aligned} \theta &= e^{-\lambda H_0 B x}, \quad \delta = 0, \\ W &= 1, \theta_3 = 0, h = 0, \\ n &= 1, N = 0, P = \varphi_1, P_c = \varphi_2. \end{aligned} \right\} \text{ при } t = 0, \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \theta &= 1, \quad P = 1, \quad n = \frac{1}{n_0}, \\ W &= 1, P_c(0, t) = P_2(t), \end{aligned} \right\} \text{ при } x = 0, \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \theta(x, t) &= \theta_0 e^{-\sigma B H_0} \left[e^{\sigma B H} I_0 \left(2\sqrt{\sigma \gamma H_0 t} + \frac{1}{\sigma B H_0 I_0} \right) (2\sqrt{\tau}) d\tau, \right. \\ \frac{\partial W}{\partial x} &= \frac{a_0 H_0}{W_0}, \frac{\partial n}{\partial x} = 0, P = \phi_3, P_c = \phi_4. \end{aligned} \right\} \text{ при } x = 1 \quad (13)$$

$$m = m_1 + \delta(m_0 - m_1). \quad (14)$$

Так как, задача (1) - (15) описывается с помощью нелинейного уравнения с соответствующими краевыми и внутренними условиями, то для его решения используем конечно-разностную схему, и в конечном итоге получим систему алгебраических уравнений и разработан алгоритм и программное средство для решение поставленной задачи и проведение вычислительных экспериментов (ЭВМ) на вычислительной системе [1-3]. Результаты проведенных расчетов приведены на рис. 1-2.

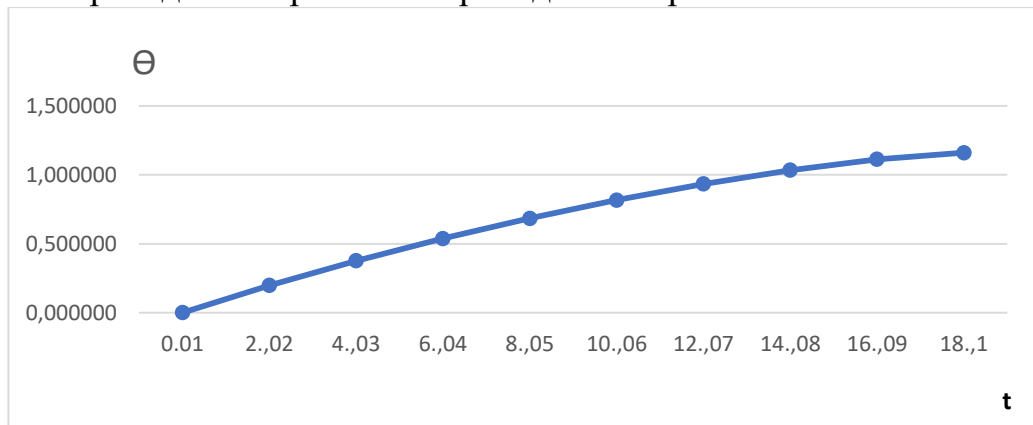


Рис. 1. Изменение концентрация смеси в фильтровальной колонке агрегата по времени при $\alpha = \Theta_3$; $H_0 = 0,2$; $W_0 = 0,0025$; $\Theta_0 = 0,00001$

Анализ проведенных численных расчетов показало, что концентрация внутри фильтровальной колонки агрегата со временем увеличивается по логарифмическому закону (рис.1). Существенный рост концентрация суспензии в колонке наблюдается при изменение $1.2ч. \geq t \leq 18.05ч.$, а за тем этот рост замедляется со временем.

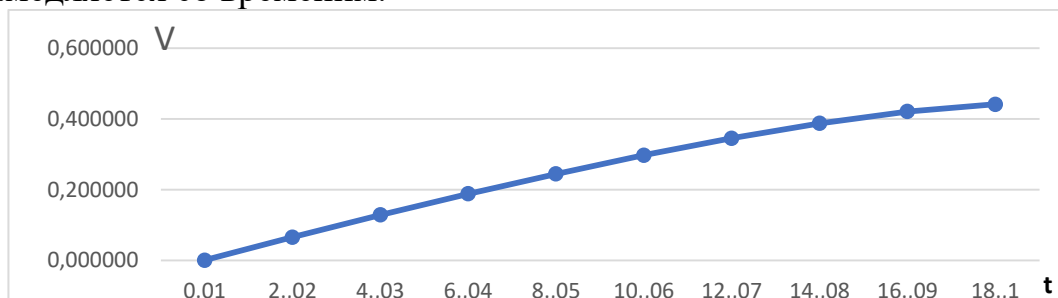


Рис. 2. Изменение выходная концентрация раствора по времени при $\alpha = 0,3$; $H_0 = 0,2$; $W_0 = 0,0025$; $\Theta_0 = 0,00001$

Анализ проведенных численных расчетов показало, что динамика изменения концентрация суспензии на выходе зависит от: скорости фильтрования и осаждения гель-частиц внутри пор фильтра; толщины образовавшегося слоя осадка; роста давления внутри фильтровальной колонки; толщине фильтровальной перегородки; первоначальной концентрация подаваемой к колонке агрегата. Аналогичная динамика наблюдается для изменения объема жидкости проходящий через фильтровальную перегородку (рис.2).

Список использованной литературы

- [1]. Равшанов Н., Туракулов Ж.А. Прямая и обратная задача для исследования процесса фильтрования ионных растворов через пористую среду // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – №5(43). – С. 58-71.
- [2]. N. Ravshanov , U M Saidov and D I Mutin Modelling of the technological process of multiple filtering suspensions with multi-layered filter IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537(2019) 042018 doi:10.1088/1757-899X/537/4/042018
- [3]. N. Ravshanov, Kurbonov N., Mukhamadiev A. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium // International Journal of Computational Methods. - 2016. – Vol. 13, № 6. – 1650042 [10 pages] DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0219876216500420>

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ

Рахманов А.А., Мамадрахимов А.

*Наманганский инженерно-строительный институт, Наманган, Узбекистан
e-mail: akramjonrakhmanov3@gmail.com, a_mamadraximoff@gmail.com*

Математическая модель транспортной задачи является математической моделью задачи линейного программирования. Транспортные задачи закрытого типа, когда запас груза на базах совпадает с объемом потребности предприятий, решаются двумя методами: северо-западного угла и минимальной стоимости. Транспортные задачи открытого типа, когда запасы превышают потребности или наоборот, сводятся к задачам закрытого типа путем введения фиктивного пункта назначения или фиктивного поставщика. Отметим, что процесс моделирования состоит из следующих этапов: 1) перевод предложенной задачи на язык математических терминов, то есть построение математической модели задачи; 2) решение задачи; 3) перевод полученного результата на язык, на котором была сформулирована исходная задача. Наиболее ответственным и сложным является первый этап – построение математической модели. Второй этап — этап решения задачи в

рамках математической теории. На последнем этапе моделирования полученные выводы проходят через еще один процесс перевода — с языка математики обратно на естественный язык. Всё выше сказанное проиллюстрируем примером. Пример. На базах имеется запас сырья необходимого для производства четырех предприятий. На первой базе — 60 т., на второй — 90 т., на третьей — 140 т. Первому предприятию для производства требуется 40 т. сырья, второму — 30 т., третьему — 100 т., четвертому — 120 т. Найти оптимальный план задачи методом северо-западного угла, зная, что стоимость перевозок с первой базы на первое предприятие равна 4 ед., на второе — 2 ед., на третье — 3 ед., на четвертое — 4 ед., со второй базы на первое предприятие равна 2 ед., на второе — 4 ед., на третье — 3 ед., на четвертое — 5 ед., с третьей базы на первое предприятие равна 6 ед., на второе — 5 ед., на третье — 4 ед., на четвертое — 6 ед. I этап. Формализация. Построим математическую модель задачи в виде таблицы:

П \ Б	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	Запасы
Б ₁	4	2	3	4	60
Б ₂	2	4	3	5	90
Б ₃	6	5	4	6	140
Потребности	40	30	100	120	290

II этап. Внутримодельное решение. Заполнение таблицы начнем с верхней левой клетки. Стоимость перевозки одной тонны груза с первой базы к первому потребителю равна 4. Перевезем с базы Б₁ 40 тонн груза на П₁. И величину этой перевозки запишем в клетку (1,1). Потребности первого предприятия полностью удовлетворены. Запас на первой базе изменился — теперь это 20 тонн.

П \ Б	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	Запасы
Б ₁	4 40	2	3	4	20
Б ₂	2	4	3	5	90
Б ₃	6	5	4	6	140
Потребности		30	100	120	290

Не рассматривая клетки первого столбца, снова берем левую верхнюю клетку из оставшихся. Это клетка (1,2). С первой базы перевезем оставшиеся 20 тонн на второе предприятие. Его потребность не удовлетворена на 10 тонн.

П \ Б	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	Запасы
Б ₁	4 40	2 20	3	4	
Б ₂	2	4	3	5	90
Б ₃	6	5	4	6	140
Потребности		10	100	120	290

Помещаем в клетку (2,2) 10 тонн груза для второго предприятия, тем самым изменился запас на второй базе. Продолжая распределение, выбираем клетку (2,3). Направляем все 80 тонн со второй базы на третье предприятие. Оставшиеся 140 тонн с третьей базы распределяем соответственно на третье и четвертое предприятия. Получим окончательную таблицу, в которой необходимо проверить суммы поставок по строкам и столбцам.

П \ Б	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	Запасы
Б ₁	4 40	2 20	3	4	60
Б ₂	2	4 10	3 80	5	90
Б ₃	6	5	4 20	6 120	140
Потребности	40	30	100	120	290 290

III этап. Интерпретация. Число занятых клеток в составленном плане равно шести. Число базисных переменных также должно быть равно шести: $m + n - 6 = 1$. Это означает, что полученный методом северо-западного угла план является опорным. В рассмотренном примере распределительная таблица, созданная по методу минимальной стоимости, выглядит следующим образом:

П \ Б	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	Запасы
Б ₁	4	2 30	3 30	4	60
Б ₂	2 40	4	3 50	5	90
Б ₃	6	5	4 20	6 120	140
Потребности	40	30	100	120	290 290

Необходимо обращать внимание на то, что математическая модель и реальный процесс не тождественны между собой. Как правило, математическая модель строится с некоторым упрощением и при некоторой идеализации.

Список литературы

- [1] Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах — М.: Высшая школа, 1986. — 319 с.
- [2] Козин Р. Г. Математическое моделирование. Примеры решения задач.- М.: МИФИ, 2010.

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ЛАПЛАСОВА ПОЛЯ В ОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}Сатторов Э.Н., ²Мардонов Дж.А., ²Темирова Д.

¹Узбекско-Финский педагогический институт, Самарканд, Узбекистан

²Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

e-mail: Sattorov-e@rambler.ru

Пусть R^3 ($n \geq 3$) – вещественное евклидово пространство,

$$x = (x_1, x_2, x_3), \quad y = (y_1, y_2, y_3) \in R^3, \quad x' = (x_1, x_2), \quad y' = (y_1, y_2) \in R^2,$$

$$s = \alpha^2 = (y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2, \quad r^2 = |y - x|^2 = \alpha^2 + (y_3 - x_3)^2.$$

Обозначим через Ω ограниченную область в R^3 с кусочно-гладкой границей $\partial\Omega$. В области Ω задано непрерывно дифференцируемая вектор-функция $\vec{F}(x) = (F_1(x), F_2(x), F_3(x))$. При изучении геофизических полей в качестве области существования векторного поля $\vec{F}$ обычно рассматривается все безграничное пространство, а источники и вихри поля полагают локализованными в некоторой конечной области Ω .

Рассмотрим лапласово поле $\vec{F}(x) = (F_1(x), F_2(x), F_3(x))$, которое удовлетворяет системе дифференциальных уравнений первого порядка

$$\operatorname{div} \vec{F}(x) = 0, \quad \operatorname{rot} \vec{F}(x) = 0, \quad x \in \Omega. \quad (1)$$

Лапласово поле всюду в Ω удовлетворяет векторному уравнению Лапласа $\Delta \vec{F} = 0$. При этом, декартовы компоненты лапласова векторного поля суть гармонические функции.

Пусть $\vec{F}(x)$ лапласово поле в Ω и непрерывна вместе со своей производной вплоть до границы $\partial\Omega$ и $\Phi_0(y, x) = \frac{1}{4\pi|y - x|}$ – фундаментальное решение уравнения Лапласа. Тогда справедлив трехмерный аналог интегральной формулы Коши [1; с. 122],

$$\vec{F}(x) = - \int_{\partial\Omega} \left\{ (\vec{n} \cdot \vec{F}) \operatorname{grad} \Phi_\sigma + [\vec{n} \times \vec{F}] \times \operatorname{grad} \Phi_\sigma \right\} ds, \quad x \in \Omega. \quad (2)$$

Обозначим

$$\vec{F}_\sigma(x) = - \int_S \left\{ (\vec{n} \cdot \vec{f}) \operatorname{grad} \Phi_\sigma + [\vec{n} \times \vec{f}] \times \operatorname{grad} \Phi_\sigma \right\} ds, \quad x \in \Omega, \quad (3)$$

где

$$2\pi^2 e^{\sigma x_3^2 + \sigma \alpha^2 - \sigma y_3^2} \cdot \Phi_\sigma(y, x) = \int_0^\infty \frac{\varphi_\sigma(y, x; u)}{u^2 + r^2} e^{-\sigma u^2} du, \quad (4)$$

$$\varphi_\sigma(y, x; u) = \cos \tau \sqrt{u^2 + \alpha^2} - (y_3 - x_3) \frac{\sin \tau \sqrt{u^2 + \alpha^2}}{\sqrt{u^2 + \alpha^2}}, \quad \tau = 2\sigma y_3. \quad (5)$$

Задача. Известны данные Коши решения системы (1) на поверхности S :

$$\vec{F}(y)|_S = \vec{f}(y), \quad y \in S, \quad (6)$$

$\vec{f}(y) = (f_1(y), f_2(y), f_3(y), f_4(y))$ – заданная непрерывная вектор-функция. Требуется восстановить лапласово поле $\vec{F}(x)$ в Ω , исходя из заданной $\vec{f}(y)$, т. е. решить – задачу аналитического продолжения решения системы (1) в пространственной области по ее значениям на гладком куске S границы.

Приведем оценки устойчивости.

Теорема 1. Пусть $\vec{F}(y) \in H(\Omega)$ на части T границы $\partial\Omega$ удовлетворяет условию

$$|\vec{F}(y)| \leq B, \quad y \in T, \quad (7)$$

а на S – условию

$$|\vec{F}(y)| \leq \delta, \quad y \in S, \quad 0 < \delta \leq Be^{-\sigma a^2}. \quad (8)$$

Тогда для любого $x \in \Omega$ и $\sigma > 0$ справедливо неравенство

$$|\vec{F}(x)| \leq \psi(\sigma) B^{1 - \frac{x_3^2}{a^2}} \delta^{\frac{x_3^2}{a^2}}, \quad x \in \Omega, \quad (9)$$

где $\sigma = a^{-2} \ln(B/\delta)$,

$$\psi(\sigma) = \frac{b}{\sqrt{\pi} \sqrt{\sigma}} + \frac{4}{\pi} \left[2a + \frac{2\sqrt{\pi} + b}{\sqrt{\sigma}} + ab \left(\frac{1 + \sqrt{\pi}}{\sqrt{\sigma}} + 2\sqrt{\pi} \sqrt{\sigma} + a\sigma \right) \right].$$

Следствие. Для любого $x \in \Omega$ справедливо равенство

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} \vec{F}_\sigma(x) = \vec{F}(x), \quad (10)$$

причем предел достигается равномерно на компактах из Ω .

Литература

[1] Жданов М.С. Аналоги интеграла типа Коши в теории геофизических полей. М.: Наука. -1984. 326 с.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ВОДОХРАНИЛИЩАМИ СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сейтов А.Ж.¹, Абдурахмонов О.Н.¹, Кодиров М.Т.¹, Сафаров М.А.¹

¹Национальный Университет Узбекистана имени Мирза Улугбека

²Термезский Государственный Университет

Водохозяйственные системы Минсельводхоза Республики Узбекистан имеют в своем составе крупные каскады насосных станций с наливными водохранилищами сезонного регулирования, которые используются для повышения водообеспеченности потребителей в годы различной водности. К таким объектам относятся Каршинский магистральный канал с каскадом насосных станций и Талимарджанского водохранилища, Аму-Бухарский канал с Куюмазарским и Тудакульским водохранилищем и машинный канал Аму-Занг с Учкызылским водохранилищем.

Пронумеруем ветви комплекса $G(m, l)$ некоторым образом, начиная с единицы и отмечая узлы каждой дуги. Зададим направление этих ветвей от левого конца к правому. Разобьем каждую m -тую дугу, $m=1, 2, \dots, M$ комплекса $G(m, l)$ на число $N(M) - l$ отрезков, при этом концы этих отрезков совместно с левыми и правыми концами дуги определяются в целом $N(M)$ точками на дуге. Данные точки будем называть контрольными. В каждой j -той контрольной точке K -той дуги, $j=1, 2, \dots, N(M)$, определяются переменные $q_j^m(t)$ и $h_j^m(t)$, значения которых представляют соответственно расход и уровень воды в j -той контрольной точке m -той дуги в дискретный момент времени $k=1, 2, \dots, K$.

Состояние участка магистрального канала характеризуется неустановившимся течением воды и описывается системой дифференциальных уравнений Сен-Венана в форме законов сохранения [1-5]:

$$\begin{aligned} B_i \frac{\partial z_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} &= q_i, \\ \frac{1}{g\omega_i} \left(\frac{\partial Q_i}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} \right) + \left[1 - \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 \right] \frac{\partial z_i}{\partial x_i} &= \\ &= \left[i_i + \frac{1}{B_i} \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = \text{const}} \right] \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $v_i = \frac{Q_i}{\omega_i}$, $c_i = \sqrt{\frac{g\omega_i}{B_i}}$,

Дифференциальные уравнения в частных производных гиперболического типа в системе (1) есть уравнения сохранения массы и импульса потока и представляют собой математическую модель неустановившегося движения воды на участке открытого канала.

Модуль расхода $K_i(x_i, z_i)$ характеризует величину сил трения и определяется по следующей формуле:

$$K_i = \omega_i \cdot C_i \sqrt{R_i}, \quad (2)$$

где

- R_i — гидравлический радиус русла;
- ω_i — площадь живого сечения русла;
- C_i — коэффициент Шези.

Для определения коэффициента Шези существует целая серия эмпирических формул. В качестве одной из них может быть принята формула Павловского:

$$C_i = \frac{1}{n_i} R_i^{y_i}, \quad y_i = 2,5\sqrt{n_i} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_i}(\sqrt{n_i} - 0,1), \quad (3)$$

где

- n — коэффициент шероховатости канала.

Характеристическая форма уравнений (2)-(3) имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + (v_i \pm c_i) \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} - B_i (v_i \mp c_i) \left[\frac{\partial z_i}{\partial t} + (v_i \pm c_i) \frac{\partial z_i}{\partial x_i} \right] = \\ = \left(\varphi_i - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2} \right) g \omega_i - (v_i \mp c_i) q_i \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\varphi_i = \left[i_i + \frac{1}{B_i} \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = const} \right] \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2$$

Для моделирования состояния объекта на основе математической модели (4) необходимо задать начальные и граничные условия с целью описания области решения уравнений. Для численного решения этих краевых задач удобно записать систему уравнений в характеристической форме [5].

Характеристическая форма записи для основной системы матричных уравнений имеет вид:

$$S_i \frac{\partial U_i}{\partial t} + \Lambda_i S_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = F_i(U_i, K_i, t), \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} S_i = \begin{bmatrix} 1 & -B_i(v_i + c_i) \\ 1 & -B_i(v_i - c_i) \end{bmatrix}; \quad U_i = \begin{bmatrix} Q_i \\ z_i \end{bmatrix}; \\ \Lambda_i = \begin{bmatrix} v_i - c_i & 0 \\ 0 & v_i + c_i \end{bmatrix}; \quad F_i = -B_i i_i v_i^2 - g \omega_i \frac{Q_i |Q_i|}{K_i} - (v_i \mp c_i) q_i. \end{aligned} \quad (6)$$

Начальные условия записываются в виде

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) = Q_{i0}(x_i), \quad z_i(x_i, t_0) = z_{i0}(x_i) \\ 0 \leq x_i \leq \ell_i, \quad k = 1, \dots, 6, \end{aligned} \quad (7)$$

где $Q_{i0}(x_i)$ и $z_{i0}(x_i)$ – известные функции; t_0 – начальный момент времени.

Уравнения, описывающие неустановившиеся движения воды на участках Каршинского магистрального канала аналогично как представляется в виде характеристической форме (5).

Начальные условия записываются в виде

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) = Q_{i0}(x_i), \quad z_i(x_i, t_0) = z_{i0}(x_i) \\ 0 \leq x_i \leq \ell_i, \quad i = 1, \dots, 9, \end{aligned} \quad (8)$$

где i – номер участка, $Q_{i0}(x_i)$ и $z_{i0}(x_i)$ – известные функции; t_0 – начальный момент времени.

Граничные условия записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} z_1(0, t) = z_a(t), \quad Q_1(l_1, t) = Q_2(0, t) = Q_1^{hc}(t), \\ Q_2(l_2, t) = Q_3(0, t) = Q_2^{hc}(t), \quad Q_3(l_3, t) = Q_4(0, t) = Q_3^{hc}(t), \\ Q_4(l_4, t) = Q_5(0, t) = Q_4^{hc}(t), \quad Q_5(l_5, t) = Q_6(0, t) = Q_5^{hc}(t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_6(l_6, t) &= Q_7(0, t) = Q_6^{nc}(t), \quad Q_7(l, t) = Q_7^{nc}(t) + Q_1^{nc}(t), \\ Q_8(l, t) &= Q_8^{zn}(t), \\ Q_i^{nc}(t) &= F_i(z_i(l_i, t), z_{i+1}(0, t), (N_i(t), N_i^p(t), \psi_i^p(t))) \end{aligned} \quad (9)$$

где $z_a(t)$ – изменение отметки уровня воды в р. Амударья; $Q_i^{nc}(t)$ – изменение расхода воды насосных станций; i – ой насосной станции; $Q_i^{nc}(t)$ – изменение расхода воды перегораживающего сооружения; $Q_i^{zn}(t)$ – изменение расхода воды на конечном гидропосте.

Список использованных литератур

[1] Rakhimov, Sh., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in canals of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020.

[2] Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Nasiba Rakhimova, Bahrom Xonimqulov. [Mathematical models of optimal distribution of water in main canals. 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies \(AICT\)](#), INSPEC Accession Number: 20413548, IEEE Access, Tashkent, Uzbekistan.

[3] [Rakhimov, S., Seytov, A., Kudaybergenov, A.](#) Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations. [Global and Stochastic Analysis](#), 2021, 8(3), стр. 57–62.

[4] Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – 2021. Vol.8, No.3. Pp. 45-53. (№3 Scopus IF = 9.6246)

[5] [Seytov, A., Turayev, R., Jumamuratov, D., Kudaybergenov, A.](#) Mathematical Models for Calculation of Limits in Water Resources Management in Irrigation Systems. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУМЕРНОГО НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ

Сейтов А.Ж.¹, Хайдарова Р.Д.², Кодиров М.Т.¹, Сафаров М.А.¹

¹Национальный Университет Узбекистана имени Мирза Улугбека

²Термезский Государственный Университет

В связи с широким развитием численных методов решения сложных математических задач при помощи современных компьютерных технологий появилась реальная возможность получать конкретные качественные и количественные характеристики различных сложных динамических процессов. В данной работе, при моделировании неустановившегося движения водного потока в водохозяйственных объектах, учитывается двумерное течение потока в пространстве, обеспечивающее улучшение

качественных и количественных характеристик объектов, а также выбор наилучших их параметров объектов для проектирования и эксплуатации.

Двумерное уравнение Сен-Венана, описывающее неустановившееся течения воды в открытых руслах [1,2], в векторно-матричной форме имеет вид

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \mathbf{A} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial x} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial y} + \mathbf{D} = 0, \quad (x, y) \in \Omega \quad (1)$$

где $\mathbf{U} = \{h, p, q\}$,

Для однозначности решения данного уравнения необходимо задать начальные и граничные условия. Начальные условия характеризуют движение потока воды в какой-то момент времени t_0 , принимаемой за начальное движение.

$$\mathbf{U}(x, y, t_0) = \mathbf{U}_0(x, y), \quad (x, y) \in \Omega, \quad (2)$$

где $\mathbf{U}_0(x, y)$ – заданные функции распределения глубины и расходов потока воды, Ω – двумерная область определения переменных.

Будем считать границу $d\Omega$ области Ω , состоящей из жидких и непроницаемых твердых частей, т.е. $d\Omega = \{d\Omega_{ж}, d\Omega_{т}\}$, причем эти части границы могут состоять из нескольких отрезков.

Граничные условия для жидкой части задаются как изменение глубины или расхода воды

$$h_i(x, y, t) = H_i(t), \quad q_i(x, y, t) \cos \alpha + p_i(x, y, t) \sin \alpha = Q_i(t), \quad (3)$$

$$\alpha = (\hat{n}, \hat{Ox}), \quad (x, y) \in d\Omega_{ji}, \quad i = 1, n_{ж},$$

где $q_i(x, y, t)$ и $p_i(x, y, t)$ неизвестные продольные и поперечные составляющие расходы потока воды, $H_i(t)$ и $Q_i(t)$ – заданные функции изменения глубины и расходов потока воды на соответствующей жидкой части, α – угол между нормалью к границе и осью x .

На твердой части границы задается в виде

$$q_i(x, y, t) \cos \alpha + p_i(x, y, t) \sin \alpha = 0, \quad \alpha = (\hat{n}, \hat{Ox}), \quad (x, y) \in d\Omega_{ti} \quad i = 1, n_{т}. \quad (4)$$

Производя разностную аппроксимацию уравнения (1) по времени, линеаризуя коэффициенты уравнения методом квазилинеаризации и учитывая непрерывность параметров потока воды, после несложных преобразований получим уравнение

$$\mathbf{E}^k \frac{\partial \mathbf{U}^{k+1}}{\partial x} + \mathbf{F}^k \frac{\partial \mathbf{U}^{k+1}}{\partial y} + \mathbf{G}^k \mathbf{U}^{k+1} = \mathbf{R}^k, \quad k=1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

где матрицы $\mathbf{E}^k$, $\mathbf{F}^k$, $\mathbf{G}^k$ и $\mathbf{R}^k$ определяются следующим образом

$$\mathbf{E}^k = \mathbf{A}^k + \left(\mathbf{A}_U^k - \mathbf{U}^k \right) + \frac{1}{2} \mathbf{A}_U^k \mathbf{U}^k, \quad \mathbf{F}^k = \mathbf{B}^k + \left(\mathbf{B}_U^k - \mathbf{U}^k \right) + \frac{1}{2} \mathbf{B}_U^k \mathbf{U}^k, \quad (6)$$

$$\mathbf{G}^k = \frac{1}{2} \mathbf{A}_U^k \frac{\partial \mathbf{U}^k}{\partial x} + \frac{1}{2} \mathbf{B}_U^k \frac{\partial \mathbf{U}^k}{\partial y} + \mathbf{D}_U^k + \frac{1}{\tau}, \quad \mathbf{R}^k = \left(\mathbf{D}_U^k + \frac{1}{\tau} \right) \mathbf{U}^k - \mathbf{D}^k$$

$$\text{Здесь } \mathbf{A}_U^k = \left(\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k, \quad \mathbf{B}_U^k = \left(\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k, \quad \mathbf{D}_U^k = \left(\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k.$$

Таким образом, мы получили на каждом шаге уравнение для неизвестных векторов $\mathbf{U}^{k+1}$ на основе данных предыдущего шага. Начальные и граничные условия тоже дискретизируются по времени.

Приближенное решение $\mathbf{U}^{k+1}(x,y)$ ищется в виде

$$\mathbf{U}_{N_i}^{k+1}(x,y) = \sum_{i=1}^{N_i} \mathbf{Q}_i \varphi_i(x,y), \quad (7)$$

где $\mathbf{Q}_i$ – вектор-матрица неизвестных коэффициентов и количество функции в аппроксимациях элементов области определения переменных и $\varphi_i(x,y)$ – линейные или квадратичные базисные функции на треугольнике и четырехугольнике [3,4].

Для определения коэффициентов $\mathbf{Q}_i$ во внутренних точках области определения переменных используется система уравнений

$$\sum_{i=1}^{N_i} \mathbf{Q}_i \int_{\Omega_j} \left(\mathbf{E}^k \frac{\partial \varphi_i(x,y)}{\partial x} + \mathbf{F}^k \frac{\partial \varphi_i(x,y)}{\partial y} + \mathbf{G}^k \varphi_i(x,y) - \mathbf{R}^k \right) dx dy = 0, \quad j=1,2,\dots,N \quad (8)$$

Результаты моделирования двумерного водного потока с использованием выше указанного метода проиллюстрируем на примере русла реки и фигурного отстойника.

Нами были промоделированы на компьютере двумерное неустановившееся движение воды для следующих случаев.

Пример 1. Русло реки со сложными геометрическими формами (рис.1). Участок русла реки разбит на треугольные элементы, которые удобны для аппроксимации сложных областей. Начальные условия по всему руслу приняты такие, что расход равен воды нулю и глубина 3,0 м. Здесь имеются четыре жидкие границы, в двух задаются изменения расхода воды 1000 и 160 м³/с, а в остальных двух задаются горизонты воды равным 3,0 м.

На рис.1. показаны эпюры скоростей, свободной поверхности потока и направление скоростей водного потока через 15 часов после начала процесса. Из эпюры скоростей видны, те места, где имеются большие скорости, т.е. места смыва, а где меньшие скорости-места заиления.

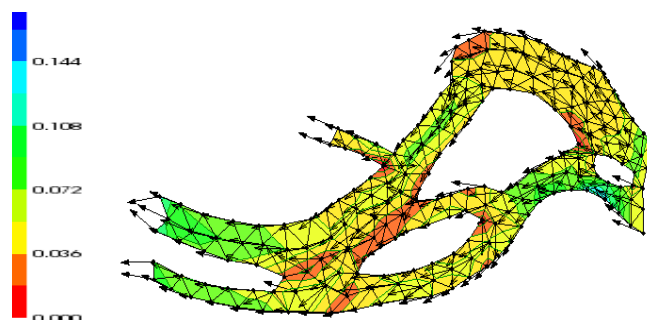


Рис. 1. Русло реки со сложными геометрическими формами

Из эпюры скоростей видно, что скорости уменьшаются с расширением ширины русло отстойника и самые низкие скорости будут в середине

сужающейся части отстойника, что позволяет определить самые уязвимые места заиливания отстойника.

Таким образом, использование метода конечных элементов для моделирования водного потока, учитывающего многомерность параметров водохозяйственных объектов в пространстве, дает возможность моделирования на компьютере динамики переходных процессов водных ресурсов и определения качественных и количественных характеристик потока воды по длине, ширине русла реки и участка канала, а также позволяет определить проектные параметры новых сооружений в них и улучшить эксплуатационные параметры уже имеющихся гидротехнических сооружений, в каналах, русла рек и других водохозяйственных объектах.

Литература

[1] Н.Е.Вольцингер, Р.В.Пясковский. Основные океанологические задачи теории мелкой воды. Л. Гидрометиздат, 1968, – 300 с.

[2] Кюнж Ж.А., Холли Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 253 с.

[3] Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. М. Наука, 1981. – 416 с.

[4] Треногин В.А. Функциональный анализ. М. Наука, 1980. – 495 с.

СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

¹*Сиддиков И.Х., ²Усанов М.М*

¹*ТГТУ имени И.Каримова*

²*ТИТЛП;*

e-mail: isiddikov54@gmail.com, usanov6063334@gmail.com.

Проблема управления параметрический и структурно неопределенными объектами при наличии внешних возмущений была и остается одной из актуальных задач в теории управления. Например, структурная неопределенность может возникать при решении задач математической физики, когда дифференциальное уравнение в частных производных заменяется системой n уравнений в обыкновенных производных. Таким образом, число уравнений n определяет порядок объекта управления. В процессе исследования модель объекта управления может уточняться, следовательно, будет меняться и ее порядок.

В большинстве случаев практической реализации систем автоматического управления сложными техническими объектами блок нечеткого управления выполняется как надстройка над PID-регулятором, регулируя нужным образом ограниченное число его параметров. Определено, что при создании системы управления с большим количеством параметров блок нечеткого управления должен быть включен непосредственно в контур управления (Рис 1).

Такой способ включения блока нечеткого управления повышает

интеллектуальность системы, но при этом возникают проблемы снижения качества нечеткого логического вывода и оперативности управления. Для решения этих проблем необходимо развитие методологического аппарата нечеткого управления с целью его использования для построения систем управления сложными объектами более широкого класса, чем те, к которым он применяется в настоящее время.

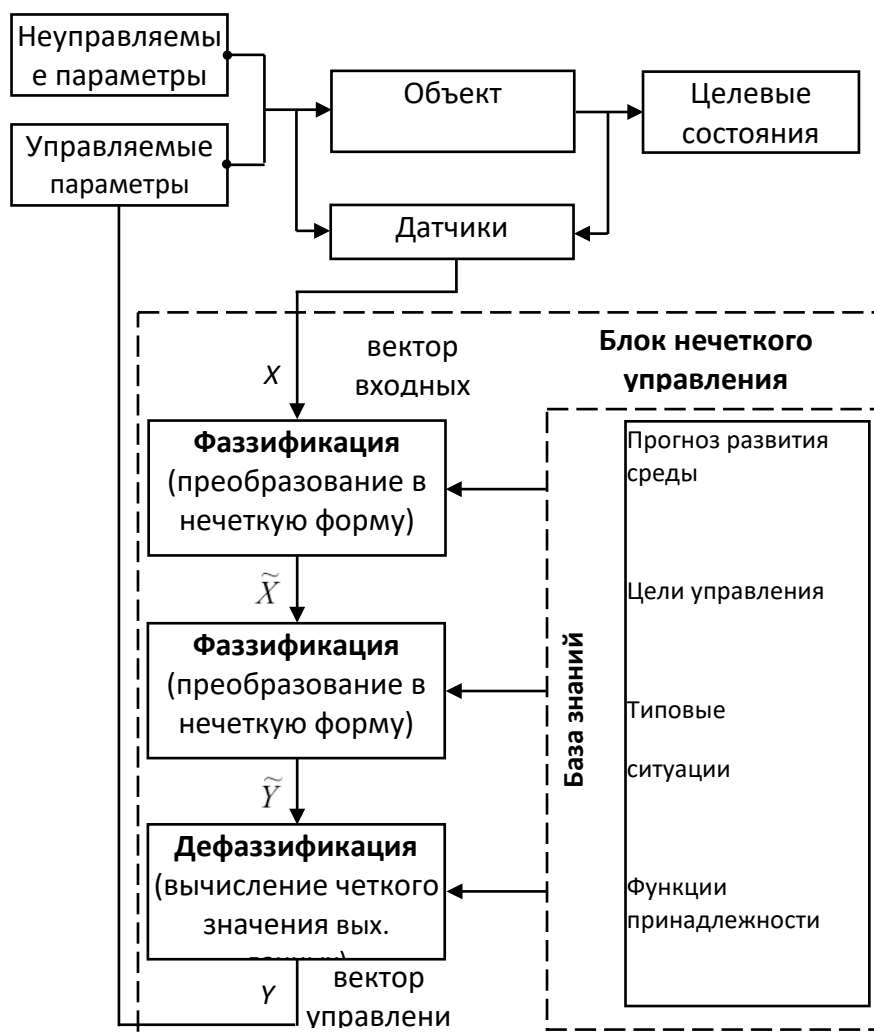


Рисунок 1—Обобщенная схема интеллектуальной системы управления с блоком нечеткого управления

Построение адекватной модели при большом количестве входных параметров требует большого объема базы нечетких знаний, количество продукционных правил в которой экспоненциально возрастает с увеличением входов модели, что снижает качество нечеткого логического вывода. Определено, что в этом случае на этапе генерации базы знаний, состоящей из нечетких логических правил, целесообразно использовать ситуационный подход и оперировать не конкретными параметрами системы, а классами ее состояний, что должно привести к уменьшению объема базы знаний, и, как следствие, к повышению точности управления.

Основными этапами реализации ситуационного подхода являются: распознавания ситуации, выбор решения, формирование управляющего воздействия.

Для распознавания ситуации, в которой находится объект управления в качестве меры близости выбрана степень нечеткого включения входной нечеткой ситуации $\tilde{S}_0$ в каждую из типовых нечетких ситуаций $\tilde{S}_i$.

Для использования в работе выбрана нечеткая ситуационная модель типа «ситуация–стратегия управления–действие» (С-СУ-Д), т.к. такие модели менее критичны к качеству экспертной информации. При таком подходе предполагается хранение только набора типовых ситуаций $S = \{\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_N\}$ и степеней предпочтения $\mu(\tilde{S}_i, R_j)$ соответствующих управляющих решений R_j , которые можно представить в виде нечеткой ситуационной сети (НСС). Выбор решения в модели С-СУ-Д разбивается на два этапа: постановка цели (целевой ситуации) и построение стратегии управления, которая задает последовательность переходов по НСС, соответствующую оптимальному переводу объекта управления в целевое состояние.

Стратегия управления в данном случае определяется исходя из анализа степеней предпочтения управляющих решений. При этом важно, чтобы степени предпочтения управляющих решений, приводящих в целевую ситуацию, были выше степеней предпочтения управляющих решений, переводящих объект в любую другую ситуацию.

Список литературы

- [1] Siddikov I.KH., Khalmatov D.A., Khuzhanazarov U.O., Alimova G.R. System of analytical control and control of technological parameters of cotton-cleaning production // “Chemical technology. Control and management” International scientific and technical journal 2020, №5-6 (91) – pp. 134-140.
- [2] Бураков М.В., Коновалов А.С. Синтез нечетких логических регуляторов //Обработки информации и управление. 2011.№1. –С. 22-27.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК.

¹Сулюкова Л.Ф., ²Ахмеджанова З.И.

¹НИУ «ТИИМСХ»;

²Самаркандский филиал ТУИТ имени Мухаммада ал-Хорезми;
e-mail: slf72@yandex.com, zarrina92@inbox.ru.

Сельское хозяйство в настоящее время претерпевает значительное развитие, где внедряются более совершенная техника, а также информационные технологии. Тем не менее, биологический и динамический характер сельскохозяйственных операций вместе с опытом менее широкого признания пользователей препятствуют интеграции современных систем управления автотранспортом в сельскохозяйственную сферу.

Разработка модели управления автопарком в сельском хозяйстве включает в себя поддержку принятия решений и оптимизацию операций, выполняемых парком сельскохозяйственных машин (неавтономных или автономных). Обобщенное понятие управления автопарком сможет решить ряд проблем, стоящих перед фермерами или компаниями, занимающимися транспортировкой сельскохозяйственных грузов.

Разработка оптимального маршрута грузоперевозки является важнейшей задачей. Маршрут создается в результате сравнительного анализа всех возможных транспортных путей. При его составлении учитываются: пункт отправки и назначения; сроки доставки; стоимость перевозки; грузоподъемность транспортных средств.

Постановка задачи и математическая модель.

Рассмотрим задачу формирования транспортных маршрутов в следующей упрощенной постановке. Грузоперевозка осуществляется одним транспортным средством (ТС). Необходимо найти маршрут, обеспечивающий минимальные затраты времени и себестоимости выполнения заявок.

Исходные параметры:

n – число пунктов доставки, источник (база) имеет нулевой номер;

$c_{ij}, i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}$ – затраты на перемещение из i -го пункта в j -ый;

$a_j, j = \overline{1, n}$ – потребность в товарах в пунктах доставки;

v – грузоподъемность ТС.

Критерий оптимальности:

Принимаем критерий минимизации себестоимости перевозок при максимальной загрузке транспортного средства и прицепа с выполнением условия:

$$F(\overline{x}) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Параметры управления:

$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если из } i - \text{го пункта осуществляется переход в } j - \text{й пункт,} \\ 0, \text{ иначе, } i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}. \end{cases}$

$x_{ijk} = \begin{cases} 1, \text{ если из } i - \text{го пункта осуществляется переход в } j - \text{й пункт} \\ \text{на } k - \text{ом маршруте;} \\ 0, \text{ иначе, } i = \overline{0, n}; j = \overline{0, n}; k = \overline{1, n}; \end{cases}$

$u_i, i = \overline{0, n}$, – параметр отсутствия подциклов.

Ограничения:

Маршрут из i -го пункта в j -ый:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^n x_{ijk}, i = \overline{1, n}, j = \overline{0, n}. \quad (2)$$

Выход из каждого пункта только один раз, исключая базу:

$$\sum_{j=0}^n x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Вход в каждый пункт только один раз:

$$\sum_{i=0}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Выйти и войти в пункт p необходимо на одном и том же маршруте:

$$\sum_{j=0}^n x_{pjk} = \sum_{j=0}^n x_{ipk}, \quad p = \overline{1, n}, k = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Не более одного маршрута в каждом k -ом слое матрицы переходов. В случае если маршрут пустой, или проходит через 0-ой пункт:

$$\sum_{j=0}^n x_{0jk} \leq 1, \quad k = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Ограничение по грузоподъёмности ТС:

$$\sum_{j=0}^n a_j \sum_{i=0}^n x_{0jk} \leq v, \quad k = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Условие отсутствия подциклов, не проходящих через нулевой пункт:

$$u_i - u_j + (n + 1)x_{ij} \leq n, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Условие целочисленности:

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, x_{ijk} \in \{0, 1\}, u_i \in N, i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}, k = \overline{1, n}. \quad (9)$$

Для решения задачи применяется модификация алгоритма Литла метода ветвей и границ.

Точные, а также эвристические и приближенные методы решения задач этого класса и исследование свойств допустимых и оптимальных маршрутов позволяют разработать алгоритмы исключения. Проведение оценки позволяют оценить точность приближенных решений в условиях решения задач большой размерности, а также установить факт несовместности системы ограничений на ранних этапах решения.

Литература

[1] Трифонов Ю.В., Громницкий В.С., Золотов М.Ю. Оптимизация решений в сфере транспортно-логистического менеджмента// Вестник Нижегород-ского университета, 2011, № 5 (2). С. 211-214.

[2] Герами В.Д. Городская логистика. Грузовые перевозки: учебник для вузов/ Герами В.Д., Колик А.В. Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 343 с.

[3] Григорьев М.Н. Коммерческая логистика: теория и практика : учебник для вузов / М. Н. Григорьев, В. В. Ткач, С. А. Уваров. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 507 с.

[4] Vehicle Routing and Travelling Salesperson Problems. URL: <http://www.sintef.no/static/am/opti/projects/top/vrp/index.html>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ СТАНКА С ЧПУ

¹Сулюкова Л.Ф., ²Джумаев С.Н.;

¹НИУ «ТИИМСХ»;

²Самаркандский филиал ТУИТ;

e-mail: slf72@yandex.com, sindordjumayev@gmail.com

В последние годы, с требованием интеллектуального режима производства, разработанного на основе концепции CPS (киберфизических систем), появление технологии цифровых двойников (ЦД) обеспечивает эффективное решение для интеграции физического мира и мира информации. ЦД — это полный виртуальный прототип всей системы, который может в режиме реального времени отражать весь жизненный цикл физического устройства или продукта. С помощью ЦД интегрируются требования нескольких инженерных дисциплин, а моделирование на системном уровне и принятие самостоятельных решений могут выполняться на основе картографических данных в реальном времени на протяжении всего жизненного цикла изделия.

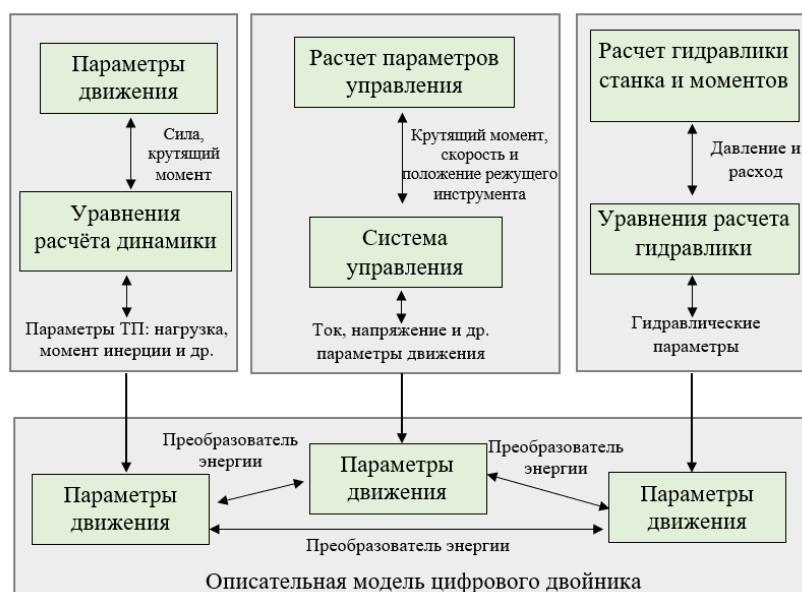
Цифровой двойник (ЦД) станка — это виртуальное представление станка, связанное с виртуальным элементом управления, на который подаются реальные параметры функционирования. Это выводит модельное и параметрическое моделирование на новый уровень, поскольку можно оптимизировать и проверить настройки станка более точно.

Как правило, САМ-системы и постпроцессоры не имеют каких-либо непосредственных сведений о машине, таких как кинематика, доступные G-коды или изменение параметров кем-либо. Моделирование на основе САМ или общие пакеты моделирования G-кода не могут показать, как эти изменения повлияют на программу или время цикла, потому что нет цифрового двойника ЧПУ или прямой связи с конкретным контроллером станка.

Настройки САМ или моделирование G-кода осуществляется вручную, поэтому во многих случаях программа не оптимизирована или не использует преимущества многих современных функций программирования, программы часто не оптимизированы для станков или инструментов. Например, оператор может запускать инструменты с более низкими скоростями подачи, возможно, из-за опасений по поводу запуска станка на запрограммированных скоростях подачи. Это приводит к потере времени, снижению производительности и низкой эффективности. С другой стороны, виртуализация может обеспечить взаимодействие между ЧПУ и САМ-системой. Создание виртуальной среды реального технологического процесса (ТП), выходит за рамки простого моделирования, поскольку в основе лежит кинематика станка и реальные параметры ЧПУ.

Станок с ЧПУ состоит из множества взаимодействующих частей, таких как шпиндель, режущие инструменты, система подачи, гидравлическая система, электрическая система управления, система управления и тому

подобное. Следовательно, необходим многодоменный метод построения цифровой модели. При использовании диагностики и прогнозирования на основе модели ошибка будет обнаружена в одном компоненте или в других частях, которые влияют на этот компонент, если измеренное или вычисленное значение выходит за пределы допустимых.



Структура моделирования цифрового двойника

Как показано на рисунке, структура ЦД содержит физическое пространство, цифровое пространство и связь между ними.

- В физическом пространстве рабочее состояние устройства собирается системой управления с помощью различных типов датчиков, таких как датчик температуры, датчик давления, датчик скорости и т.д.
- В цифровом пространстве ЦД состоит из описательной и интеллектуальной моделей. Основная функция описательной модели состоит в том, чтобы описать геометрический, физический и электрический характер технологической системы. Интеллектуальная модель ЦД сохраняет и анализирует данные о рабочем состоянии, а затем принимает решение с использованием алгоритма машинного обучения.

Цифровой двойник – это законченный, индивидуальный прототип всей системы, новая эра в моделировании и симуляции. В настоящее время многодоменное моделирование и методы имитации состоят из программного интерфейса, архитектуры высокого уровня (HLA) и UML (унифицированного языка моделирования). ЦД позволяют тестировать программы в виртуализированной среде. Виртуальный ЧПУ точно следует фактическим запрограммированным траекториям ТП, а также определяет реальное время цикла. При подключении к виртуализированному станку, который точно соответствует кинематике, цифровой двойник обеспечивает точную проверку без прерывания текущего производственного процесса.

Список литературы:

- [1]. Сулюкова Л.Ф., Якубжанова Д.К., Джумаев С.Н.. К вопросам применения технологий Smart Design при управлении технологическими процессами и производствами. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий. 2(2). 2022. С. 62-70.
- [2]. Tao F., Zhang M., Liu Y. Digital twin driven prognostics and health management for complex equipment./ Cirp. Ann. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.04.055>
- [3]. Weichao L., Tianliang H., Yongli W. Digital twin for CNC machine tool: modeling and using strategy/ Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Springer. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0946-5>

КВАДРАТ НОРМЫ ФУНКЦИОНАЛА ПОГРЕШНОСТИ ВЕСОВЫХ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ В ПРОСТРАНСТВЕ СОБОЛЕВА

¹Тошбоев О.Н., ²Хакимова И.К., ¹Ёкубов А.Х.

¹Ферганский государственный университет, Фергана, Узбекистан

²Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент
Узбекистан

e-mail: otoshboyev@bk.ru

Исторически задача Абеля (1823 г.) представляет первую задачу, которая привела к необходимости рассмотрения интегральных уравнений. Задача Абеля состоит в следующем. Материальная точка под действием силы тяжести движется в вертикальной плоскости по некоторой кривой. Требуется определить эту кривую так, чтобы материальная точка, начав свое движение без начальной скорости в точке кривой достигла некоторой оси за определенное время. Интегральное уравнение Абеля в общем случае не имеет классического решения, так как это решение в начале координат не является гладкой функцией и имеет особенность степени меньшего единицы. Поэтому встает вопрос как получить непрерывно дифференцируемое решение этого уравнения. Чтобы получить гладкое решение этого уравнения мы регуляризуем этого уравнения при помощи сингулярное возмущенного интегро-дифференциального уравнения первой степени, причем это уравнение является также уравнением второго рода. Решение последнего уравнения решается методами погранфункций и фиктивного параметра. В результате чего решение исходного уравнения Абеля приближается непрерывно дифференцируемой функцией, которая не имеет в начале координат особенность по независимой переменной.

Рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_t^1 \frac{\varphi(x)dx}{(x-t)^{1-\alpha}} \cong \sum_{\beta=0}^N \sum_{v=0}^p C_{\beta}^{(v)} \varphi^{(v)}(x_{\beta}) \quad (1)$$

Следующая разность называется погрешности квадратурный формула (1)

$$(\ell, \varphi) = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\varepsilon_{[t,1]}(x)}{(x-t)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N \sum_{v=0}^p (-1)^{(v)} \delta(x-x_{\beta}) \right) \varphi(x) dx. \quad (2)$$

в пространстве Соболева $L_2^{(m)}(t,1)$.

Здесь $\varphi(x) \in L_2^{(m)}(t,1)$, произвольное конечное число, $h = \frac{1-t}{N}$, N - натуральное число, $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака, $\varepsilon_{[t,1]}(x)$ - характеристическая функция отрезка $[t,1]$, C_{β} - коэффициенты квадратурных формул и $C_{\beta} = 0$, $x_{\beta} \notin [t,1]$, $0 < \alpha < 1$.

Легко проверить что функционал $\ell(x)$ выражается следующим образом

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[t,1]}(x)}{(x-t)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N \sum_{v=0}^p (-1)^{(v)} C_{\beta}^{(v)} \delta(x-x_{\beta}). \quad (3)$$

Так, как $\ell(x)$ определен на пространстве Соболева $L_2^{(m)}(t,1)$ необходимо

$$(\ell, x^{\alpha}) = 0, \quad \alpha = 0, 1, \dots, m-1. \quad (4)$$

Напомним, что выполнения равенство (4) означает что наша квадратурная формула (1) будить точно для многочленов степени $m-1$. Основным результатом настоящей работы является следующая теорема.

Теорема. Квадрат нормы функционала погрешности оптимальной квадратурной формулы (1) на пространстве Соболева имеет вид

$$\begin{aligned} \|\ell\|_{L_2^{(m)*}}^2 = & (-1)^m \left[\sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N \sum_{v=0}^p \sum_{v'=0}^p C_{\beta}^{(v)} C_{\gamma}^{(v')} (-1)^{(v)} G_m(x_{\beta} - x_{\gamma}) - \right. \\ & \left. - 2 \sum_{\beta=0}^N \sum_{v=0}^p (-1)^{(v)} C_{\beta}^{(v)} f_m^{(v)}(\beta) + \int_t^1 \int_t^1 \frac{(x-y)^{2m-1} \text{sign}(x-y)}{2(2m-1)!(x-t)^{1-\alpha}(y-t)^{1-\alpha}} dx dy \right]. \quad (5) \end{aligned}$$

КОМПАКТНЫЕ РАЗНОСТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ВЛАГОПЕРЕНОСА

¹Утебаев Д., ²Тлеуов К.О., ¹Хайбуллаева Ф.Х.

¹Каракалпакский государственный университет

² Нукусский филиал ТУИТ имени Муаммада ал-Хоразми

e-mail: dutebaev_56@mail.ru, quwat80@mail.ru

Прикладные задачи гидрогеологии, математической биологии, экологии, строительной физики, управления и т.п. относятся к области тепловлагопереноса. Их математические модели в большинстве случаев приводят к обобщенному нестационарному уравнению Аллера-Лыкова с локальными и нелокальными краевыми условиями [1], [2].

В данной работе на основе общих результатов теории разностных схем анализируются разностные схемы повышенной точности для решения обобщенного уравнения влагопереноса Аллера-Лыкова. Начально-краевая

задача первого рода для этого уравнения аппроксимируется методом конечных разностей.

В замкнутой области $\bar{Q}_T = \{(x, t), 0 \leq x \leq l, 0 < t \leq T\}$ рассмотрим уравнение влагопереноса

$$\theta \frac{\partial u}{\partial t} + \rho \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = Lu + \mu \frac{\partial}{\partial t}(Lu) + f(x, t), \quad (x, t) \in Q_T, \quad (1)$$

с краевыми

$$u(0, t) = \mu_1(t), \quad u(l, t) = \mu_2(t), \quad t \in (0, T], \quad (2)$$

и начальными условиями:

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = u_1(x), \quad x \in \bar{\Omega}. \quad (3)$$

Здесь $Lu = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $Q_T = \bar{Q}_T \cap \Gamma$, θ, ρ, μ - положительные постоянные.

Уравнение (1) аппроксимируем сначала по пространственным переменным. Для этого введем в $\Omega = \{x: 0 \leq x \leq l\}$ равномерную сетку $\bar{\omega}_h = \{x_i = ih: i = 0, 1, 2, \dots, N; h = l/N\}$ с шагом $h = l/N$. Тогда аппроксимируя уравнения (1) по x , получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$D \frac{d^2 u_h(t)}{dt^2} + B \frac{du_h(t)}{dt} + Au_h(t) = f_h(t), \quad (4)$$

$$u_h(0) = u_{0,h}, \quad \frac{\partial u_h}{\partial t}(0) = u_{1,h}, \quad (5)$$

где $D = \rho E$, $B = \theta E - \mu \Lambda$, $A = -\Lambda$, $\Lambda y = y_{\bar{x}\bar{x}}$, $y_{\bar{x}\bar{x}} = (y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1})/h^2$, y аппроксимирует u в фиксированном узле $x_i = ih$, $u_{0,h} = P_h u_0(x)$, $u_{1,h} = P_h u_1(x)$ - интерполянт начальных условий, P_h - оператор проектирования, $P_h: H_h \rightarrow H_h$ и $f_h(t) = P_h f(x, t)$. Здесь H_h - пространство дискретных функции u_h , аппроксимирующие H . Скалярное произведение и норма в H_h

определяются в виде $(u, \vartheta) = \sum_{i=1}^{N-1} u_i \vartheta_i h$, $\|u\|_0^2 = (u, u)$. Краевые условия

аппроксимируются точно. Разностные операторы B и A аппроксимируют дифференциальные операторы $\theta E + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ и $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ соответственно, со вторым порядком погрешности аппроксимации.

Пусть дискретная функция y аппроксимирует $u_h \in H_h$. Введем по t равномерную сетку $\bar{\omega}_\tau = \{t_n = n\tau: n = 0, 1, 2, \dots; \tau > 0\}$. Задачу (4), (5) аппроксимируем разностной схемой

$$Dy_{\bar{t}\bar{t}} + By_{\bar{t}} + Ay = \varphi, \quad y^n \in H_h, \quad (6)$$

$$y^0 = u_{0,h}, \quad y^1 = y^0 + \tau u_{1,h}(x_i) + 0.5\tau u_{0,\bar{x}\bar{x},h}(x_i), \quad x_i \in \omega_h. \quad (7)$$

где $y_{\bar{t}} = (y^{n+1} - 2y^n + y^{n-1}) / \tau^2$, $y_{\bar{t}} = (y^{n+1} - y^{n-1}) / (2\tau)$, $y^n = y(t_n)$,
 $y^{n+1} = y(t_n + \tau)$, $y^{n-1} = y(t_n - \tau)$.

Схема (6), (7) имеет второй порядок погрешности аппроксимации, т.е. $\psi = O(\tau^2 + h^2)$.

Из (6) на основе формулы разложения Тейлора после элементарных преобразований, получим разностную схему

$$\tilde{D}y_{\bar{t}} + \tilde{B}y_{\bar{t}} + \tilde{A}y = \tilde{\varphi}, \quad y^n \in H_h, \quad (8)$$

где $\tilde{D} = \theta E - \mu \Lambda + \theta \frac{h^2}{12} \Lambda$, $\tilde{B} = \rho \left(E + \frac{h^2}{12} \Lambda \right)$, $\tilde{A} = -\Lambda$, $\tilde{\varphi} = f + \frac{h^2}{12} \Lambda f$.

Пусть погрешность схемы $z = y - u$. Тогда подставляя $y = z + u$ в разностную схему (7), (8) получим задачу для погрешности аппроксимации

$$\tilde{D}z_{\bar{t}} + \tilde{B}z_{\bar{t}} + \tilde{A}z = \psi, \quad z \in H_h, z^0 = 0, \quad z^1 = \tau u_{1,h}(x_i), \quad x_i \in \bar{\omega}_h,$$

где $\psi = O(\tau^2 + h^4)$. Следовательно, имеет место следующая теорема.

Теорема. Пусть выполнено условие устойчивости $\mu < \tau^2 + \frac{\theta h^2}{12}$. Тогда,

решение разностной схемы (7), (8) сходится к решению исходной задачи (1)-(3) и имеет второй порядок точности по времени и четвертый порядок точности по пространству, т.е. имеет место оценка точности

$$\|y(x_i, t_n) - u(x_i, t_n)\| \leq M(\tau^2 + h^4), \quad (x_i, t_n) \in \bar{\omega} = \bar{\omega}_h \times \bar{\omega}_\tau.$$

Таким образом, в данной работе на основе метода конечных разностей разработан и исследован численный метод высокой степени точности решения первой краевой задачи для обобщенного уравнения Аллера-Лыкова. Доказаны устойчивость и сходимости построенных разностных схем и на их основе получены оценки точности. Отметим, что в условии устойчивости (20) нет ограничения между временной и пространственной шагами, присущих к разностным схемам для гиперболических уравнений.

Литература

- [1]. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло и массопереноса. Москва-Ленинград: Госэнергоиздат, 1963. – 537 с.
- [2]. Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их применение. М.: Наука, 2012. – 232 с.

О СХОДИМОСТИ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ ОДНОГО УРАВНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЛН ЖИДКОСТИ

Д. Утебаев, Р.Ш. Ярлашов, Ж.И. Наубетуллаев

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

e-mail: dutebaev_56@mail.ru, rinat030391@mail.ru.

Современные прикладные задачи требуют созданию более точных численных алгоритмов. Особенно они проявляются при исследовании сложных нестационарных процессов, например, как краевые задачи для линейных дифференциальных уравнений в частных производных Соболевского типа, неразрешенные относительно старшей производной по времени. Изучение таких уравнений началось с работ С.Л. Соболева. Они появляются при решении задач геофизики, океанологии, физики атмосферы, физики магнитоупорядоченных структур, физики плазмы, физики полупроводников, в задачах связанные с распространением волн в средах с сильной дисперсией и многие другие [1], [2].

В данной работе рассматриваются вопросы построения и исследования разностных схем метода конечных элементов для одного уравнения теории волн. Начально-краевая задача сначала аппроксимируется по пространственным переменным на основе метода конечных элементов, и далее полученная система обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка большой размерности также аппроксимируется методом конечных элементов. Получены теоремы устойчивости и сходимости построенных схем.

В области $\bar{Q}_T = \{(x, t) : x \in \bar{\Omega}, t \in (0, T]\}$ рассмотрим уравнение [3]

$$\frac{\partial}{\partial t} \Delta_3 u + \beta \frac{\partial}{\partial x_2} u = f(x, t), (x, t) \in Q_T = \{x \in \Omega, t \in (0, T]\}, \quad (1)$$

с начальным

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad x \in \bar{\Omega}, \quad (2)$$

и краевыми условиями первого рода

$$u(x, t) = \mu(x, t), \quad x \in \Gamma = \partial\bar{\Omega}, \quad t \in (0, T], \quad (3)$$

где $\Delta_3 = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}$ трехмерный оператор Лапласа, $\beta - const$, $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$

$Q_T = \bar{Q}_T \cap \{x = (0, l_k), k = 1, 2, 3\}$, $\Omega = \{x = (x_1, x_2, x_3) : 0 < x_k < l_k, k = 1, 2, 3\}$.

Задачу (1)–(3) аппроксимируем по пространственным переменным с помощью метода конечных элементов. В результате получаем задачу

$$D \frac{du_h(t)}{dt} + Au_h(t) = f_h(t), \quad u_h(0) = u_{0,h}, \quad (4)$$

где $u_h(t)$ – элемент конечномерного пространства $H_h \forall t$; D, A – операторы из H_h в H_h (им соответствуют матрицы массы и жесткости M, G).

Для решения задачи Коши (4) используем двухслойную трехпараметрическую схему метода конечных элементов, полученной в работе [4]:

$$D \frac{\hat{y}^- - y}{\tau} - \frac{\tau^2}{12} A \frac{\hat{\dot{y}}^- - \dot{y}}{\tau} + A \frac{\hat{y}^+ + y}{2} = \varphi_1, \quad \gamma D \frac{\hat{\dot{y}}^- - \dot{y}}{\tau} + \alpha A \frac{\hat{y}^- - y}{\tau} + \beta A \frac{\hat{\dot{y}}^+ + \dot{y}}{2} = \varphi_2, \quad (5)$$

где $\varphi_1 = \frac{1}{\tau} \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(t) dt$, $\varphi_2 = \frac{12}{\tau^3} \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(t) (s_1 \mathcal{G}_2^{(1)} + s_2 \mathcal{G}_2^{(3)}) dt$, $s_1 = 15\gamma - \frac{35}{3}\alpha$,
 $s_2 = 140\gamma - \frac{350}{3}\alpha$. Здесь y аппроксимирует $u_h(t)$.

Для реализации схемы (5) необходимо, кроме естественного условия $y^0 = u_0$, задавать $\dot{y}^0$. Для этого из уравнения (4) при $t=0$ определяем $\dot{u}_0 = D^{-1}(f^0 - Au_0)$ и задаем $\dot{y}^0 = \dot{u}_0$.

Погрешность аппроксимации схемы (5) на достаточно гладких решениях исходной задачи имеет вид

$$\psi_1 = \frac{\tau^4}{3840} D \bar{u}^{IV} + \frac{\tau^4}{720} A \bar{u}^{IV} + O(\tau^4), \quad \psi_2 = \frac{\tau^2}{24} [(\alpha + 3\beta - \gamma) A \ddot{\bar{u}} - (3\gamma - 2\alpha) \ddot{\bar{f}}] + O(\tau^4).$$

Доказана следующая основная теорема.

Теорема. Пусть операторы уравнения (4) $D^* = D > 0$, $A^* = -A$ и выполнены условия устойчивости схемы:

$$\alpha + \beta = \gamma, \quad \alpha > 0, \quad 0 < \beta \leq \alpha/(3\varepsilon), \quad \gamma > 0, \quad \alpha, \beta, \gamma = O(\tau^2).$$

Тогда для ее решения схемы (5), аппроксимирующего решения задачи (1)–(3) такого, что

$$u(x, t) \in L_2 \left\{ [0, T]; W_2^{k+1}(\Omega) \cap \overset{\circ}{W} \frac{1}{2}(\Omega) \right\}, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial t^4}(x, t) \in L_2 \left\{ [0, T]; W \frac{2}{2}(\Omega) \right\},$$

верна оценка точности

$$\sqrt{\int_0^t \|u(x, t') - y(x, t')\|_0^2 dt'} + \left\| \int_0^t [u(x, t') - y(x, t')] dt' \right\|_1 \leq \\ \leq M \left\{ \tau^4 \left(\|u(x, 0)\|_1 + \sqrt{\int_0^t \left\| \frac{\partial^4 u}{\partial t^4}(x, t') \right\|_2^2 dt'} \right) + h^k \left(\|u(x, 0)\|_k + \sqrt{\int_0^t \|u(x, t')\|_{k+1}^2 dt'} \right) \right\}.$$

Таким образом, в данной работе на основе метода конечных элементов разработан и исследован численный метод высокой степени точности решения первой краевой задачи для уравнения (1). Доказаны устойчивость и сходимость построенной разностной схемы и на их основе получена оценка точности.

Литература

- [1]. Габов С.А. Новые задачи математической теории волн. – М.: Наука, 1998. – 448 С.
- [2]. Свешников А.Г., Альшин А.Б., Корпусов М.О., Плетнер Ю.Д. Линейные и нелинейные уравнения соболевского типа. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 736 С.
- [3]. Москальков М.Н., Утебаев Д. Численное моделирование нестационарных процессов механики сплошной среды. – Ташкент, «Фан ва технология», 2012. – 160 с.
- [4]. Калиткин Н.Н., Альшин А.Б., Альшина Е.А., Рогов Б.В. Вычисления на квазиравномерных сетках. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 224 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ДЛЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Бегилев Б.Н.

*Нукусский филиал Ташкентского университета информационных
технологии имени Мухаммеда аль-Хорезмий
e-mail: bbegilov@gmail.com.*

Рассмотрим стохастическую модель отражающий процесс поиска наилучшего способа очистки с минимальными затратами, в который имеет следующий вид:

$$F(x, \theta) = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^N MA_{ki}(\theta) x_{ki} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N B_{kij} x_{ki} \leq C_{kj}, \quad k = \overline{1, L}; j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ki} = q_k, \quad k = \overline{1, L}, \quad (3)$$

$$x_{ki}^- \leq x_{ki} \leq x_{ki}^+, \quad k = \overline{1, L}; j = \overline{1, M} \quad (4)$$

$$A_{ki}(\theta) \geq 0, \quad k = \overline{1, L}, i = \overline{1, N}$$

Задача нестандартная поэтому приведем её к виду

$$F(x, \theta) = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^N MA_{ki}(\theta) x_{ki} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$-\sum_{i=1}^N B_{kij} x_{ki} \geq -C_{kj}, \quad k = \overline{1, L}; j = \overline{1, M}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ki} = q_k, \quad k = \overline{1, L}, \quad (7)$$

$$x_{ki}^- \leq x_{ki} \leq x_{ki}^+, \quad k = \overline{1, L}; j = \overline{1, M} \quad (8)$$

$$A_{ki}(\theta) \geq 0, \quad k = \overline{1, L}, i = \overline{1, N}$$

Составим функцию Лагранжа для задачи (1)-(4):

$$L(x, u) = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^N MA_{ki}(\theta) x_{ki} + \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^M (\sum_{i=1}^N B_{kij} x_{ki} - C_{kj}, u_{kj}) + \sum_{k=1}^L (q_k - \sum_{i=1}^N x_{ki}, u_k) \quad (9)$$

$$L(x, u) = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^N x_{ki} (MA_{ki}(\theta) + \sum_{j=1}^M B_{kij} u_{kj} - u_k) - \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^M C_{kj} u_{kj} + \sum_{k=1}^L q_k u_k$$

Отсюда получим двойственную задачу

$$Z(u) = - \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^M C_{kj} u_{kj} + \sum_{k=1}^L q_k u_k \rightarrow \max, \quad (10)$$

$$MA_{ki}(\theta) + \sum_{j=1}^M B_{kij} u_{kj} - u_k \geq 0, \quad (11)$$

или запишем в следующем виде

$$Z(u) = \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^M C_{kj} u_{kj} - \sum_{k=1}^L q_k u_k \rightarrow \min, \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^M B_{kij} u_{kj} - u_k \geq -MA_{ki}(\theta), \quad (13)$$

$$u_{kj} \geq 0, \quad u_k \geq 0, \quad k = \overline{1, L}; \quad j = \overline{1, M}$$

$$\max_{u \geq 0} L(x, u) = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^N MA_{ki}(\theta) x_{ki} = F(x, \theta)$$

$$\min_{x \geq 0} \max_{u \geq 0} L(x, u) = F(x^*, \theta)$$

x^* -решение задачи (1)-(4) имеет место $F(x, \theta) \geq Z(u)$, тогда докажем следующие теоремы.

Теорема 1. Если одна из двойственных задач (1)-(4), (6)-(7) имеет оптимальное решение, то двойственная ей задача также имеет оптимальное решение, причем экстремумы целевых функций равны, т.е.

$$F(x_{ki}^*) = Z(u_{kj}^*, u_k^*) \quad (14)$$

Теорема 2. Для того чтобы допустимые решение x_{ki}^* и u_{kj}^*, u_k^* двойственных задач были соответственно оптимальными решениями, необходимо и достаточно, чтобы для любого k, i, j выполнялось равенство

$$(C_{kj} - \sum_{i=1}^N B_{kij} x_{ki}) u_{kj} = 0 \quad k = \overline{1, L}; \quad j = \overline{1, M}, \quad (15)$$

$$(q_k - \sum_{i=1}^N x_{ki}) u_k = 0, \quad k = \overline{1, L}; \quad (16)$$

$$(MA_{ki}(\theta) + \sum_{j=1}^M B_{kij} u_{kj} - u_k) x_{ki} = 0 \quad (17)$$

Список литературы

- [1]. Н.У.Утеулиев. Стохастические модели и методы оптимизации природопользования. Монография. Ташкент-2019 г.
- [2]. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. - М.:Наука.1976.176с.

ЕРЛАРНИ ШЎРЛАНИШ ДАРАЖАСИ МОНИТОРИНГИ АСОСИДА ЭКИНЛАРНИ ЖОЙЛАШТИРИШНИНГ ЭКОЛОГИК-ИҚТИСОДИЙ МОДЕЛИ

Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Қутлымуратов Ю.Қ.

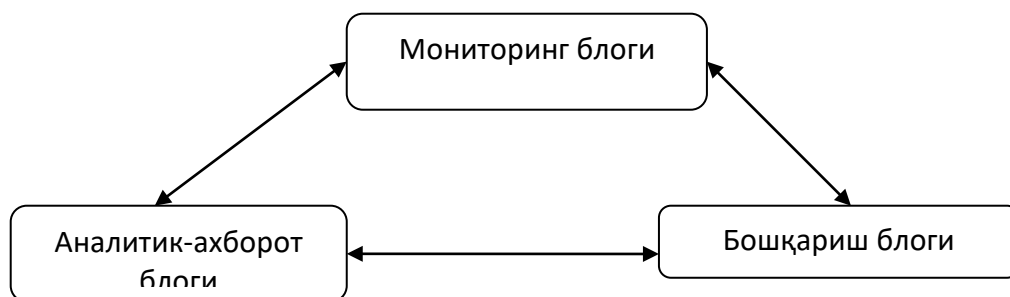
Тошкент ахборот технологиялари университети Нукус филиали

e-mail: q_yusup@mail.ru.

Бугунги кунда жаҳонда қишлоқ хўжалигида ресурсидан фойдаланиш мониторингини олиб бориш масаласи долзарб масалаларнинг бири бўлмоқда. Унга ИТ технологияларини қўлланиш зарурати ва уни ташкил қилиш масалалари олға сурилмоқда [2].

Республикада 2020 — 2030 йилларда аҳолини ва иқтисодиётнинг барча тармоқларини сув билан барқарор таъминлаш, суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш, сув хўжалигига бозор тамойиллари ва механизмларини ҳамда рақамли технологияларни кенг жорий этиш, сув хўжалиги объектларининг ишончли ишлашини таъминлаш ҳамда ер ва сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш мақсадида (...сув ресурсларини бошқариш тизимини такомиллаштириш, сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли ҳисобини юритишда «Smart Water» («Ақлли сув») ва шу каби рақамли технологияларни жорий қилиш) масалалари қаралган [1].

Қишлоқ хўжалигида сув ресурсидан фойдаланиш ва бошқариш структурасини келтирилиш асосида мониторинг ишлари олиб бориш кўйидаги 1-расмда келтирилган кўринишда режалаштирилади.



1-Расм. Сув ресурсидан фойдаланиш мониторингини юритишнинг функционалик ташкил қилиш таркиби

Экологик нуқтаи назардан минтақада мавжуд ерларга шундай экин турларини экиш тавсия қилиш керакки, бунда маълум экин турларини шу ернинг структураси, шўрланиш даражаси, ер ости сувларининг саткига яқинлиги ва ер ости сувларининг таркибининг ўзгаришига нисбатан танлаш ушбу минтақа учун самарали бўлсин. Яъни, экин турларининг шундай

жойлаштириш керакки қишлоқ хўжалигига таъсир этувчи омиллар устидан мониторинг ўтказиш орқали ташкил қилинишини талаб этади.

Қишлоқ хўжалик ишлаб чиқаришини жойлаштириш ва иқтисослаштиришнинг икки мезонли экологик-иқтисодий модели [3], [4] ишларда қаралган.

[4] ишга нисбатан ерларни шўрланиш даражасини ҳисобга олувчи λ ва химик ўғитларни фойдаланиш в.х. лардан тўпроқ таркибида сақланаётган зарарланиш моддаларнинг миқдори параметрларини киритамиз. Бу параметрлар Қорақолпоғистон Республикасида ерларнинг мелиоратив ҳолатини кўрсатувчи λ параметри, яъни ернинг шўрланиш даражаларини :

$\lambda=1$ - шўрланмаган;

$\lambda=2$ - кучсиз шўрланган;

$\lambda=3$ - ўртача шўрланган;

$\lambda=4$ - кучли шўрланган деб аниқлайди.

Ерларни шўрланиш даражаси мониторинги асосида экинларни жойлаштиришнинг икки мезонли экологик-иқтисодий модели қуйидагича шакллантирилади:

$$h_1 \rightarrow \max \quad (1)$$

(экин маҳсулотлари ҳажмини максимумлаштириш),

$$h_2 \rightarrow \min \quad (2)$$

(экинлар учун сув истеъмолини минимумлаштириш).

Моделнинг чегаравий шартлари қуйидагича бўлади:

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_i} \sum_{\lambda \in \Lambda} a_{ijk}^{\lambda} x_{ijk}^{\lambda} \geq A_j h_1, j \in J_1 \quad (3)$$

(экин маҳсулотларини ишлаб чиқариш),

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{k \in K_i} \sum_{\lambda \in \Lambda} \beta_{ijk}^{\lambda} x_{ijk}^{\lambda} \leq Q_i h_2, i \in I \quad (4)$$

(сув ресурсига бўлган чеклов),

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk}^{\lambda} \leq S_i^{\lambda}, i \in I, \lambda \in \Lambda \quad (5)$$

(ер ресурсларига бўлган чеклов)

Бу ерда моделнинг тулиқ вариантыга меҳнат ресурсларига, экологик ресурсларга, моддий ресурсларга бўлган чекловларни ҳам қўшич мумкин бўлади.

АДЕБИЁТЛАР

- [1]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон фармони.
- [2]. Ананьев М.А. Применение информационных технологий в АПК /М.А. Ананьев, Ю.В. Ухтинская. [Электронный ресурс] – URL: www.sisupr.mrsu.ru.
- [3]. Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Кутлымуратов Ю.К. Об одной двухкритериальной детерминированной эколого-экономической модели размещения и специализации сельскохозяйственного производства / Вопросы моделирования и информатизации экономики: Сб. науч. тр. –

Ташкент: ИК АН РУз, 1999. – вып. 18. – С. 46-53.

- [4]. Uteuliev, N.U., Qutlimuratov, Y.Q., Yadgarov, Sh.A. Using the methods and optimizing criteria in making the managing decisions of agricultural production//International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019.

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕКОРРЕКТНОЙ ЗАДАЧИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПО СЕМЕЙСТВУ ЛОМАНЫХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ТИХОНОВА

¹Утеулиев Н.У., ^{1,2}Пиримбетов А.О., ¹Даулетияров А.

¹Нукусский филиал ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий

²Национальный университет Узбекистана

e-mail: azik.8422@gmail.com

Во многих конкретных случаях найти решение задачи в явном виде не представляется возможным, так как оно не выражается через элементарные функции. Такие задачи можно решить лишь приближенно. Под вычислительными (численными) методами подразумеваются приближенные процедуры, позволяющие получать решение в виде конкретных числовых значений. Вычислительные методы, как правило, реализуются на ЭВМ. Для решения одной и той же задачи могут быть использованы различные вычислительные методы, поэтому нужно уметь оценивать качество различных методов и эффективность их применения для данной задачи.

Одной из основных проблем при решении задачи интегральной геометрии является построение аналитической формулы, выражающейся через заданные интегральные данные. В общем случае этот процесс требует создания специальных вычислительных алгоритмов, основанных на общей теории некорректных задач. В связи с этим целесообразно использовать метод регуляризации для построения устойчивых алгоритмов решения задачи. В работе [1] получено аналитическое представление решения рассматриваемой задачи интегральной геометрии в классе гладких конечных функций.

В работах [2,3] изучались задачи восстановления функции в полосе по известным интегралам от нее с заданной весовой функцией вдоль ломаных.

В данной работе изучается задача интегральной геометрии вольтерровского типа по семейству ломаных с весовой функцией. Учитывая, что при измерениях всегда присутствуют зашумленные интегральные данные, строится устойчивый алгоритм, основанный на идее Тихоновской регуляризации для численного решения задачи интегральной геометрии на семействе ломаных. Проведен численный эксперимент, получены результаты с достаточной точностью.

Литературы

- [1] Uteuliev, N.U., Djaykov, G.M., Pirimbetov, A.O. (2023). Modeling the Problem of Integral Geometry on the Family of Broken Lines Based

on Tikhonov Regularization. IHCI 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13741. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27199-1_41

[2] Uteuliev, N.U., Djaykov, G.M., Yadgarov, Sh.A.: Analytical and numerical reconstruction of internal structure of the objects in a family of straight-line segments. 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), pp. 1-4. (2019). <https://doi.org/10.1109/ICISCT47635.2019.9011979>.

[3] Бегматов А.Х., Пиримбетов А.О., Сеидуллаев А.К. Слабо некорректные задачи интегральной геометрии с возмущением на семействе ломаных // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – 2015. – Т. 15. – №. 1. – С. 5-12.

ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИНИ ЛОЙИХАЛАШНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ

¹Утеулиев Н.У., ²Орынбаев А.Б., ¹Ахунбетова З.Н.

¹Тошкент ахборот технологиялари университети Нукус филиали

²Тошкент ахборот технологиялари университети

e-mail: aymuratorinbaev@gmail.com

Айтайлик, электр тармоқлари M подстанциядан, H трансформатор ва K электр энергияси истеъмолчиларидан ташкил топган бўлсин. Масаланинг математик моделини тузишдан олдин қуйидагича белгилашлар киритамиз:

$m \in M$: подстанциялар сони;

$h \in H$: трансформаторлар сони;

$k \in K$: истеъмолчилар сони;

$n = M \cup H \cup K$: Электр тармоғидаги жами тугунлар сони;

$z_{ij} \in R$: i – тугундан j – тугунга етказиб беришга кетадиган харажатлар;

$S_m \in R$: m – подстанциянинг захира қуввати;

$T_h \in R$: h – трансформаторнинг захира қуввати;

$C_k \in R$: k – истеъмолчи талаби;

$x_{ij} \in R$: i – тугундан j – тугунга узатиловчи электр қуввати миқдори.

Масаланинг математик модели қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\sum_{(i,j) \in n \times n} z_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j \in n} x_{mj} \leq S_m, \forall m \in M \quad (2)$$

$$\sum_{i \in n} x_{ik} = C_k, \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in n} x_{ih} \geq \sum_{j \in n} x_{hj}, \forall h \in H \quad (4)$$

$$\sum_{i \in n} x_{ih} \leq T_h, \forall h \in H \quad (5)$$

(1)-(5) математик моделдан фойдаланилиб хисоблаш тажирибалари олиб борилди ва натижалар олинди [1,2].

АДАБИЁТЛАР

- [1] Орынбаев А.Б. Электр энергиясини тақсимлашда сарфланадиган харажатларни оптималлаштириш //2022 International conference “Recent advances in intelligent information and communication technologies”. ISPC – 2022. 23-24 November 2022 y. p 227-230.
- [2] Утеулиев Н.У., Орынбаев А.Б. Электр энергиясини тақсимлаш масаласини ечишнинг дастурий таъминотини ишлаб чиқиш // Фан ва жамият журнали. – 2023. – №. 1. – 26-29 б.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ СМЕШАННОГО ТИПА С ДВУМЯ ЛИНИЯМИ ВЫРОЖДЕНИЯ

Фаязов К. С., Рахматов Х. Ч.

Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Узбекистан
e-mail: kudratillo52@mail.ru, khondamir.rakhmatov@gmail.com

Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$u_t(x, y, t) + \operatorname{sgn} x u_{xx}(x, y, t) + \operatorname{sgn} y u_{yy}(x, y, t) = 0 \quad (1)$$

в области $\Omega = \{(x, y, t) : (-1 < x < 1) \times (-1 < y < 1) \times (0 < t < T), x \neq 0, y \neq 0\}$.

Постановка задачи. Найти функцию $u(x, y, t)$ непрерывную в $\bar{\Omega}$ и удовлетворяющую уравнению (1) в области Ω , а также начальным $u(x, y, 0) = \varphi(x, y), (x, y) \in Q = \{-1 \leq x \leq 1, -1 \leq y \leq 1\}$, однородным граничным и условиям склеивания.

В данной работе используются четыре метода приближенного решения рассматриваемой задачи.

1. Для первого метода приближенное решение ищем в виде

$$\begin{aligned} u^N(x, y, t) = & \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \varphi_{k,l}^{(1)} e^{\lambda_{k,l}^{(1)} t} v_{k,l}^{(1)}(x, y) + \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \\ & \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \sum_{k=1}^N \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \\ & + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(4)} e^{\lambda_{k,l}^{(4)} t} v_{k,l}^{(4)}(x, y). \end{aligned} \quad (3)$$

Параметр регуляризации N находим из условия $\inf_{N>0} \left\{ 4m^2 e^{2\lambda_{N+1,1}^{(1)}(t-T)} + e^{2\lambda_{N,N}^{(1)} t} \varepsilon^2 \right\}$.

2. В следующем виде ищем приближенное решение при втором методе

$$\begin{aligned}
u^\alpha(x, y, t) = & \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(1)} e^{\frac{\lambda_{k,l}^{(1)}}{\alpha \lambda_{k,l}^{(1)} + 1} t} v_{k,l}^{(1)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\frac{\lambda_{k,l}^{(2)}}{\alpha \lambda_{k,l}^{(2)} + 1} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\frac{\lambda_{k,l}^{(3)}}{\alpha \lambda_{k,l}^{(3)} + 1} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(4)} e^{\lambda_{k,l}^{(4)} t} v_{k,l}^{(4)}(x, y),
\end{aligned} \tag{4}$$

а параметр регуляризации α находим из условия $\inf_{\varepsilon > 0} \left\{ \frac{12m^2 e^{-2} \alpha t}{(T-t)^2} + e^{\frac{2}{\alpha} t} \varepsilon^2 \right\}$.

3. При третьем методе приближенное решение ищем в следующем виде

$$\begin{aligned}
u^\alpha(x, y, t) = & \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(1)} e^{\left(\lambda_{k,l}^{(1)} - \alpha \lambda_{k,l}^{(1)2} \right) t} v_{k,l}^{(1)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\left(\lambda_{k,l}^{(2)} - \alpha \lambda_{k,l}^{(2)2} \right) t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\left(\lambda_{k,l}^{(3)} - \alpha \lambda_{k,l}^{(3)2} \right) t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(4)} e^{\lambda_{k,l}^{(4)} t} v_{k,l}^{(4)}(x, y).
\end{aligned} \tag{5}$$

Параметр регуляризации α находим из условия

$$\inf_{\varepsilon > 0} \left\{ \frac{12m^2 e^{-2} \alpha t}{(T-t)^2} + e^{\frac{1}{\alpha} t} \varepsilon^2 \right\}.$$

4. Для четвертого метода приближенное решение ищем в виде

$$\begin{aligned}
u^\alpha(x, y, t) = & \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(1)} \frac{e^{\lambda_{k,l}^{(1)} t}}{1 + \alpha e^{\lambda_{k,l}^{(1)} T}} v_{k,l}^{(1)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(2)} \frac{e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t}}{1 + \alpha e^{\lambda_{k,l}^{(2)} T}} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(2)} e^{\lambda_{k,l}^{(2)} t} v_{k,l}^{(2)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=k+1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(3)} \frac{e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t}}{1 + \alpha e^{\lambda_{k,l}^{(3)} T}} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^k \varphi_{k,l}^{(3)} e^{\lambda_{k,l}^{(3)} t} v_{k,l}^{(3)}(x, y) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \varphi_{k,l}^{(4)} e^{\lambda_{k,l}^{(4)} t} v_{k,l}^{(4)}(x, y).
\end{aligned} \tag{6}$$

Параметр регуляризации α находим из условия

$$\inf_{\varepsilon > 0} \left\{ 3mt^{\frac{t}{T}} \alpha^{\frac{1-t}{T}} (T-t)^{1-\frac{t}{T}} T^{-1} + e^{\frac{1}{\alpha} t} \varepsilon^2 \right\}.$$

Для каждого случая получены оценка разности между точным и приближенным решениями, что обеспечивает принадлежность приближенных решений заданным множествам корректности. Приведены численные реализации этих методов, когда данные заданы приближенно. А также проведен сравнительный анализ численных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] S. G. Pyatkov, *Solvability of boundary value problems for a second order mixed type equation*, Nonclassical differential equations in partial derivatives: Sat. sci. tr. AN SSSR, Sib. Institute of Mathematics. - Novosibirsk, 1988. - P. 77-90.
- [2] М.М. Лаврентьев, Л.Я. Савельев, Теория операторов и некорректные задачи, 2 изд., перераб. и доп. Новосибирск: Институт математики, 2010. - 941 с.
- [3] М.М. Лаврентьев, *Условно-корректные задачи для дифференциальных уравнений*: (Спецкурс для студентов-математиков НГУ) / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск : [б. и.], 1973. - 70 с.
- [4] K.S. Fayazov, An ill-posed boundary-value problem for a second order mixed type equation, *UzMat Journal*. 1995. №2. P. 89-93.
- [5] К.С. Фаязов, И.О. Хажиев, Некорректная начально-краевая задача для системы уравнений параболического типа с меняющимся направлением времени // Вычислительные технологии. 2017. Т. 22. № 3. С. 103-114
- [6] K.S. Fayazov, Y.K. Xudayberganov, *Ill-posed boundary value problem for a mixed type equation with two degenerate lines*, *Uzbek Mathematical Journal*, 2018, №2, pp.32-42 DOI: 10.29229/uzmj.2018-2-3.

ТЕРМО-ЭЛАСТИК МАСАЛАНИ КУЧЛАНИШЛАРДА СОНЛИ ЕЧИШ

Халдџигитов А.А., Тиловов О.Ў.

Ўзбекистон Миллий Университети, Тошкент, Ўзбекистон
e-mail: akhald@mail.ru, otajontilovov95@gmail.com.

Тўртбурчак соҳа учун эластиклик назариясининг классик икки ўлчовли масала кўриб чиқилади. Термоэластикликнинг кучланишларга нисбатан чегаравий масаласини қўйиш деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг долзарб муаммосидир. Кучланишлардаги чегаравий масала деформацияларнинг узлуксизлиги шартларига асосланади, улар Гук қонуни ва мувозанат тенгламаси ёрдамида одатда Белтрами-Митчелл тенгламаларига келтирилади. Маълумки, кучланишлардаги чегаравий масала олтида Белтрами-Митчелл дифференциал тенгламалари, учта мувозанат тенгламалари ва учта чегара шартларидан иборат. Бунда чегаравий шартларнинг етарли эмаслиги масаласи берилган ҳудуд чегарасидаги мувозанат тенгламасини чегаравий шартлар сифатида кўриб чиқиш йўли билан ҳал қилинади. Ушбу мақола тўғридан-тўғри термоэластикликнинг текис масаласини кучланишларга нисбатан сонли ечишга бағишланган. Белтрами-Митчелл тенгламаларига асосланган чегаравий масала тўртбурчак соҳа учун тузилган. Бундан ташқари, у учта Белтрами-Митчелл тенгламасидан ва тўртбурчакнинг ҳар бир томонида иккита чегара ва битта қўшимча шартдан иборат. Дискрет тенгламалар чекли айирма усули билан

тузилади ва итерация усул билан ечилади. Одатда, термоэластик эластиклик назариясининг текис масаласи иккита мувозанат тенгламасидан (хажмий кучларини ҳисобга олмаган ҳолда) ва битта деформация биргаликда тенгламасидан иборат. Бу ҳолда, қоида тариқасида, Дюгамел-Нейман тенгламаси ва мувозанат тенгламасини ҳисобга олган ҳолда деформациянинг биргаликда тенгламаси таниқли гармоник тенгламага келтирилади [1]. Бундан ташқари, Эри кучланиш функциясини мувозанат тенгламаларини қаноатлантирадиган қилиб киритиш орқали термоэластикликнинг одатда текис масаласи кучланиш функциясига нисбатан бигармоник тенгламани ечишга келтирилади. Бу ерда биз қўшимча кучланиш функциясини киритмасдан, термоэластиклик чегаравий масаласининг бошқа ечиш усулини таклиф қиламиз. Бунинг учун ҳароратни ҳисобга олган ҳолда Белтрами-Митчелл тенгламасини кўриб чиқамиз, яъни [2]

$$\nabla^2 \sigma_{ij} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{,ij} = -(X_{i,j} + X_{j,i}) - \frac{\nu}{1-\nu} \delta_{ij} X_{k,k} - 2\mu\alpha(T_{,ij} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \delta_{ij} \nabla^2 T) \quad (1)$$

Бу ерда σ_{ij} -кучланиш тензори, $\sigma = \sigma_{ii}$, T -температура, X_i -хажмий куч, α -иссиқлик кенгайиш коэффсиенти, ν ва μ - Пуоссон ва Ламе коэффсиентлари, δ_{ij} -Кронеккер символи.

Текис деформация ҳолатида ва хажмий кучлар йўқ ($X_i = 0$)деб олсак (1) тенглама қуйидагича кўринишга келади.

$$\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial x^2} = -2\mu\alpha(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \nabla^2 T) \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial y^2} = -2\mu\alpha(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \nabla^2 T) \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial x \partial y} = -2\mu\alpha(\frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y}) \quad (4)$$

(2-4) тенгламаларни соддалаштириш учун икки ўлчовли мувозанат тенгламаисдан фойдаланамиз

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

(4) ва мувозанат тенгламасида бир қанча соддалаштириш ишларини амалга оширганимиздан сўнг қуйидагича тенгламани оламиз.

$$\sigma_x + \sigma_y = \frac{2\mu\alpha(1+\nu)}{\nu} T + C \quad (7)$$

Бу ерда C - интеграл ўзгармаси. Кўришимиз мумкинки,(7) тенглама мувозанат тенгламалари ва (4) тенглама натижасидир.(7) тенгламани ҳисобга олган ҳолда Бельтрами-Митчелл (2-4) тенгламалари қуйидагича кўринишга келади.

$$\nabla^2 \sigma_x = -2\mu\alpha((1+\frac{1}{\nu})\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \nabla^2 T) \quad (8)$$

$$\nabla^2 \sigma_y = -2\mu\alpha((1+\frac{1}{\nu})\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \nabla^2 T) \quad (9)$$

$$\nabla^2 \sigma_{xy} + \frac{2\mu\alpha(1+\nu)}{\nu} \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y} = 0 \quad (10)$$

Ушбу тенгламаларга соҳа учун чегаравий шартларни қўшамиз

$$\begin{aligned} (\sigma_x n_1 + \sigma_{xy} n_2) \Big|_{\Gamma} &= S_1, \\ (\sigma_{xy} n_1 + \sigma_y n_2) \Big|_{\Gamma} &= S_2 \end{aligned} \quad (11)$$

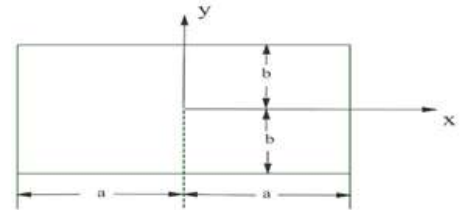
Ва соҳа чегарасида қўшимча чегаравий шартлар сифатида мувозанат тенгламаларини оламиз

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) \Big|_{\Gamma} &= 0, \\ \left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} \right) \Big|_{\Gamma} &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

(8-12) тенгламалар кучланиш тензорининг σ_x , σ_y ва σ_{xy} учта компоненталарига нисбатан термоэластикликнинг текис масаласини кучланишларга нисбатан қўйилиши. (8-12) масала томонлар узунлиги $l_1=2a$ и $l_2=2b$ бўлган тўртбурчакда кўриб чиқамиз. Тўртбурчакнинг томонларига қуйидагича кучлар қўйилган.

$$x = \pm a \quad \sigma_x = 0, \quad \sigma_{xy} = 0 \quad (a)$$

$$y = \pm b: \quad \sigma_y = 0, \quad \sigma_{xy} = 0 \quad (б) \quad T = T_0 \cos \frac{\pi x}{2a} \cos \frac{\pi y}{2b}$$



(8-12) тенгламаларни чекли айирмалли курипиши а угазип $\sigma_{ij}^x = \sigma_{xij}^{(k)}$, $\sigma_{ij}^y = \sigma_{yij}^{(k)}$, ва $\sigma_{ij}^{xy} = \sigma_{xyij}^{(k)}$ ларга нисбатан ечиб оламиз. Бу ерда к-итерация тартиби.

$$\sigma_{xij}^{(k+1)} = \left(\frac{\sigma_{xi+1,j}^{(k)} + \sigma_{xi-1,j}^{(k)}}{h_1^2} + \frac{\sigma_{xi,j+1}^{(k)} + \sigma_{xi,j-1}^{(k)}}{h_2^2} + 2\mu\alpha \left(\left(1 + \frac{1}{\nu}\right) \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \right) \right) / \left(\frac{2}{h_1^2} + \frac{2}{h_2^2} \right) \quad (13)$$

$$\sigma_{yij}^{(k+1)} = \left(\frac{\sigma_{yi+1,j}^{(k)} + \sigma_{yi-1,j}^{(k)}}{h_1^2} + \frac{\sigma_{yi,j+1}^{(k)} + \sigma_{yi,j-1}^{(k)}}{h_2^2} + 2\mu\alpha \left(\left(1 + \frac{1}{\nu}\right) \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \right) \right) / \left(\frac{2}{h_1^2} + \frac{2}{h_2^2} \right) \quad (14)$$

$$\sigma_{xyij}^{(k+1)} = \left(\frac{\sigma_{xyi+1,j}^{(k)} + \sigma_{xyi-1,j}^{(k)}}{h_1^2} + \frac{\sigma_{xyi,j+1}^{(k)} + \sigma_{xyi,j-1}^{(k)}}{h_2^2} + \frac{2\mu\alpha(1+\nu)}{\nu} \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y} \right) / \left(\frac{2}{h_1^2} + \frac{2}{h_2^2} \right) \quad (15)$$

(13-15) ва (а,б) шартлар асосида олинган ечимлар қуйидаги жадвалда келтирилди. Олинган натижалар кўчиш орқали олинган натижалар билан солиштирилди.

Масала $x=0.5;$	σ_x	$y=0.5$	$y=0.4$	$y=0.3$	$y=0.2$	$y=0.1$	$y=0$
Кучланишда		-3.778	-3.593	-3.057	-2.221	-1.167	0
Кўчишда [3]		-3.778	-3.503	-2.681	-1.314	-0.608	0

Ушбу ишда температура бор холда Белтрами Митчелл тенгламалари асосида тўртбурчак соҳа учун кучланишлардаги термоэластиклик назариясининг текис чегаравий масаласи тузилган. Кучланишлардаги текис чегаравий масала учун симметрик чекли-айирмали тенгламалар тузилди, улар итерация усули билан ечилди. Тўртбурчак пластинканинг чегаралари кучлардан озод бўлган холда масала сонли ҳал қилинди. Натижаларнинг

ишончилиги кўчишларга нисбатан ечилган масаланинг маълум ечимлари билан таққослаш орқали таъминланди.

Фойдаланилган адабиётлар

- [1]. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. –М.Наука, 1979.-560 с.
- [2]. Новацкий В. Теория упругости. М.:Мир, 1975.-872 с.
- [3]. Халджигитов А. А., Каландаров А.А., Юсупов Ю.С. Связанные задачи термоупругости и термопластичности. Т. «Fan va texnologiya»,2019,204 стр.

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

¹*Халматов Д.А., ²Хушназарова Д.Р.*

¹*ТИТЛП*

²*ТГТУ*

e-mail: holdav@mail.ru, dxushnazarova@mail.ru

Построение нелинейного закона управления с обратной связью является сложнейшей задачей, решение которой требует разработки различных систематических процедур, предназначенных для достижения тех или иных целей управления. Для решения поставленной задачи в работе представлен метод бекстеппинга.

Бекстеппинга - это рекурсивная процедура, в которой совмещены задачи нахождения функции Ляпунова и соответствующего закона управления. При этом, задача разработки закона для управления всей системы разбивается на последовательность соответствующих подзадач для подсистем меньшего порядка [1]. В этом случае легко решить задачи стабилизации и слежения с использованием методов робастного управления.

Алгоритм бэкстеппинга заключается в том, чтобы сделать каждый интегратор объекта устойчивым, путем добавления ОС, вычисленной по этому алгоритму. Алгоритм представляет собой набор действий, выполняемых для каждого дифференциального уравнения математического описания объекта.

Рассмотрим задачи синтеза законы управления уровня жидкости в пропиточной ванне. Тогда она как динамический объект описывается дифференциального уравнения первого порядка с нелинейностью:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A} v_H a - \frac{a}{A} \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \sqrt{2gh(1-\beta) + \beta v_H^2 + 2\beta gh_T},$$
$$v_H = 0.9104u - 0.8363$$

Управляющий вход (напряжение на насосе) - u , состояние системы (уровень жидкости в пропиточной ванне) - h .

Линеаризация этого объекта очень громоздкая и сложная, поэтому разработка управления для нелинейной системы без линеаризации очень актуальна.

В таком случае функцию Ляпунова представим в виде $V = \frac{1}{2}h^2$ и ее производную

$$\dot{V} = h\dot{h} = h \left(\frac{1}{A}a0.9104u - \frac{a}{A}0.8363 - \frac{a}{A} \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \sqrt{2gh(1-\beta) + \beta v_H^2 + 2\beta gh_T} \right) =$$

$$h \left(\frac{1}{A}a0.9104u - \frac{a}{A}0.8363 - \frac{a}{A} \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \sqrt{2gh(1-\beta) + \beta v_H^2 + 2\beta gh_T} \right)$$

Здесь переменные $A, a, \varphi, \mu, \beta, g$ - геометрические параметры ванны, а V_H и h_1 номинальные значения управляющих и управляемых переменных.

Производная функция Ляпунова:

$$\frac{a}{A} \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \sqrt{2gh(1-\beta) + \beta v_H^2 + 2\beta gh_T} - \text{всегда положительная.}$$

h характеризует уровень столба жидкости в баке и эта величина строго положительная; следовательно все второе слагаемое величина положительная и мы можем ее включить в функцию

$$W = kh^2 + h \frac{a}{A} \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \sqrt{2gh(1-\beta) + \beta v_H^2 + 2\beta gh_T}, \text{ чтобы исключить ее из}$$

формирования управления.

Тогда получаем:

$$h \left(\frac{1}{A}a0.9104u - \frac{a}{A}0.8363 \right) \leq -kh^2$$

Откуда:

$$u = \frac{\left(\frac{a}{A}0.8363 - kh \right)}{\frac{a}{A}0.9104}$$

Моделируя полученной системы управления получим графика переходного процесса (Рис. 1.)

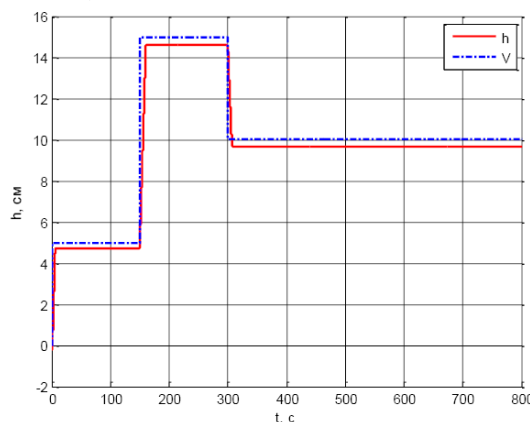


Рисунок 1. Уровень воды в ванне h и командный сигнал V

На рисунке 1 видно, что полученная система управления имеет статическую ошибку. Чтобы избавиться от нее необходимо расширить

математическое описание и провести синтез управления с помощью метода бэкстеппинга для полученной системы. Здесь величина k определяет скорость переходных процессов в сигнале управления, это в свою очередь оказывает влияние на процессы в системе, так как при увеличении k быстродействия системы увеличивается.

Метод бекстеппинга позволяет избежать трудности линеаризации и связанных с этих ограничений и обеспечить увеличения скорости синтеза систем управления.

В работе был описан метод бэкстеппинга, который использовался для синтеза систем управления динамическим объектом. На основе математического моделирование полученных систем управления доказана работоспособность метода.

Список литературы

[1]. Х.К. Халил. Нелинейные системы. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009. – 832 с.

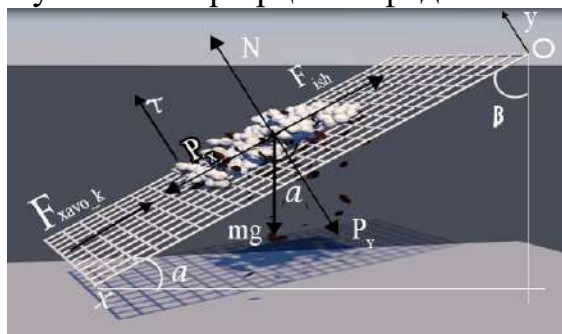
ПАХТА ТОЗАЛАШ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

Хашимов С., Холматов Т. Х., Нумонхонова М., Нурмаматов Ж.

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

e-mail: nmpi_info@edu.uz

Математик моделлаштириш - математик моделлар ёрдамида объектлар, жараёнлар, ҳодисаларнинг миқдорий ва сифат жиҳатларини расмийлаштирувчи, тавсифловчи усулдир. Тўрли юза сирт юзасида, мавжуд ўрганилаётган объект сифатида юзага келган технологик жараённи($F\mu$) қуйидаги функционал муносабатлар орқали ифодалаймиз(1-расм).



1-расм. Тўрли юзадаги пахта бўлакчасининг гармоник ҳаракати ва унга таъсир этувчи кучлар.

Тўрли юза сирт юзасида, мавжуд ўрганилаётган объект сифатида юзага келган технологик жараённи($F\mu$) қуйидаги функционал муносабатлар орқали ифодалаймиз.

$$F\mu = f(\Omega_T, \Omega_I, \Omega_X) = f[(\Omega_{T1}, \Omega_{T2}, \Omega_{T3}, \dots, \Omega_{Tn}), (\Omega_{I1}, \Omega_{I2}, \Omega_{I3}, \dots, \Omega_{In}), (\Omega_{X1}, \Omega_{X2}, \Omega_{X3}, \dots, \Omega_{Xn})]$$

Бу ерда: Ω_T - ташқи омиллар, Ω_I – ички омиллар, Ω_X - ҳисобга олинмаган омиллар.

1.Ташқи омиллар(Ω_T) – горизонтал ва вертикал йўналиш бўйича пахта тозалаш курилмаси учун топилиши керак бўлган технологик кўрсаткичлар, жумладан тўрли сирт юзасининг тебранма ҳаракатининг амплитуда ва частотаси, бурчак қиялиги, тебраниш, сирт юзасини пульсациясини таъминловчи бошқа таъсирлар ҳам киради.

2. Ички омиллар(Ω_I) – бу омилга объект хусусиятини ички омилларини кўрсатувчи параметрлар киради, яъни пахта оқимини физик ва механик хусусиятлари, пахта оқимини ўлчами, тўрли сирти юзаси параметрлари ва бошқалар.

3.Ҳисобга олинмаган омиллар(Ω_X) – тўрли юза сиртининг пулсацияли ва вибрацияли тебранма ҳаракати натижасида пахта оқимини ҳосил қилувчи чигитли пахта оқимига оид бўлақларни бир-бир билан илашимлиги ва бошқа омиллар кўзда тутилади.

Тўрли сирт юзасида ҳаракатланаётган пахта бўлагига фақатгина ташқи омиллар(Ω_T) таъсир кўрсатади деб қаралган ҳолда, тебранма тўрли юзанинг горизонтга нисбатан бурчак остида жойлашганлиги, тўрли юзанинг ишқаланиш коэффициенти, тебраниш частотаси ва амплитуда қийматларига боғлиқ ҳолда ҳаракатнинг бир текисда кечишини бошқаришимиз мумкин бўлади. У ҳолда пахта бўлагининг тўрли юзадаги ҳаракатини қуйидаги функция кўринишида ифодалашимиз мумкин:

$F\mu = \Omega_T(\alpha, \mu, \omega, A)$ яъни бундай ҳолатда ҳаракат фақатгина α (тўрли юзанинг горизонтал текислик билан ҳосил қилган бурчак), μ (тўрли юзанинг ишқаланиш коэффициенти), ω (тўрли юзанинг тебраниш частотаси), A (тўрли юзанинг тебраниш амплитудаси) параметрларига боғлиқ ҳолда бўлади.

Хусусий ҳолда қия текислик тўрли юзасида тебранаётган пахта бўлаги ou - йўналишида гармоник қонуният (1) билан нисбий ҳаракатда бўлсин (1-расм). У ҳолда:

$$\tau = A \sin \omega t \quad (1)$$

Яъни, тўрли юзада ҳаракатланаётган пахта бўлакчаси (1) механик қонуният билан гармоник ҳаракат қияпти деб қараймиз. Бунда пахта бўлакчасига таъсир қилувчи Ox ва Oy йўналишдаги кучлар:

$$\left. \begin{aligned} X &= P \sin \alpha - F_{ish_x} \\ Y &= N - P \cos \alpha = A \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Бу ерда: $P = mg$ - оғирлик кучи; $F_{ish_x} = \mu_x N$ - пахта бўлакчасига таъсир қилувчи ишқаланиш кучи. X, Y - Ox ва Oy ўқлари бўйлаб пахта бўлакчасига таъсир этувчи кучлар, N ; N - нормал босим кучи, N ; A - ташқи куч тебраниш амплитудаси, см; ω - тебраниш сони, Hz ; $t = t_0 : t_n$ t – пахта бўлакчасининг ҳаракатида бошланғич вақт – t_0 ; t_n – пахта бўлакчаси ҳаракатида охириги вақт.

Тегишли ўзгаришлар асосида пахта бўлакчаси ҳаракат дифференциал тенгламасини қуйидагича шарҳлаймиз(3):

$$\left. \begin{aligned} ma_x &= mg \sin \alpha - \mu_x N & (a) \\ ma_y &= N - mg \cos \alpha & (b) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

тенгламалар системасини 1 маротаба интеграллаш орқали x ва y координаталар бўйича мос равишда кўчиш ифодаларини аниқлаймиз:

$$\left. \begin{aligned} x &= (g \sin \alpha - \mu_x g \cos \alpha) \frac{t^2}{2} - \mu_x A \sin \omega t & (a) \\ y &= A \sin \omega t & (b) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Биз кўраётган масалада, яъни пахта бўлакчасининг тебранма турли юзадаги гармоник ҳаракатининг аниқ ечими маълум эмас. Шунинг учун ҳам биз ечимни аналитик усулда ёки сонли усуллар ёрдамидан фойдаланиб, натижани жадвал кўринишида олиб, уни аниқ ечим билан таққослай олмаймиз. Берилган (8) кўринишидаги масалани Рунге-Кутта усули ёрдамида ечиб, унинг графигини куриш орқали масаланинг ечимини аниқлашимиз мумкин бўлади.

К ЧИСЛЕННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ТРЕХМЕРНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА

Т.К.Хожиев

Национальный университет Узбекистана

e-mail: tojiddin542018@gmail.com

В настоящей работе, рассматривается трехмерная система нелинейных стационарных уравнений теплопроводности

$$f_i(u_{3-i}) \sum_{j=1}^N a_{i,2j-1} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(a_{i,2j} \frac{\partial}{\partial x_j} u_i \right) = F_i(x_1, x_2, x_3, u_1, u_2); \quad (1)$$

в прямоугольной области $Q = \{a_j \leq x_j \leq b_j\}$ при граничных условиях первого рода:

$$u_i(a_1, x_2, x_3) = \varphi_{i1}; \quad (2)$$

$$u_i(b_1, x_2, x_3) = \varphi_{i2}; \quad (3)$$

$$u_i(x_1, a_2, x_3) = \varphi_{i3}; \quad (4)$$

$$u_i(x_1, b_2, x_3) = \varphi_{i4}; \quad (5)$$

$$u_i(x_1, x_2, a_3) = \varphi_{i5}; \quad (6)$$

$$u_i(x_1, x_2, b_3) = \varphi_{i6}; \quad (7)$$

которые в дальнейшем обобщаются для других граничных условиях, где $f_i(u_{3-i})$, $a_{i,2j-1}(u_{3-i}, x_1, x_2, x_3)$, $a_{i,2j}(u_{3-i}, x_1, x_2, x_3)$, $F_i(x_1, x_2, u_1, u_2, x_3)$ и φ_{ik} — являются непрерывными функциями в Q , ($i = 1, 2; j = 1, N; k = 1, 2N$). Известно, что такие постановки задач встречаются для определения взаимодействующих электростатических и температурных полей в электрохимических защитах металлических сооружений от почвенной коррозии. Поскольку ионы раствора, которые находятся вокруг металлического сооружения в хаотическом движении, получить аналитического решения в такой пространственной постановке задачи вида (1)-(7), оказывается

достаточно сложным и вернее невозможным. Поэтому, обычно такие нелинейные задачи решаются различными итерационными методами, для которых скорость сходимости итерационного процесса зависит от многих факторов, один из которых является выбор начального приближения [1]. Учитывая всех этих, в данной работе поставленная задача рассматривается как для симметричного, так и для несимметричного случаев.

1. Симметричный случай. Если в рассматриваемой трехмерной области Q , выполняется условие симметричности по одному из пространственных направлений, допустим по x_3 , то получается задача в двухмерной постановке ($N=2$) вида (1)-(5), без переменной x_3 . Тогда для решения данной двухмерной стационарной задачи (1)-(5) применяется метод установления и полученная нестационарная задача для систем нестационарных уравнений вида

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = f_i(u_{3-i}) \sum_{j=1}^2 a_{i,2j-1} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(a_{i,2j} \frac{\partial}{\partial x_j} u_i \right) - F_i(x_1, x_2, u_1, u_2); \quad (8)$$

с дополнительными начальными условиями

$$u_i(x_1, x_2, t_0) = \psi_i(x_1, x_2), \quad (9)$$

где $\psi_i(x_1, x_2)$ – произвольная выбираемая функция.

В качестве данного начального приближения, в отличие от других способов, берется аналитическое решение уравнения Лапласа

$$\Delta u_i = 0 \quad (10)$$

полученного по методу Фурье [2], при краевых условиях (2)-(5).

Предположим, решения системы (10) имеет характер разделяющиеся по переменным x и y , тогда их можно представить в виде

$$u_i = X_i(x)Y_i(y) \quad (11)$$

где $X_i(x)$ – функция только от x , $Y_i(y)$ – функция только от y .

Окончательней вид решения (11), которые используются в качестве начального приближения как $\Psi_i(x, y) = u_i^0(x, y) = u_i(x, y)$ имеют вид:

$$u_i = \frac{\varphi_{i2} \cdot \sin \lambda (x - a_1) + \varphi_{i1} \cdot \sin \lambda (b_1 - x)}{\sin \lambda (b_1 - a_1)} \cdot \frac{(\varphi_{i4} \cdot e^{\lambda (d_1 - c_1)} - \varphi_{i3}) e^{\lambda (y - c_1)} + (\varphi_{i3} \cdot e^{\lambda (d_1 - c_1)} - \varphi_{i4}) e^{\lambda (d_1 - y)}}{(e^{2\lambda (d_1 - c_1)} - 1)},$$

где $\sin \lambda (b_1 - a_1) \neq 0$ и $e^{2\lambda (d_1 - c_1)} - 1 \neq 0$. Отсюда $\lambda \neq \frac{k\pi}{b_1 - a_1}$ и $\lambda \neq 0$. Если $a_1 = 0$ и $b_1 = 1$ то $\lambda \neq k\pi$.

Для численного решения систем уравнений (8) при начальных (9) и граничных условиях (2)-(5), применяется факторизованный метод переменных направлений, сочетанием методом прогонки [3].

Приводятся результаты вычислительного эксперимента для тестовой задачи, с различными способами линеаризации и выбора начального приближения.

Литература

- [1]. М.Арипов, А.Матякубов, Д.Назирова, Т.Хожиев. Численное моделирование системы взаимной диффузии – реакции. Материалы международной конференции: Новые направления в теории

динам.систем и некорр. задач. – 2007. Самарканд. Октябрь 19-20. Стр.12-13.

- [2]. T.K.Khojiev, N.N. Karimov. Numerical modeling of a nonlinear heat conduction problem by the Fourier method. NUUz. Contemporary Mathematics and its Applications-2021. 1.
- [3]. А. А. Самарский. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983.

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ЖИДКОСТИ В СТАТИЧЕСКИ ФУНКЦИОНИРУЮЩЕМ ЭЛЕМЕНТАРНОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА С КОНЕЧНОЙ ДЛИНОЙ.

Хужаев И., Ширинов З.

АН РУз институт механики и сейсмостойкости сооружений

e-mail: Ziyolong@umail.uz

Рассмотрим элементарный участок трубопровода с внутренним радиусом $R = D/2$ и длиной Δl . На входе в элементарный участок значения переменных составляют w_1, T_1, ρ_1 и p_1 , а на выходе – w_2, T_2, ρ_2 и p_2 . При выводе уравнений пользуемся положениями квазиодномерного подхода, т.е. изменения показателей происходят по времени t и только по координате x .

В этом уравнении учитывали $fE_T = \frac{\lambda}{2\Delta} f\rho |w| w^2$. Т.е. в уравнении не фигурирует энергия диссипации кинетической энергии за счет трения, т.к. она не образовалась, а из одной кинетической формы энергии единичного объема жидкости перешла в другую форму – во внутреннюю энергию жидкости.

Таким образом, динамическое состояние элементарного участка трубопровода с переменным диаметром описывается квазиодномерными уравнениями

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial f\rho}{\partial t} + \frac{\partial f\rho w}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial f\rho w}{\partial t} + \frac{\partial f\rho w^2}{\partial x} = -\frac{\partial fp}{\partial x} - \rho g \frac{dfy}{dx} - \frac{\lambda}{2D} f\rho |w| w, \\ \frac{\partial fp \left(\varepsilon + \frac{w^2}{2} \right)}{\partial t} + \frac{\partial f\rho w \left(\varepsilon + \frac{w^2}{2} \right)}{\partial x} = -w \frac{\partial fp}{\partial x} - \\ -w\rho g \frac{dfy}{dx} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_T f \frac{\partial T}{\partial x} \right) + fE_{BU} - k_c (T - T_{oc}) \bar{f}_{op}. \end{array} \right.$$

Гидравлическая сеть состоит из линейных и точечных элементов. Линейный элемент сети представляет собой элементарный участок трубопровода (ТП) заданной длины l . Внутренний диаметр участка D и его коэффициент сопротивления λ имеют постоянные значения. На входе в участок заданы значения давления p_H , скорость w_H и температура T_H жидкости. Также известны значения постоянных, используемых в системе

приведенных выше уравнений. Требуется найти значений давления p_K , скорости w_K и температуры T_K жидкости на выходе из участка.

Для решения задачи примем следующие допущения.

1. Живое сечение жидкости постоянное и равно площади поперечного сечения ТП, т.е. $f = \text{const}$ и жидкость не имеет свободную поверхность.

2. Утечка отсутствует и жидкость малосжимаемая, т.е. изменения плотности жидкости в зависимости от изменения давления, нивелирной высоты и температуры пренебрежимо малы ($\rho \approx \text{const}$).

3. Нивелирная высота оси ТП $y(x)$ известна.

4. Внутренние источники тепла отсутствуют, т.е. $E_{\text{вн}} = 0$.

5. Теплообмен, связанный продольной диффузией тепла, пренебрежимо мал.

6. Температура окружающей среды и приведенная теплоемкость жидкости – постоянные ($T_{\text{oc}} = \text{const}$, $c_B = \text{const}$).

7. Труба цилиндрическая и не имеет ребер ($\bar{f}_{\text{op}} = \pi \bar{D}$; $f = \pi D^2 / 4$).

С помощью этих допущений преобразуем уравнений системы.

Согласно допущениям 1 и 2, из второго уравнения имеем $w = \text{const}$. Так что $w_K = w_H = w$. В связи с этим и согласно допущению 3 первое уравнение принимает вид

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda Q^2 \rho}{2Df^2} + \rho g \frac{dy}{dx},$$

где $Q = fw$ – постоянный для участка объемный расход жидкости.

С учетом значения давления p_H на входе в участок интегрируем последнее уравнение от 0 до l и получим

$$-(p_K - p_H) = \frac{\lambda Q^2 \rho}{2Df^2} l + \rho g (y_K - y_H).$$

Здесь y_H и y_K – нивелирная высота оси ТП во входном и выходном сечениях. Из последнего равенства находим значение давления в конце участка

$$p_K = p_H - \frac{\lambda Q^2 \rho}{2Df^2} l - \rho g (y_K - y_H).$$

Согласно $w = \text{const}$ и допущениям 4-7 уравнение сохранения полной энергии преобразуется и принимает следующий вид:

$$\rho w c_B \frac{dT}{dx} = -w \frac{dp}{dx} - w \rho g \frac{dy}{dx} - k_{\text{cp}} (T - T_{\text{oc}}) \frac{\bar{f}_{\text{op}}}{f}.$$

Отсюда следует обыкновенное линейное дифференциальное уравнение относительно температуры жидкости

$$\frac{dT}{dx} = \frac{\lambda Q^2}{2Df^2 c_B} - \frac{k_{\text{cp}} \bar{f}_{\text{op}}}{\rho Q c_B} (T - T_{\text{oc}})$$

или

$$\frac{dT}{dx} + Sh \left(T - T_{oc} - \frac{\lambda Q^3 \rho}{2k_{cp} D f^2 \bar{f}_{op}} \right) = 0.$$

Здесь, соблюдая общность с технической литературой [1], постоянную $Sh = \frac{k_{cp} \bar{f}_{op}}{\rho Q c_B}$ обозначили коэффициентом В.Г. Шухова.

Список литературы

[1] Штыков Р. А. Процесс изменения коэффициента сверхсжимаемости газа на участках газопровода // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 1 (21). – С. 56–63. DOI: 10.21685/2307-4205-2018-1-7.

[2] Юрков, Н. К. Уточненный алгоритм расчета гидродинамических параметров инженерных газовых сетей / Н. К. Юрков, Р. А. Штыков // Промышленная энергетика. – 2017. – № 2. – С. 44–48.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПРОДОЛЖЕНИИ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

¹Хужаеров Б.Х., ¹Файзиев Б.М., ²Эрмamatова З.Э.

¹Самаркандский государственный университет

²Самаркандский филиал Ташкентского государственного экономического университета

e-mail: xujayorov@mail.ru; fayzievbm@mail.ru; ermamatova@mail.ru

Рассматривается задача продолжения решения уравнения Гельмгольца в прямоугольной области по ее значениям на части границы этой области, т.е. задача Коши. Задача численно решена с использованием метода конечных разностей.

При исследовании ряда волновых задач возникает необходимость решения задачи Коши для уравнения Гельмгольца. Классическим примером обратной задачи для уравнений Гельмгольца является задача Коши, в которой граничные условия как для решения, так и для его нормальной производной заданы только на части границы области, а информация на остальной части границы отсутствует.

Постановка задачи. Рассмотрим уравнение Гельмгольца в прямоугольнике $\bar{\Omega} = [0,1] \times [0,1]$:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + k^2 u = 0, \quad (x, y) \in \Omega, \quad (1)$$

с условиями

$$u(0, y) = f_0(y), \quad u(1, y) = f_1(y), \quad (2)$$

$$u(x, 0) = g_0(x), \quad u(x, 1) = g_1(x), \quad (3)$$

где $f_0(y)$, $f_1(y)$, $g_0(x)$, $g_1(x)$ – заданные функции, k^2 – волновое число.

Задача (1)-(3) является корректно поставленной и имеет единственное решение.

Будем рассматривать обратную задачу по определению одной из граничных функций, например $g_1(x)$. Для этого в качестве дополнительной информации используем решение прямой задачи (1) – (3) в определенной части области.

Пусть известны

$$u(x, y_*) = v_0(x), \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y}(x, y_*) = v_1(x), 0 < y_* < 1, 0 \leq x \leq 1, \quad (5)$$

где функции $v_0(x)$, $v_1(x)$ считаются заданными. Они определяются из решения прямой задачи (1)–(3).

Уравнение (1) рассматриваем с условиями (2), (4), (5), что является задачей Коши. Необходимо определить решение в области $\overline{\Omega_*} = [0, 1] \times [y_*, 1]$, включая граничную функцию $g_1(x)$.

Сначала рассматриваем исходную прямую задачу в дискретной постановке. Проводим численное исследование устойчивости задачи в дискретной постановке.

Результаты численных расчетов. Прямая задача. Нарис.2 – 7 показаны результаты решения задачи (1)-(3) при $f_0(y) = y$, $f_1(y) = 4y$, $g_0(x) = \sin(\pi x)$, $g_1(x) = 1 + 3x$ и различных значениях k . Для значения $k = 0,7$ результаты показаны на рис.2.

Анализ результатов расчетов показывает, что изменение значения параметра k с 0,7 на 1 сильно не влияет на распределение поля u . Решение является достаточно гладкой функцией. Здесь функция u достигает своего наибольшего и наименьшего значения на границе области. Для того, чтобы лучше отразить характер изменения решения показаны его значения на некоторых сечениях, параллельных осям x и y (рис.3). Прямая задача таким образом, как и следовало ожидать, решается достаточно просто без особых трудностей.

Известно, что оператор $A = -\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ является самосопряженным положительным оператором. Его собственные значения в области $\overline{\Omega}$ определяются как $\lambda_{nm} = (n^2 + m^2)\pi^2$, $n, m = 1, 2, 3, \dots$.

Оператор $-A + k^2 E$ в (1), где E – единичный оператор, имеет собственные значения $-\lambda_{nm} + k^2$. Следовательно при $k^2 = \lambda_{nm}$ оператор $-A + k^2 E$ имеет нулевое собственное значение, что соответствует резонансному случаю. Для первых двух собственных значений $\lambda_{11} = 2\pi^2$, $\lambda_{12} = 5\pi^2$ имеем $k \approx 4,4429$ и $k \approx 7,0248$.

Для того, чтобы исследовать характер решения около резонанса, проведены расчеты при $k = 4,2$ и $k = 4,4$. Результаты показаны на рис. 4–7.

Как видно из представленных результатов, характер решения сильно изменяется с приближением значения волнового числа к резонансному значению. При этом, чем ближе k к резонансному значению, тем сильнее проявляется резонансное явление. Аналогичные результаты получены для последующих резонансных значений k , в частности для $k \approx 7,0248$.

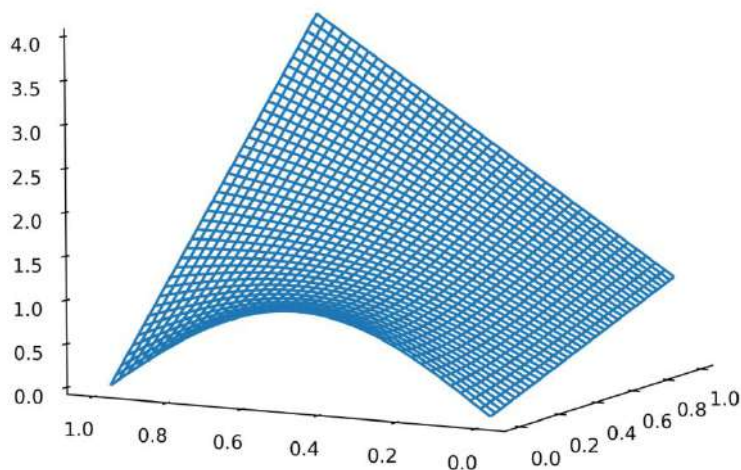


Рис. 1. Поверхность u при $k = 0,7$.

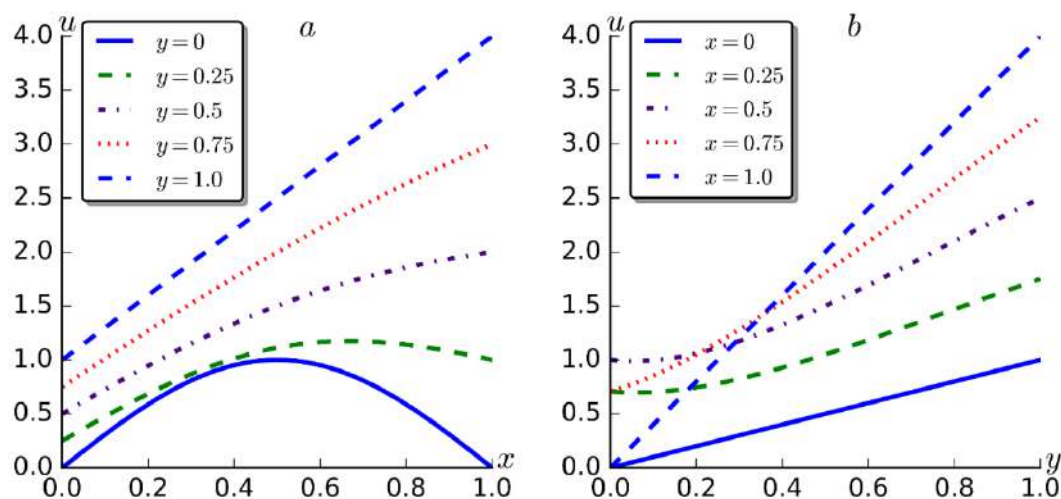


Рис. 2. Распределение u на различных сечениях: на фиксированных y (a) и x (b) при $k = 0,7$.

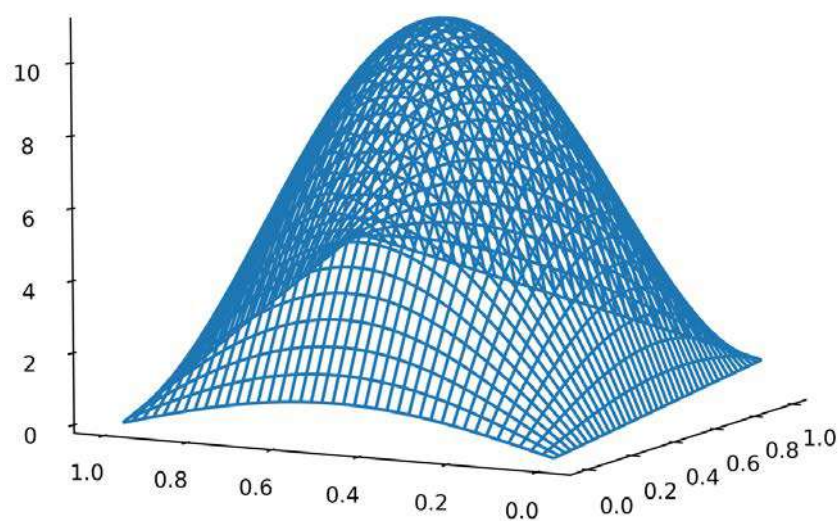


Рис. 4. Поверхность u при $k = 4, 2$.

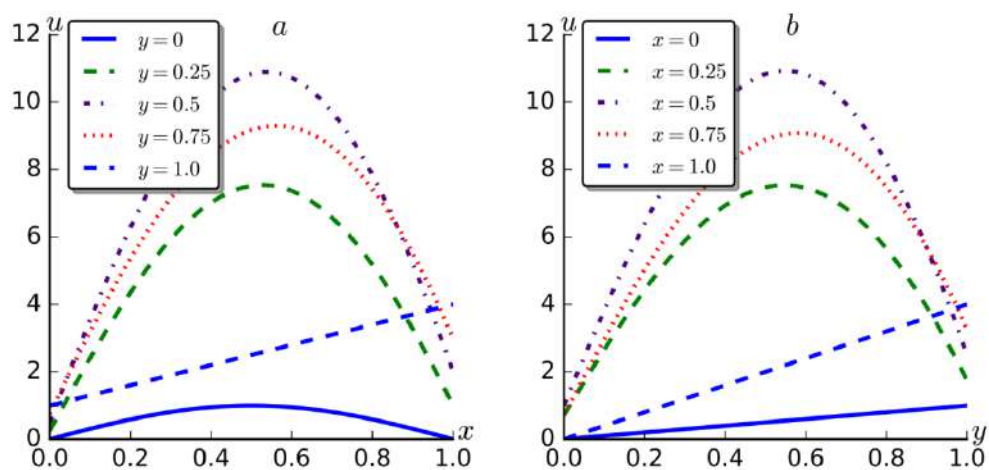


Рис. 5. Распределение u на различных сечениях: на фиксированных y (a) и x (b) при $k = 4, 2$.

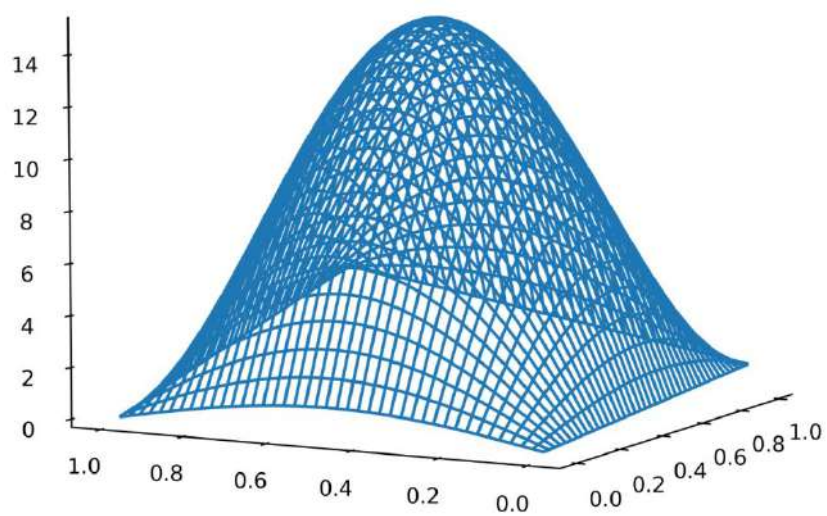


Рис. 6. Поверхность u при $k = 4, 4$.

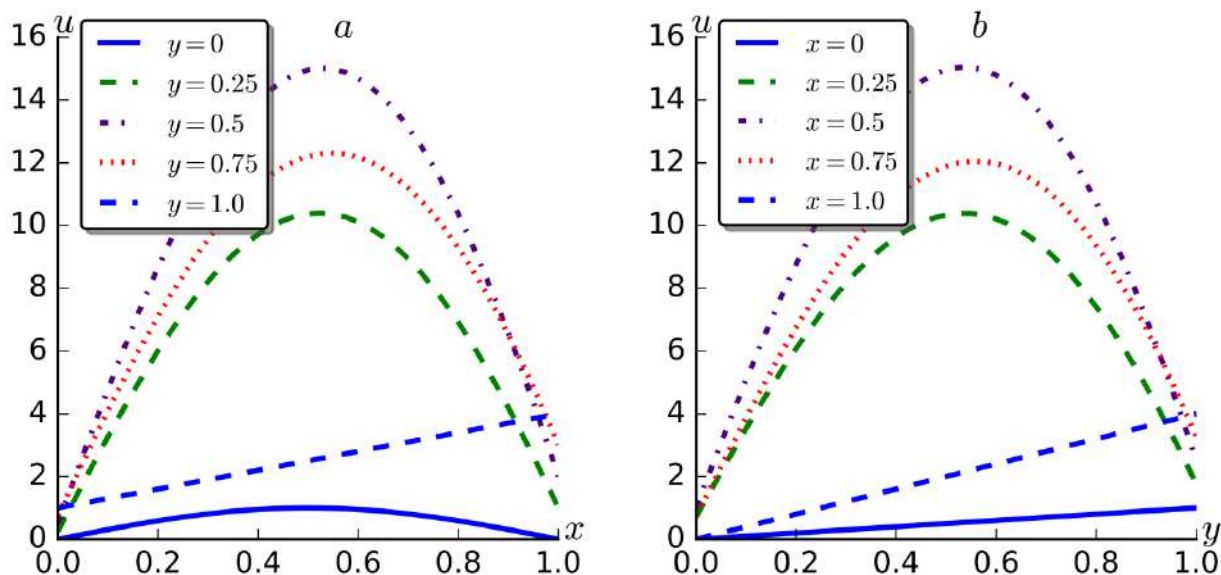


Рис. 7. Распределение u на различных сечениях: на фиксированных y (a) и x (b) при $k = 4, 4$.

Из результатов видно, что продолжение решения даёт удовлетворительные результаты в случае, когда начальные данные взяты недалеко от неизвестной границы. Ситуация ухудшается с уменьшением значения y_* .

ОБ АЛГОРИТМЕ НАХОЖДЕНИЯ ПОЛУОБРАТНОЙ МАТРИЦЫ

Хўжамқулов Б.Т., Маматкулов Ж.

Термезский государственный университет

e-mail: hojamqulovb@mail.ru

Пусть A - произвольная матрица размеров $m \times n$. Матрица A^{-1} размеров $n \times m$ называется полуобратная для матрицы A , если выполняется условие:

$$A \cdot A^{-1} \cdot A = A. \quad (1)$$

Если, кроме того, выполняется условие

$$A^{-1} \cdot A \cdot A^{-1} = A^{-1} \quad (2)$$

то матрицу A^{-1} называют взаимной полуобратной.

Заметим, что если матрица A имеет обратную A^{-1} , то она также является и полуобратной, как условия (1) и (2) для обратной матрицы выполняются:

$$\underbrace{AA^{-1}}_E A = EA = A, \quad \underbrace{A^{-1}A}_E A^{-1} = EA^{-1} = A^{-1}.$$

Пусть дана ненулевая матрица A размеров $m \times n$. Для нахождения полуобратной A^{-1} нужно выполнить следующие действия.

1. Составить блочную матрицу $\begin{pmatrix} A & E_m \\ E_n & \end{pmatrix}$, приписывая к матрице A

слева и снизу единичные матрицы соответствующих размеров. Правый

нижний блок этой матрицы может быть произвольным, так как не участвует в дальнейших преобразованиях.

2. Элементарными преобразованиями над первыми m строками и первыми n столбцами привести блочную матрицу к виду матриц размеров $m \times n$ простейшего вида

$$\Lambda = \begin{pmatrix} E_r & O \\ O & O \end{pmatrix} \quad (3)$$

В (3) матрица E_r - единичная r -га порядка ($r = \text{rang}(A), 1 \leq r \leq \min\{m, n\}$),

O - нулевая матрицы соответствующих размеров

3. Записать полуобратную матрицу:

$$A^{-1} = T \cdot \begin{pmatrix} E_r \\ U \end{pmatrix} \cdot (E_r / V) \cdot S, \quad (4)$$

где U и V - произвольные матрицы размеров $(n-r) \times r$ и $r \times (m-r)$ соответственно.

В первых двух пунктах алгоритм фактически скелетное разложение матрица A :

$$A = BC, \quad B = S^{-1} \begin{pmatrix} E_r \\ O \end{pmatrix}, \quad C = (E_r / O) \cdot T^{-1} \quad (5)$$

где B и C матрицы размеров $m \times r$ и $r \times n$ соответственно, причем $r = \text{rang} A$.

В работе с помощью предложенного алгоритма получено решение системы линейных уравнений при помощи полуобратной матрицы и докажем теорема о совместности неоднородной системы и о структуре ее общего решения.

Список использованной литературы

- [1]. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. Москва:Наука,1974,808 с.
- [2]. Шадиметов Х.М. Оптимальные решетчатые квадратурные и кубатурная формулы в пространствах Соболева. -Ташкент: фан ва технология, 2019.-224 с.

БИОТИББИЙ ТАСВИРЛАРНИ ДОБЕШИ ВЕЙВЛЕТ УСУЛИДА РАҚАМЛИ ИШЛОВ БЕРИШНИНГ АЛГОРИТМЛАРИ

Хурамов Л.Я.

Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети

e-mail: latifxua@gmail.com

Кириш

Мазкур мақолада тиббий тасвирларни Добеши вейвлетларида рақамли ишлаш алгоритми ишлаб чиқилди. Тиббий тасвирларни рақамли кайта ишлаш Добеши вейвлети асосида қурилган булиб олинган натижа тиббий тасвирга нисбатан ёрқинликка эришилди

Вейвлетлар назарияси - кейинги йилларда сигналларни анализ ва синтез қилиш учун кучли математик апарат бўлиб, рақамли сигналларни

қайта ишлашда кенг қўлланилмоқда. Фуре усулида рақамли ишланадиган сигналлар билан таққослаганда, вейвлетлар ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш усули самарали филтрлаш, интерполяция, сигнални моделлаштириш, абслю ва нисбий хатоликларини камайтириш, шумлардан тозаллаш, сигнални кучайтириш, сигнал характеристикасини тез ажратиб олиш ва тасвир маълумотларини сиқиш каби кўплаб сезиларли даражада мослашувчанликни таъминлайди. У қуйидаги моделлар асосида курилади.

- $\psi_{a,b}(t)$ - оналик тўлқини

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

- турли хил ўлчовдаги функциянинг частота таркибини ўрганиш ва сиқишни сигналларнинг қайта ишлашда функцияларн синтезлаш учун ишлатилади

- $\psi(t)$ оналик вейвлети учун одатда қўйиладиган шартлар:

$$1. \text{Интеграция қобилияти} \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)| dt < \infty \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty$$

2. Нол ўртача, нормализация

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt = 1$$

$$3. \text{Нол қийматлар} \quad \int_{-\infty}^{\infty} t^m \psi(t) dt = 0$$

Добеши вейвлетини куриш. Добеши вейвлети масштаблаш мезонига асосланиб курилган ва шунинг учун чекланган микдордаги коэффициентларга эга.

Добеши вейвлетини куриш учун масштаблаш ва вейвлет тенгламасини ёзамиз:

$$\varphi(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \varphi(2t-k); \quad \psi(t) = \sqrt{2} \sum_k g_k \varphi(2t-k) \quad (2)$$

Добеши вейвлетининг $\psi(t)$ вейвлет функцияси одатда D ҳарфи билан белгиланади ва Добеши вейвлет масштабига мос келадиган рақам қўшилиши билан, яъни D2, D4, D6 ҳосил қилинади, формуладаги h_k ва g_k лар мос равишда масштаблаш ва вейвлет функцияларининг коэффициентлари бўлиб, улар учун (2) формулага кўра қуйидаги тенглик ўринли:

$$\begin{cases} h_0^2 + h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 = 1 \\ h_2 h_0 + h_3 h_1 = 0 \\ h_3 - h_2 + h_1 - h_0 = 0 \\ 0 h_3 - 1 h_2 + 2 h_1 - 3 h_0 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

бу тенгламани ечиб, h_k –коэффициентлар аниқлангандан сўнг, h_k ёрдамида g_k ларни қуйидаги муносабат орқали аниқлаймиз:

$$g_k = (-1)^k h_{2M-k-1} \\ g_0 = h_3, g_1 = -h_2, g_2 = h_1, g_3 = -h_0$$

$\varphi(t)$ функцияни вейвлет ўзгариши учун a_i ва d_i коэффициентларини ҳисоблаш талаб этилади. Бу муаммони ҳал қилиш учун Малла томонидан таклиф қилинган тез вейвлет ўзгартириш усулидан фойдаланилади. Малла алгоритми вейвлет ўзгартириш коэффициентларини алгебраик операцияларидан фойдаланган ҳолда ҳисоблаш имконини беради:

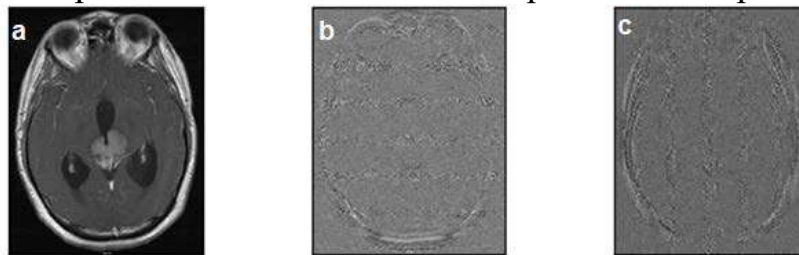
$$\begin{aligned} a_i &= h_0 f_{2i} + h_1 f_{2i+1} + h_2 f_{2i+2} + h_3 f_{2i+3} \\ d_i &= g_0 f_{2i} + g_1 f_{2i+1} + g_2 f_{2i+2} + g_3 f_{2i+3} \end{aligned} \quad (4)$$

a_i Добешининг масштаблаш коэффициентлари, d_i Добешининг вейвлет коэффициентлари. Ушбу (4) тенгликлар вейвлет коэффициентларини ҳисоблаш учун тезкор алгоритмларни таъминлайди, (4) формулага кўра Добеши вейвлети асосидаги вейвлет ўзгартириш куйидагича ёзилади:

$$D(a, b) = \sum_i a_i + \sum_i d_i \quad (5)$$

Добешининг тўртинчи тартибли вейвлет ўзгартириши амалга оширилганда $\varphi(t)$ масштаблаш функцияси учун иккита коэффициент нолга айланади.

1-расм.Герминома Пинеал бези Тасвирининг тасвир таҳлили



(a) approximation, (b) horizontal detail, (c) vertical detail

Хулоса

Тиббий тасвирларни қайта тиклашда шовқинни тозалаш сифатини баҳолаш PSNR нуқтаи назаридан тавсифланади. Натижалардан биз биосигнал ва тиббий тасвирлапни вейвлет усулида рақамли қайта ишлаш юқори натижа берар экан ва ушбу ишлаб чиқилган алгоритидан кенг кўламда фойдаланиш мумкин деган хулосага келинди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

- [1]. Зайнидинов Х.Н. Методы и средства обработки сигналов в кусочно полиномиальных вейвлетах. // «Ташкент», 2015. 70 стр.
- [2]. Зайнидинов Х.Н., Сплайны в задачах цифровой обработки сигналов //Ташкентский университет информационных технологий
- [3]. Патрикеев И.А., Фрик П.Г., Вейвлет-томография в условиях шума // Мат.моделирование систем и процессов. Пермь:ПГТУ. –1997. Вып.5, с. 86-
- [4]. Прохоров С.А., Столбова А.А. Вейвлет-преобразование нерегулярных процессов без восстановления пропущенных отсчетов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): тр. Междунар. науч.-технич. конф. Самара, 2017. С. 154–156.

СОВЕРШЕННЫЕ КВАДРАТИЧНЫЕ ФОРМЫ, СВЯЗАННЫЕ С РЕШЕТКОЙ И КУБАТУРНЫХ ФОРМУЛ

^{1,2}*Шадиметов Х.М.,* ²*Гуломов О.Х.,* ³*Хужамкулов Б.Т.*

Ташкентский государственный транспортный университет

Институт математики им. В.И. Романовского

Термезский государственный университет

e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru, otabek10@mail.ru, xojamqulovb@mail.ru

Пусть $A = \|a_{\mu\nu}\|$ вещественная квадратичная матрица порядка n , т.е. $\mu = 1, 2, \dots, n; \nu = 1, 2, \dots, n$ и $\det A > 0$. Рассмотрим в пространстве R^n множество точек

$$\Lambda\left(A \mid x^{(0)}\right)=\left\{x: x=A \beta+x^{(0)}\right\}, \quad(1)$$

где $x^{(0)}$ - произвольные фиксированный вектор, а β пробегает все множество B^n - целочисленных n - мерных векторов-столбцов.

Множество $\Lambda(A|x^{(0)})$ называется n -мерной решеткой в R^n .

Изучая векторы решетки $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^* \in \Lambda$, обычно удобнее работать не с длиной, а с квадратом длины или нормой.

Норма обозначается

$$N(x) = x \cdot x = (x, x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Пусть Λ - решетка в n мерном пространстве R^n имеющая базис $a_1, \dots, a_n$ (векторы $a_1, \dots, a_n$ суть столбцы, $a_1 = (a_{11}, a_{21}, \dots, a_{n1})^*$, $a_2 = (a_{12}, a_{22}, \dots, a_{n2})^*$, ..., $a_n = (a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{nn})^*$ порождающей матрицы A).

Общий вектор решетки $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^* \in \Lambda$ может быть записан как

$$x = A\beta = \begin{pmatrix} a_{11}\beta_1 + a_{12}\beta_2 + \dots + a_{1n}\beta_n \\ a_{21}\beta_1 + a_{22}\beta_2 + \dots + a_{2n}\beta_n \\ \vdots \\ a_{m1}\beta_1 + a_{m2}\beta_2 + \dots + a_{mn}\beta_n \end{pmatrix}.$$

С другой стороны пользуясь обозначением работы [1] общий вектор x можно написать в виде

$x = a_1\beta_1 + a_2\beta_2 + \dots + a_n\beta_n$. Норма этого вектора равна

$$N(x) = N(a_1\beta_1 + a_2\beta_2 + \dots + a_n\beta_n) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \beta_j \beta_i (a_j, a_i) = \beta^* A^* A \beta = \beta^* B \beta = r_A^2(\beta)$$

где $B = A^* A$ - матрица Грамма решетки Λ . Рассмотренная как функция от n

целочисленных $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ функция $r_A^2(\beta)$ является квадратичной формой, связанной решеткой. Таким образом, изучение решеток равносильно изучению квадратичных форм от n целочисленных аргументов.

Арифметические свойства таких форм были предметом многочисленных исследований. К величинам, которые нас будут интересовать, относятся различные функционалы от решеток, инвариантные относительно ортогональных преобразований пространства. Также функционалы являются, очевидно, функциями от квадратичной формы $r_A^2(\beta)$.

Представим матрицу A в виде $A = hH$, где $h^n = \det A$; $\det H = 1$. Тогда $r_A^2(\beta) = h^2 r_H^2(\beta)$. Поэтому достаточно изучать функцию $r_H(\beta)$ от матрицы H с единичным определителем.

С теорией кубатурных формул связана задача об отыскании минимума функции дзета-функцией Эпштейна

$$\zeta(H/2m) = \sum_{\beta \neq 0} \frac{1}{r_H^{2m}(\beta)} \quad (2)$$

как функции от матрицы H при заданном целом $m > \frac{n}{2}$. Для больших m в ряде (2) все члены, кроме тех, где $r_H(\beta)$ имеет наименьшее значение, становятся пренебрежимо малыми. При этом задача отыскания наименьшего значения $\zeta(H/2m)$ приближенно сводится к отысканию таких матриц H , для которых $\frac{1}{\min_{\beta \neq 0} r_H(\beta)}$ минимально, т.е. достигается $\max_H \min_{\beta \neq 0} r_A(\beta)$,

который мы обозначим через r_0 . Решетка H для которых этот максимум достигается, носят название решеток наиплотнейшей упаковки шаров в R^n . Наиплотнейшие упаковки, как мы уже упоминали, могут быть получены регулярным образом, в результате конечного числа действий. Алгоритм для их отыскания был дан Вороным. Известно [2], что для матрицы H , реализующей минимум функций $\zeta(H/2m)$, матрица H^{-1} задает оптимальную решетку кубатурных формул.

Основным результатом работы является развернутое доказательство следующего предложения.

Теорема. Окрестность Вороного совершенной формы

$$\varphi_1^5 = \varphi_1^5(x) = \varphi_1^5(x_1, \dots, x_5) = x_1^2 + \dots + x_5^2 + x_1x_3 + x_1x_4 + x_1x_5 + x_2x_3 + \dots + x_4x_5$$

Состоит только из трех совершенных форм:

$$\varphi_0^5 = \varphi_0^5(x) = \varphi_0^5(x_1, \dots, x_5) = x_1^2 + \dots + x_5^2 + x_1x_2 + \dots + x_1x_5 + x_2x_3 + \dots + x_4x_5,$$

$$\varphi_1^5 = \varphi_1^5(x) = \varphi_1^5(x_1, \dots, x_5) = \varphi_0^5 - x_1x_2,$$

$$\varphi_2^5 = \varphi_2^5(x) = \varphi_2^5(x_1, \dots, x_5) = \varphi_0^5 - \frac{1}{2}(x_1x_2 + x_3x_4 + x_3x_5 + x_4x_5).$$

Литература

- [1]. Conway J.H., Sloane N.J.A. Sphere Packings, Lattices and Groups, third edition, volume 290 of Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Springer-Verlag, 1998. VR1662447(2000b:11077).
- [2]. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. Москва, Наука, 1974, 808 с.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ФОРМУЛЫ ПРИБЛИЖЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДЛЯ БЫСТРО ОСЦИЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ

¹Шадиметов Х.М., ²Давлатова Ф.И.

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Институт математики им. В.И.Романовского, АН РУз

e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru, fotimadavlatova733@gmail.com

Как известно, приближенное вычисление интеграла

$$I_{\omega} = \int_0^1 \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx, \quad (1)$$

где ω произвольное натуральное число, играющего важную роль в вычислительной математике, наталкивается на определенные трудности при больших значениях ω из-за того, что подынтегральная функция сильно осциллирует. Для вычисления интеграла (1) в работах [1,2,3] построена оптимальная квадратурная формула. Общая задача теории численного интегрирования одномерных функции состоит в приближенном вычислении интеграла

$$I_{\omega} = \int_0^1 \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx = \int \varepsilon_{[0,1]}(x) \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx.$$

Здесь $\varepsilon_{[0,1]}(x)$ – характеристическая функция отрезка $[0,1]$, $\exp(2\pi i \omega x)$ – весовая функция, $\varphi(x)$ из пространство Соболева $L_2^{(m)}(0,1)$. Приближение будем искать в виде линейной комбинации значений $\varphi(x)$ в $N+1$ точках $(h\beta)$ называемых узлами:

$$\begin{aligned} \int_0^1 \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx &\cong \sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^N d_{\alpha}[\beta] \varphi^{(\alpha)}(h\beta) = \\ &= \int \sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^N (-1)^{\alpha} d_{\alpha}[\beta] \delta^{(\alpha)}(x - h\beta) \varphi(x), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\delta(x)$ – дельта-функция Дирака. Выражение (2) называется квадратурной формулой.

Цель настоящей работы – это оптимальное приближение линейного функционала $\ell_1(\varphi) = \int_0^1 \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx$ линейными функционалами вида

$\ell_2(\varphi) = \sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^N d_\alpha[\beta] \varphi^{(\alpha)}(h\beta)$. Разность этих функционалов рассматривается как погрешность квадратурной формулы (2), т.е.

$$(\ell_\omega^N(x), \varphi(x)) = \ell_1(\varphi) - \ell_2(\varphi) = \int_0^1 \exp(2\pi i \omega x) \varphi(x) dx - \sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^N d_\alpha[\beta] \varphi^{(\alpha)}(h\beta).$$

Здесь

$$\ell_\omega^N(x) = \exp(2\pi i \omega x) \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^N (-1)^\alpha d_\alpha[\beta] \delta^{(\alpha)}(x - h\beta). \quad (3)$$

называется функционалом погрешности.

Этого достаточно для того чтобы формула (2) была определена на всех функциях из $L_2^{(m)}(0,1)$. О качестве формулы будем судить, исходя из оценки величины

$$\|\ell_\omega^N | L_2^{(m)*}(0,1)\| = \sup_{\|\varphi\|_{L_2^{(m)}}=1} |\ell_\omega^N, \varphi|. \quad (4)$$

следовательно, оценка погрешности квадратурной формулы (2) на функциях пространства $L_2^{(m)}(0,1)$, сводится к нахождению нормы функционала погрешности (3) в сопряженном пространстве $L_2^{(m)*}(0,1)$. Норма функционала погрешности зависит от коэффициентов $d_\alpha[\beta]$ и узлов $(h\beta)$.

Если

$$\|\overset{\circ}{\ell}_\omega^N | L_2^{(m)*}(0,1)\| = \inf_{d_\alpha[\beta]} \|\ell_\omega^N | L_2^{(m)*}(0,1)\|, \quad (5)$$

то говорят, что функционал $\overset{\circ}{\ell}_\omega^N$ соответствует оптимальной квадратурной формуле в $L_2^{(m)}(0,1)$.

Если потребуется найти максимально возможную погрешность над пространством $L_2^{(m)}(0,1)$ построенной квадратурной формулы, то достаточно решить следующую задачу.

Задача I. Найти норму функционала погрешности $\ell_\omega^N(x)$ рассматриваемой квадратурной формулы (2).

Это задача будет решена, если существует так называемая экстремальная функция, т.е. такая функция $U_\ell^\omega(x)$ для которой

$$|(\ell_\omega^N, U_\ell^\omega)| = \|\ell_\omega^N | L_2^{(m)*}(0,1)\| \cdot \|U_\ell^\omega | L_2^{(m)}(0,1)\|.$$

Если требуется найти оптимальную квадратурную формулу варьируя коэффициенты $d_\alpha[\beta]$ и узлы $(h\beta)$, то необходимо решить следующую задачу.

Задача II. Найти такие значения коэффициентов $d_\alpha[\beta]$ и узлов $(h\beta)$, чтобы выполнялось равенство (5).

В настоящей работе в пространстве $L_2^{(m)}(0,1)$ решены задачи I и II при $m = 2, 3$ когда узлы $(h\beta)$ фиксированы, т.е. построены оптимальные квадратурные формулы.

Литература

- [1]. Filon L.N.G. On a quadrature formula for trigonometric integrals.—Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 1928, **49**, p. 38—47.
- [2]. Hayotov A.R., Jeon S., Shadimetov Kh.M. Application of optimal quadrature formulas for reconstruction of CT images, Journal of Computational and Applied Mathematics 388 (2021) 113313,
- [3]. Hayotov A.R., Jeon S., Lee C.-O., Shadimetov Kh.M. Optimal quadrature formulas for non-periodic functions in Sobolev space and its application to CT image reconstruction, Filomat, 2021, vol.35, no.12, 4177-4195.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОПТИМАЛЬНЫХ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ С ЯДРОМ ГИЛЬБЕРТА

^{1,2}**Шадиметов Х.М., ²Жабборов Х.Х.**

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Институт Математики имени В.И.Романовского АН РУз

e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru, jabborov.teacher@gmail.com.

Многие прикладные задачи аэродинамика, теории упругости, электродинамики и других областей естественным образом сводятся к сингулярным интегральным уравнениям.

Следует отметить, что тенденцию развития численных методов решения интегральных уравнений. Наибольшее развитие численные методы получили для интегральных уравнений Фредгольма второго рода с гладкими ядрами. Для таких уравнений были построены численные методы, основанные на применении к интегралу квадратурных формул типа прямоугольников или аналогичных достаточно общих квадратурных формул. При соединении численных методов для сингулярных интегральных уравнений необходимо построить новые квадратурные формулы учитывающие особенности подынтегральных функций, т.е. эффективные квадратурные формулы для приближенного вычисления сингулярных интегралов с ядрами Коши и Гильберта.

Поэтому создать эффективные алгоритмы для решения интегральных уравнений с ядром Гильберта являются одной из актуальной задачей вычислительной математики.

Вышеуказанные задачи приводятся к приближенному вычислению сингулярных интегралов с ядром Гильберта.

Для эффективного приближения этих интегралов рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_0^1 ctg \pi(x - x_0) \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N S[\beta] \varphi(h\beta) \quad (1)$$

с функционалом погрешности

$$I_N(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) \operatorname{ctg} \pi(x - x_0) - \sum_{\beta=0}^N S[\beta] \delta(x - h\beta) \quad (2)$$

Здесь $\varphi(x) \in L_2^{(m)}(0,1)$ - пространство Соболева [1], $\varepsilon_{[0,1]}(x)$ - индикатор отрезка $[0,1]$, $S[\beta]$ - коэффициенты квадратурной формулы. В настоящей работе доказана следующая теорема.

Теорема. Среди квадратурных формул вида

$$\int_0^1 \operatorname{ctg} \pi(x - x_0) \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N S[\beta] \varphi(h\beta) \quad (3)$$

в пространстве Соболева $L_2^{(3)}(0,1)$ -периодических функций существует единственная оптимальная квадратурная формула, коэффициенты которой определяются формулой

$$S[\beta] = 120h \sum_{\gamma=1}^{\infty} \left(\frac{\sin \pi h \gamma}{\pi h \gamma} \right)^6 \frac{\sin 2\pi \gamma (h\beta - x_0)}{\cos 4\pi \gamma h + 26 \cos 2\pi \gamma h + 33}, \quad \beta = 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

РАЗНОСТНЫЕ ФОРМУЛЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА

¹Шадиметов Х.М., ²Шоназаров С.К.

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Институт математики им. В.И. Романовского, Ташкент, Узбекистан
e-mail: kholmatshadimetov@mail.ru, sshon1989@mail.ru

Рассмотрим задачу Коши для уравнения второго порядка

$$\begin{aligned} y'' &= f(x, y) \\ y(0) &= u_0, \\ y'(0) &= u_1. \end{aligned} \quad (1)$$

Пусть требуется найти приближенное решение этой задачи на отрезке $[0,1]$. Разделим этот отрезок на N частей длины $h = \frac{1}{N}$ и будем искать приближенные значения y_n искомого решения $y(x)$ в точках $x_n = nh$, $n = 0, 1, \dots, N$.

Для приближенного решения задачи (1) рассмотрим общую разностную формулу второго порядка

$$\sum_{\beta=0}^k C[\beta] \varphi[\beta] - h^2 \sum_{\beta=0}^k C^{(II)}[\beta] \varphi''[\beta] \cong 0 \quad (2)$$

Здесь неизвестными являются коэффициенты $C[\beta]$ и $C^{(II)}[\beta]$ разностных формул, $h = \frac{1}{N}$, $[\beta] = h\beta$, $(\beta = 0, 1, \dots, k)$. Будем рассматривать функции $\varphi(x)$, принадлежащие гильбертову пространству Соболева $L_2^{(m)}(0,1)$. $L_2^{(m)}(0,1)$ - гильбертово пространство классов вещественных функций $\varphi(x)$,

отличающихся друг от друга на полином степени $m-1$ с производными (в смысле обобщенных функций) порядка m , квадратично интегрируемыми на интервале $(0,1)$ и скалярным произведением

$$\{f, \varphi\} = \int_0^1 \left(\frac{d^m f(x)}{dx^m} \right) \left(\frac{d^m \varphi}{dx^m} \right) dx. \quad (3)$$

Так как $L_2^{(m)}(0,1)$ вложено в пространство $C(0,1)$ непрерывных функций, то линейным будет и функционал погрешности разностной формулы второго порядка

$$\begin{aligned} (\ell, \varphi) &= \sum_{\beta=0}^k C[\beta] \varphi[\beta] - h^2 \sum_{\beta=0}^k C^{(II)}[\beta] \varphi''[\beta] = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{\beta=0}^k C[\beta] \delta(x - h\beta) - h^2 \sum_{\beta=0}^k C^{(II)}[\beta] \delta''(x - h\beta) \right] \varphi(x) dx. \end{aligned} \quad (4)$$

Задача построения разностной формулы (1) в функциональной постановке состоит в нахождении такого функционала (4), норма которого в пространстве $L_2^{(m)*}(0,1)$ минимальна. Для нахождения в явном виде нормы функционала погрешности ℓ мы будем использовать часто так называемую экстремальную функцию данного функционала, то есть такой функцией ψ_ℓ для которого

$$(\ell, \psi_\ell) = \|\ell\|_{L_2^{(m)*}(0,1)} \|\psi_\ell\|_{L_2^{(m)}(0,1)}$$

В настоящей работе в пространстве Соболева $L_2^{(m)}(0,1)$ явно найдена экстремальная функция разностной формулы второго порядка.

Справедлива следующая теорема

Теорема. Экстремальная функция разностной формулы второго порядка (2) в пространстве $L_2^{(m)}(0,1)$ определяется формулой

$$\psi_\ell(x) = (-1)^m \left[\sum_{\beta=0}^k C[\beta] G_m(x - h\beta) - h^2 \sum_{\beta=0}^k C^{(II)}[\beta] G_m''(x - h\beta) \right] + P_{m-1}(x).$$

$$\text{Здесь } G_m(y) = \frac{|y|^{2m-1}}{2(2m-1)!}, \quad G_m''(y) = \frac{|y|^{2m-3}}{2(2m-3)!}, \quad P_{m-1}(x) - \text{многочлен}$$

степени $m-1$.

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ВРАЩЕНИЕ ЖЕСТКОГО ШАРА ВБЛИЗИ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ В УПРУГОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Шукуров А.М., Каримов М.М., Мусурмонова М.О.

Каршинский государственный университет

e-mail: ShukurovAmon@yandex.ru

Математическое моделирование и исследование нестационарных волновых процессов в сплошных средах представляет собой сложное и, вместе с тем, актуальное направление волновой динамики сплошных сред.

Актуальность проблем волновой динамики сплошных сред обусловлена развитием различных областей техники, созданием новых конструкций, работающих при динамических нагрузках, а также проблемами геофизики, сейсмологии, нефтеразведки, добывающей промышленности, строительства гражданских и промышленных сооружений.

Дана работа посвящена к изучению нестационарного вращения жесткого шара вблизи сферической полости, расположенной в упругом пространстве. Цель работы – разработка алгоритм решения задачи и исследование нестационарных поперечных волновых процессов при нестационарном вращении жесткого шара вблизи сферической полости в упругом пространстве.

Пусть в бесконечном упругом пространстве расположен неподвижный абсолютно жесткий шар радиуса R_1 вблизи сферической полости радиуса R_2 , расстояние между центрами которых равно l , где $l > R_1 + R_2$. Движение среды рассматривается в двух сферических системах координат: начальная точка первой сферической системы координат $(r_1, \theta_1, \vartheta_1)$ расположена в центре полости, а начальная точка второй сферической системы координат $(r_2, \theta_2, \vartheta_2)$ в центре жесткого шара.

В начальной момент времени $\tau = 0$ жесткий шар вращается по заданному закону $V(\tau, \theta_1)$ при полном сцеплении с окружающей средой, что образует вращательное движение среды вокруг оси, проходящей через центры шара и полости.

$$w_1|_{r_1=R_1} = V(\tau, \theta_1). \quad (1)$$

На поверхности полости напряжение равно нулю

$$\sigma_{r_2\vartheta_2}|_{r_2=R_2} = 0. \quad (2)$$

С учётом осевой симметрии задачи движение упругой среды относительно ненулевой компоненты векторного потенциала ψ описывается волновым уравнением ($i=1,2$)

$$\gamma^2 \ddot{\psi} = \Delta \psi - \frac{\psi}{r_i^2 \sin^2 \theta_i}, \quad \Delta = \frac{1}{r_i^2} \frac{\partial}{\partial r_i} \left(r_i^2 \frac{\partial}{\partial r_i} \right) + \frac{1}{r_i^2 \sin \theta_i} \frac{\partial}{\partial \theta_i} \left(\sin \theta_i \frac{\partial}{\partial \theta_i} \right) \quad (3)$$

Начальные условия - однородные

$$\psi|_{\tau=0} = \dot{\psi}|_{\tau=0} = 0. \quad (4)$$

Условие на бесконечности имеет следующий вид:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \psi = 0. \quad (5)$$

Начально-краевая (1) – (5) задача решается с применением интегрального преобразования Лапласа по времени τ и метода неполного разделения переменных. В пространстве изображений с учётом отсутствия возмущения на бесконечности решение уравнения разыскивается в виде суммы двух бесконечных рядов по полиномам Гегенбауэра $C_{n-1}^{3/2}(x)$ [2]. В ней первый бесконечный ряд соответствует распространяющемуся от полости волнам в первой системе координат, а второй ряд – отраженным от шара

волнам во второй системе. Переход из одной системы координат в другую и обратно осуществляется, используя теорему сложения [1] для функций Бесселя второго рода $K_{n+1/2}(x)$ [4].

В пространстве изображений получим бесконечную систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных функций, которую запишем в виде системы двух матричных уравнений. Решение системы разыскиваем в виде бесконечных рядов по экспонентам.

Подставляя ряды в систему, получаем рекуррентную соотношения относительно неизвестных коэффициентов рядов функций и соответствующие начальные условия к ним. Эти соотношения позволяют определить все искомые изображения без использования редукции бесконечной системы уравнений. Анализ рекуррентных соотношений показывает, что изображения есть рациональные функции параметра преобразования Лапласа, который дает возможность вычислять их оригиналы с помощью теории вычетов [3].

Получены формулы для изображений коэффициентов рядов по полиномам Гегенбауэра компонент перемещения и напряжения. Численные результаты представлены в виде графиков, которые показывают влияние отраженных от поверхности шара волн на напряженно-деформированное состояние среды. Полученные результаты работы могут быть использованы в области геофизики, сейсмологии и проектных организаций при строительстве сооружений, а также при проектировании подземных резервуаров.

Литературы

[1] Иванов Е.А. Дифракция электромагнитных волн на двух телах. – Минск: Наука и техника, 1968. – 584 с.

[2] Кузнецов Д.С. Специальные функции. – М.: Высшая школа, 1985. – 423 с.

[3] Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функции комплексного переменного. – М.: Наука, 1987. – 688 с.

[4] Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и таблицами. Под ред. М.Абрамовица, И.Стиган. – М.: Наука, – 1979. – 832 с.

ЗАДАЧА О РАЗНОСТНЫХ ФОРМУЛАХ

Эсанов Ш.Э.

Термезский государственный университет

e-mail: esanov_sher@mail.ru

Пусть требуется найти решение дифференциального уравнения

$$y' = f(x, y), \quad (1)$$

с начальным условием

$$y(0) = y_0, \quad (2)$$

на отрезке $[0,1]$. Разделим этот отрезок на N частей длины $h = \frac{1}{N}$ и будем искать приближенные значения y_n искомого решения $y(x)$ в точках $x_n = nh$, $n = 0, \dots, N$.

Классическим примером разностных формул, такого рода служит формула Эйлера, которая состоит в следующем: приближенное значение y_{n+1} решения в точке x_{n+1} получается из приближенного значения y_n решения в точке x_n по формуле

$$y_{n+1} = y_n + hy'_n \quad (3)$$

где, $y'_n = f(x_n, y_n)$, так что y_{n+1} есть линейная комбинация значений функции и ее производных в точке x_n .

Формула (3) получена интегрированием дифференциального уравнения $y' = y'_n$ на отрезке $[x_n, x_{n+1}]$ с начальным условием $y(x_n) = y_n$. Здесь неизвестные значения $y'(x)$ на отрезке $[x_n, x_{n+1}]$ заменены постоянными значениями y'_n . Используя y'_n во многих предыдущих точках, можно построить для $y'(x)$ интерполяционную формулу

$$y'(x) = y'_n + \frac{1}{h}(x - x_n)\nabla y'_n + \frac{1}{2!h^2}(x - x_n)(x - x_{n-1})\nabla^2 y'_n + \\ + \frac{1}{3!h^3}(x - x_n)(x - x_{n-1})(x - x_{n-2})\nabla^3 y'_n + \dots, \quad (4)$$

где ∇ - обозначает разность назад, т.е. $\nabla Z_n = Z_n - Z_{n-1}$. Интегрируя (4) на отрезке $[x_n, x_{n+1}]$, получаем

$$y_{n+1} = y_n + h \left(y'_n + \frac{1}{2}\nabla y'_n + \frac{5}{12}\nabla^2 y'_n + \frac{3}{8}\nabla^3 y'_n + \dots \right). \quad (5)$$

Формула (5) называется разностной формулой Адамса-Башфорта.

Интегрируя (3) на отрезке $[x_n, x_{n+1}]$, получаем формулу Адамса-Мултона

$$y_n = y_{n-1} + h \left(y'_{n-1} - \frac{1}{2}\nabla y'_{n-1} - \frac{1}{12}\nabla^2 y'_{n-1} + \frac{1}{24}\nabla^3 y'_{n-1} - \dots \right). \quad (6)$$

Интегрирование на отрезке $[x_{n-1}, x_{n+1}]$, дает формулу Нистрёма

$$y_{n+1} = y_{n-1} + h \left(2y'_n + \frac{1}{3}\nabla^2 y'_n + \frac{1}{3}\nabla^3 y'_n + \dots \right). \quad (7)$$

Интегрирование на отрезке $[x_{n-1}, x_n]$ даёт формулу Милн-Симпсона

$$y_n = y_{n-2} + h \left(2y'_n - 2\nabla y'_n + \frac{1}{3}\nabla^2 y'_n + \dots \right). \quad (8)$$

Аналогичные формулы можно вывести с помощью приближенного дифференцирования.

Рассмотрим общую разностную формулу:

$$\sum_{\nu=0}^k \alpha_\nu y_{n+\nu} = h \sum_{\nu=0}^k \beta_\nu f(x_{n+\nu}, y_{n+\nu}), \quad (9)$$

$$n = 0, 1, \dots, N - k, \alpha_v \neq 0$$

с начальными условиями

$$y_i = y_{0,i}, i = 0, 1, \dots, k - 1. \quad (10)$$

так, как формула (9) определяет y_n через k предыдущих значений y_i , поэтому ее называют разностной формулой k -го порядка; если $\beta_k \neq 0$, то формула называется неявной; если же $\beta_k = 0$, то явной.

Чтобы обеспечить численную общегоразностного метода необходимо наложить на коэффициенты формулы (9) некоторые дополнительные условия. Детально изучил эту проблему Дальквист Г., Бабушка И., Витасек Э., Прагер М..

Определение. Говорят, что формула (9) устойчива в смысле Дальквиста, если все корни ξ_i характеристического полинома

$$P(\xi) = \sum_{v=0}^k a_v \xi^v$$

таковы, что $|\xi_i| \leq 1$, а те корни, для которых $|\xi_i| = 1$, просты.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЛАНОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПРИ УДОВЛЕТВОРЕНИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Эсонтурдиев М.

Чирчикский Государственный педагогический университет

e-mail: esonturdiyev80@mail.ru

Вычисляются плановые режимы работы участков магистрального канала для обеспечения потребности всех потребителей, которые характеризуются следующим множеством [1]

$$\Omega_M^{BP} = \{m, Q_{mn}^{PH}, Q_{mn}^{PK}, Q_{Bmn}^P, Q_{Пmn}^P, Q_{OBmn}^P, q_{ДПmn}^P, S_{mn}^P\} \quad \forall m \in M, \forall n \in N_B. \quad (1)$$

Здесь Q_{mn}^{PH} , Q_{mn}^{PK} – расход воды в начале и конце участка, Q_{Bmn}^P , $Q_{Пmn}^P$ – суммарные расходы воды водозаборов и притоков, Q_{OBmn}^P , $q_{ДПmn}^P$ – суммарные расходы воды на орошение и других потребителей, S_{mn}^P – орошаемые площади сельхозкультур подвешенных на участке m для декады n вегетационного периода.

Головной потребный (плановый) расход воды $Q_{m,n}^{HP}$, соответствующий начальному участку каналов систем машинного водоподъема по декадам вегетационного периода является потребным расходом для всех потребителей канала [2,5]. Здесь m_2 – номер начального участка магистрального канала.

Определение потребности водных ресурсов по потребителям магистрального канала в невегетационный период аналогично, как и для вегетационного периода. Отличие заключается только в том, что вместо режимов орошения сельхозкультур используются промывные нормы поливов

засоленных земель по типам засоления, поливная норма зерновых и других культур в невегетационный период и нормы влагозарядковых поливов.

Для невегетационного периода определяются режимы промывки засоленных площадей по типам засоления i , в которых в каждом промывочном поливе j устанавливаются промывные нормы, поливные нормы зерновых и норма влагозарядковых поливов $W_{ikj\Pi}$, сроки поливов, т.е. начала t_{ikjH} , конец t_{ikjK} и длительность полива $T_{ikj} = t_{ikjH} - t_{ikjK}$. Промывная норма, поливная норма зерновые в невегетационный период и норма влагозарядковых поливов $W_{ik\Pi}$ определяются в виде суммы

промывных и поливных норм, т.е. $W_{ik\Pi} = \sum_{j=1}^{N_i} W_{ikj\Pi}$. Для планирования

водных ресурсов для каждого типа засоленных земель рассчитываются декадные промывные гидро – и поливные модули [3]. Декадный промывной гидромодуль – это необходимый удельный расход воды ($л/с/га$), подаваемый равномерно для промывки засоленных земель в данной декаде невегетационного периода. Декадный поливной модуль – это необходимая удельная площадь ($га/полив$), поливаемая в данной декаде невегетационного периода [4].

Алгоритм вычисления плановых режимов водоподачи участков магистрального канала для невегетационного периода, для обеспечения промывных поливов засоленных земель, поливов зерновых влагозарядковых поливов всех потребителей отвода характеризуется следующим множеством

$$\Omega_M^{HB\Pi} = \{m, Q_{mn}^{H\Pi}, Q_{mn}^{K\Pi}, Q_{Bmn}^{\Pi}, Q_{\Pi mn}^{\Pi}, Q_{OBmn}^{\Pi}, q_{Д\Pi mn}^{\Pi}, S_{mn}^{\Pi}\} \quad \forall m \in M, \forall n \in N_{HB}. \quad (2)$$

Здесь $Q_{mn}^{H\Pi}$, $Q_{mn}^{K\Pi}$ – расход воды в начале и конце участка канала, Q_{Bmn}^{Π} , $Q_{\Pi mn}^{\Pi}$ – суммарные расходы воды водозаборов и притоков, Q_{OBmn}^{Π} , $q_{Д\Pi mn}^{\Pi}$ – суммарные расходы воды на орошение и других потребителей, S_{mn}^{Π} – орошаемые площади сельхозкультур, подвешенных на участке m для декады n в невегетационного периода, N_{HB} – номера декады вегетационного периода [1,5].

Элементы множества (2) вычисляются на основе режимов промывки засоленных земель, орошения культур в невегетационный период, по структуре площадей засоленных земель, структуре посевов зерновых и других культур поливаемых в невегетационный период.

С вычислением всех элементов множеств (1) – (2) по вышеуказанному алгоритму решается задача определения плановых потребностей в годичном планировании полива орошаемых земель.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Rakhimov Sh.Kh., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A., Optimal control of unsteady water movement in the main canals. International Journal of Advanced

Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, India, ISSN: 2350-0328, pp. 13380-13391.

[2] Эсонтурдиев М.Н., Жумамуратов Д.К. Экономическая эффективность внедрения усовершенствованных режимов работы объектов Джизакская головная насосная станция. НАУКА и ОБЩЕСТВО Научно-методический журнал №3 2022, ISSN 2010-720X, стр. 6-8.

[3] Makhmudov I., Turaev R., Seytov A., Muradov N., Sadiev U., Jovliev U., Makhmudova D., Ruziev M., Esonturdiyev M. Optimal Management Of Water Resources Of Large Main Canals With Cascades Of Pumping Stations. Journal of Positive School Psychology 2022, Vol. 6, No. 6, 6878-6884. <http://journalppw.com>

[4] Эсонтурдиев М.Н., Қобилов Т.А. Математическая модель динамических процессов накопления и сработки водохранилищ сезонного регулирования. “Амалий математика ва ахборот технологияларининг замонавий муаммолари” халқаро илмий-амалий анжуман материаллари, 2022 йил, 11-12 май Бухоро, 381 б.

ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ КРОСС-ДИФФУЗИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ярметова Д.И., Назирова Д.Х.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

e-mail: saidovadilafuz1996@mail.ru, dil_n@mail.ru

В работе изучались качественные свойства решений нелинейной кросс-диффузионной системы с переменной плотностью [1]

$$|x|^n \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(v^{m_1-1} \frac{\partial u}{\partial x} \right), |x|^n \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(u^{m_2-1} \frac{\partial v}{\partial x} \right), x \in R_+, t > 0, \quad (1)$$

$$-v^{m_1-1} \frac{\partial u}{\partial x}(0, t) = u^{q_1}(0, t), -u^{m_2-1} \frac{\partial v}{\partial x}(0, t) = v^{q_2}(0, t), t > 0, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), v(x, 0) = v_0(x), x \in R_+, \quad (3)$$

где $m_i > 1, q_i > 0 (i=1, 2), u_0$ и $v_0(x)$ - неотрицательные непрерывные функции с компактным носителем в R_+ .

Система уравнений (1) при $m_i > 1 (i=1, 2)$ describes the processes with a finite velocity of disturbance propagation. Уравнения (1) при $u(x, t) = 0$ являются вырожденными, поэтому задача (1)-(3) предполагает обобщенное решение, не имеющее необходимой гладкости в точках вырождения [1-2].

Система (1) имеет ограниченные автомодельные решения с компактным носителем следующего вида

$$\begin{cases} u(x, t) = (T + t)^{-\alpha_1} f(\xi), \\ v(x, t) = (T + t)^{-\alpha_2} \varphi(\xi), \xi = x(T + t)^{-\gamma} \end{cases}$$

$$T > 0, \gamma = \frac{q_1 - m_2}{(n+2)(q_1 - m_2) + m_2 - 1} = \frac{q_2 - m_1}{(n+2)(q_2 - m_1) + m_1 - 1},$$

где

$$\alpha_1 = \frac{1}{(n+2)(q_1 - m_2) + m_2 - 1}, \alpha_2 = \frac{1}{(n+2)(q_2 - m_1) + m_1 - 1}.$$

и функции $f(\xi), \varphi(\xi)$ являются решениями следующих задач

$$\begin{cases} \frac{d}{d\xi} \left(\varphi^{m_1-1} \frac{df}{d\xi} \right) + \beta \xi^{n+1} \frac{df}{d\xi} + \alpha_1 \xi^n f = 0, \\ \frac{d}{d\xi} \left(f^{m_2-1} \frac{d\varphi}{d\xi} \right) + \beta \xi^{n+1} \frac{d\varphi}{d\xi} + \alpha_2 \xi^n \varphi = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} -\varphi^{m_1-1} \frac{df}{d\xi}(0) = f^{q_1}(0), \\ -f^{m_2-1} \frac{d\varphi}{d\xi}(0) = \varphi^{q_2}(0) \end{cases} \quad (5)$$

Рассмотрим следующие функции

$$\begin{cases} f(\xi) = (a - b_1 \xi^{n+2})^{\frac{1}{m_2-1}}, \\ \varphi(\xi) = (a - b_2 \xi^{n+2})^{\frac{1}{m_1-1}} \end{cases}$$

где $a > 0, b_1 = \frac{\gamma}{n+2}(m_2 - 1), b_2 = \frac{\gamma}{n+2}(m_1 - 1)$.

Теорема 1. Предположим, что $m_1 > 1$ и $m_2 > 1$, тогда финитное решение системы уравнений (4) at $\xi \rightarrow a^{\frac{1}{n+2}}$ при имеет асимптотику

$$\begin{cases} f(\xi) = c_1 \tilde{f}(\xi)(1 + o(1)), \\ \varphi(\xi) = c_2 \tilde{\varphi}(\xi)(1 + o(1)) \end{cases}$$

$$\text{где } c_1 = \left(\frac{\gamma(m_2 - 1)}{n+2} \right)^{1/(m_1-1)}, c_2 = \left(\frac{\gamma(m_1 - 1)}{n+2} \right)^{1/(m_2-1)}.$$

Литература

[1] Rakhmonov Z.R. Properties of Solutions of a System of Nonlinear Parabolic Equations with Nonlinear Boundary Conditions, 2022

[2] Matyakubov A.S. Numerical and visual modeling for blow-up modes in two-component nonlinear media 2022

KORTEVEGA-DE VRIZA TENGLAMASINI SPEKTRAL TO'R USULI YORDAMIDA YECHISH

Normurodov Ch.B., Ziyakulova Sh.A., Alimova R.A.

Termiz davlat universsiteti

e-mail: chnormurodov@gmail.ru

Kortevega-de Vriza tenglamasi uchun quyidagi boshlang'ich-chegaraviy masala qaraladi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\beta \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} - u \frac{\partial u}{\partial x}, a < x < b, \quad (1)$$

$$u(a, t) = 0, u(b, t) = 0, u'(a, t) = 0, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u_0(x). \quad (3)$$

Differensial masala (1)-(3) ni yechish uchun spektral-to`r metodi qo`llanilgan integrallash intervali $[a, b]$ da to`r kiritiladi:

$$[x_0, x_1], [x_1, x_2], [x_2, x_3], \dots, [x_{i-1}, x_i], \dots, [x_{M-1}, x_M]$$

Kiritilgan to`rning har bir elementida differensial masala (1)-(3) ushbu ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = -\beta \left(\frac{2}{k_i}\right)^3 \frac{\partial^3 u}{\partial y^3} - \frac{2}{k_i} u_i \frac{\partial u_i}{\partial y} \quad i = 1, \dots, M \quad (4)$$

$$u_i(1) = u_{i+1}(-1), \quad i = 1, \dots, M-1 \quad (5)$$

$$\frac{1}{k_i} \frac{\partial u_i}{\partial y}(1) = \frac{1}{k_{i+1}} \frac{\partial u_{i+1}}{\partial y}(-1), \quad \frac{1}{k_i} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(1) = \frac{1}{k_{i+1}} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(-1), \quad i = 1, \dots, M-1 \quad (6)$$

$$u_1(-1) = u_M(1) = 0 \quad (7)$$

$$u_i(y, 0) = u_0\left(\frac{m_i}{2} + \frac{k_i}{2}y, 0\right), \quad i = 1, \dots, M \quad (8)$$

Tenglamalar sistemasi (4)-(8) ning taqribiy yechimi birinchi turdagi Chebishev ko`phadlari qatori (10) ko`rinishida izlanadi [1-4]:

$$u_j(y) = \sum_{n=0}^N a_n^{(j)} T_n(y), \quad T_n(y) = \cos(n \cdot \arccos y), \quad (9)$$

$$a_m^{(j)} = \frac{2}{N c_m} \sum_{l=0}^N \frac{1}{c_l} u_j(y_l) T_m(y_l), \quad m = 0, 1, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad (10)$$

$$c_0 = c_N = 2, \quad c_m = 1, \quad \text{agar } m \neq 0, N.$$

(10) va (11) ushbu matritsali ko`rinishda yoziladi $v = Ta$, $a = T^*v$.

Xuddi shu tariqa y_l diskret kollokatsiya tugunlarida birinchi va uchinchi fazoviy hosilalar quyidagicha ifodalanishi mumkin

$$\frac{\partial v}{\partial y} = Tb, \quad \frac{\partial^3 v}{\partial y^3} = Te, \quad (11)$$

b va e vektorlar komponentalari a vektor komponentalari orqali aniqlanadi:

$$c_m b_m^{(j)} = 2 \sum_{\substack{p=m+1 \\ p \equiv m \pmod{2}}}^N p a_p^{(j)}, \quad m \geq 0, \quad j = 1, \dots, M, \quad (12)$$

$$c_m e_m^{(j)} = \frac{1}{4} \sum_{\substack{p=m+1 \\ p+m \equiv 1 \pmod{2}}}^N p \left((p^2 - 1^2) - 2(p^2 + 1)m^2 + m^4 \right) a_p^{(j)}, \quad m \geq 0, \quad j = 1, \dots, M, \quad (13)$$

Formulalar (14) va (15) ni matritsali ko`rinishda yozish mumkin  $b = Ra$ ,  $e = Pa$ , bunda  $R$  va  $P$ —o`lchamlari $((N+1)M) \times ((N+1)M)$ bo`lgan blokli-diagonalli kvadrat matritsalar [2-3]. Bu formulani mos ravishda (11) ga qo`yib fazoviy hosilalarning approksimatsiyasiga ega bo`linadi:

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \hat{B}v, \quad \frac{\partial^3 v}{\partial y^3} = \hat{A}v, \quad (14)$$

bunda $\hat{A}$ va $\hat{B}$ o'lchamlari $((N+1)M) \times ((N+1)M)$ bo'lgan blokli-diagonalli kvadrat matritsalaridir. $\hat{A}$ va $\hat{B}$ matritsalar quyidagi tartibda hisoblanadi $\hat{A} = TPT^*$, $\hat{B} = TRT^*$. Yordamchi $\tilde{A}$ va $\tilde{B}$ matritsalarini ham kiritiladi:

$$\tilde{A} = \beta K^2 \hat{A}, \quad \tilde{B} = K \hat{B}. \quad (15)$$

Differensial tenglama (4) ni faqat ($l = 1, \dots, N-1$) to'ring ichki kollokatsiya nuqtalarida, (5), (6), (7) shartlarni to'ring tugunlarida va chegaraviy nuqtalarida yozish orqali quyidagi sistemaga kelinadi:

$$\frac{dS}{dt} = -Av - v \cdot Bv, \quad Dv = 0, \quad (16)$$

bunda nuqta belgisi ikkita vektorning komponentalari bo'yicha ko'paytmasini anglatadi, S - $(N+1)M$ o'lchamga teng bo'lgan vektor, A va B matritsalar $((N+1)M) \times ((N+1)M)$ va D matritsa $2M \times ((N+1)M)$ o'lchamga ega. A va B matritsalarining $a_{ij}^{(k)}, b_{ij}^{(k)}$ komponentalari $\tilde{A}$ va $\tilde{B}$ matritsalarining $\tilde{a}_{ij}^{(k)}, \tilde{b}_{ij}^{(k)}$ mos komponentalariga teng. D matritsaning birinchi va oxirgi satr elementlari (7) shartlarga asosan, qolgan juft ($l = 2j, j = 2, \dots, M-1$) - satr elementlari (5) tenglama, toq ($l = 2j-1, j = 2, \dots, M$) - satr elementlari esa (6) tenglama koeffitsientlari orqali topiladi. Tenglamalar sistemasi (14) "differensial-algebraik" tenglamalardan iborat bo'lib, unda $(N-1)M$ ta oddiy differensial tenglamalar sistemasi (15) va $2M$ ta chiziqli algebraik shartlar (16) mavjud, noma'lumlar soni ham tenglamalarning umumiy soniga teng bo'lib, $(N+1)M$ tani tashkil etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Абуталиев Ф.Б., Нармурадов Ч.Б. Спектрально-сеточный метод для исследования гидродинамической устойчивости двухфазного течения в пограничном слое // Математическое моделирование экологических систем: Тез. докл. межд. науч. конф. 9–12 сентября 2003. – Алматы, 2003. – С. 131.

[2] Нармурадов Ч.Б. Математическое моделирование гидродинамических задач для двухфазных плоскопараллельных течений // Математическое моделирование.- Москва, 2007.-№6(19).-С.53-60.

[3] Нармурадов Ч.Б. Об одном эффективном методе решения уравнения Орра-Зоммерфельда // Математическое моделирование.- Москва, 2005.- №9(17).-С.35-42.

[4] Ch.B. Normurodov, A.X. Toyirov. Chiziqsiz evolyutsion jarayonlarni spektral-to'r metodi bilan sonli modellashtirish.

– Termiz. "Bekshox print servis" nashriyoti, 2021. 112 bet.

SHINALARNING ELASTIKLIGI VA DEFORMATSIYASINI HISOBGA OLGAN HOLDA AVTOMOBILNING EGRI CHIZIQLI HARAKATINING USTIVORLIGI TO'G'RISIDA

Mamatqobilov A. X.

Termiz davlat universiteti

abdilmajid@mail.ru

Maqolada parametrlarning oqilona qiymatlarini aniqlash uchun shinalarning egiluvchanligi va deformatsiyasini, kuzovning ko'ndalang va bo'ylama burchaklarini hisobga olgan holda avtomobilning egri chiziqli harakatining ustivorligi muammosi ko'rib chiqiladi.

Yetarlicha kichik egri chiziqli egri chiziq bo'ylab avtomobil harakatining kinematik tenglamalari quyidagicha [1]:

$$\begin{aligned}
 & \dot{x}(\theta + \vartheta_1 + \varphi_1) - \dot{y} + \dot{\theta}((l_3 - ll - l_1)\varphi_1 + (l_3 - ll - l_1)\vartheta_1 + (l_3 - ll)\theta) + \\
 & + (r_1\theta + 2r_1\vartheta_1 + r_1\varphi_1)\dot{\psi} + (r_1\beta_0 - r_1\gamma_0\varphi_1 + r_1\psi + l_3 - r_1\gamma_0\vartheta_1 - r_1\gamma_0\theta)\dot{\vartheta}_1 + \dot{\xi}_1 = 0, \\
 & \dot{x}(\beta_1\varphi_1 - \beta_1\alpha_1\xi_1) + \dot{\theta}(1 - (\beta_1l_1\alpha_1 - \beta_1l_3\alpha_1 + \beta_1ll\alpha_1)\xi_1 + (\beta_1l_3\varphi_1 - \beta_1ll\varphi_1 - \beta_1l_1\varphi_1)\varphi_1) + \\
 & + \dot{\psi}(\beta_1r_1\varphi_1 - \beta_1r_1\alpha_1\xi_1) + \dot{\vartheta}_1(1 + ((\beta_1r_1\gamma_0\alpha_1)\xi_1 - (\beta_1r_1\gamma_0)\varphi_1) + \dot{\varphi}_1 + (\gamma_1\gamma_0)\vartheta_1 - \gamma_1\psi = 0, \\
 & \dot{x}(\mu_1r_1 + 1 + \lambda_1\eta_1 - \mu_1ro_1) + \dot{y}((\mu_1r_1 - \mu_1ro_1)\vartheta_1 + (\mu_1r_1 - \mu_1ro_1)\theta) + \dot{\theta}((l_3 - ll - l_1 - \\
 & - l_1\mu_1r_1 + l_1\mu_1ro_1 + ll\mu_1ro_1 - l_3\mu_1ro_1 + l_3\mu_1r_1 - ll\mu_1r_1) + (l_3\lambda_1 - l_1\lambda_1 - ll\lambda_1)\eta_1) + \\
 & + \dot{\eta}_1 + r_1\dot{\Delta}_1 + ((-l_3 - r_1^2\beta_0\mu_1 - l_3\mu_1r_1 + l_3\mu_1ro_1 - r_1\beta_0 + r_1\beta_0\mu_1ro_1)\theta) + (-r_1^2\beta_0\mu_1 + \\
 & + l_3\mu_1ro_1 + r_1\beta_0\mu_1ro_1 - l_3\mu_1r_1 - l_3 - r_1\beta_0)\vartheta_1 - (r_1\gamma_0\lambda_1)\eta_1 - r_1^2\gamma_0\mu_1 + r_1\gamma_0\mu_1ro_1 - r_1\gamma_0)\dot{\vartheta}_1 = 0, \\
 & \dot{x}(\theta + \vartheta_2 + \varphi_2) - \dot{y} + \dot{\theta}((-l_3 + ll - l_1)\varphi_2 + (ll - l_3 - l_1)\vartheta_2 + (ll - l_3)\theta) + \\
 & + (r_2\theta + 2r_2\vartheta_2 - r_2\psi\gamma_0 + r_2\varphi_2)\dot{\psi} + (-r_2\beta_0 - r_2\gamma_0\varphi_2 + r_2\psi - l_3 - 2r_2\gamma_0\vartheta_2 - r_2\gamma_0\theta)\dot{\vartheta}_2 + \dot{\xi}_2 = 0, \\
 & \dot{x}(\beta_2\varphi_2 - \beta_2\alpha_2\xi_2) + \dot{\theta}(1 + (\beta_2l_1\alpha_2 + \beta_2l_3\alpha_2 - \beta_2ll\alpha_2)\xi_2 - (\beta_2l_3\varphi_2 + \beta_2ll\varphi_2 - \beta_2l_1\varphi_2)\varphi_2) + \\
 & + \dot{\psi}(\beta_2r_2\varphi_2 - \beta_2r_2\alpha_2\xi_2) + \dot{\vartheta}_2(1 + ((\beta_2r_2\gamma_0\alpha_2)\xi_2 - (\beta_2r_2\gamma_0)\varphi_2) + \dot{\varphi}_2 + (\gamma_2\gamma_0)\vartheta_2 - \gamma_2\psi = 0, \\
 & \dot{x}(1 + \mu_2r_2 + \lambda_2\eta_2 - \mu_2ro_2) + \dot{y}((\mu_2r_2 - \mu_2ro_2)\vartheta_2 + (\mu_2r_2 - \mu_2ro_2)\theta) + \dot{\theta}((ll - l_3 - l_1 - \\
 & - l_1\mu_2r_2 + l_1\mu_2ro_2 - ll\mu_2ro_2 + l_3\mu_2ro_2 - l_3\mu_2r_2 + ll\mu_2r_2) + (ll\lambda_2 - l_3\lambda_2 - l_1\lambda_2)\eta_2) + \\
 & + \dot{\eta}_2 + r_2\dot{\Delta}_2 + ((l_3 - r_2^2\beta_0\mu_2 + l_3\mu_2r_2 - l_3\mu_2ro_2 - r_2\beta_0 - r_2\beta_0\mu_2ro_2)\theta) + (2r_2^2\beta_0\mu_2 + \\
 & + l_3\mu_2ro_2 - 2r_2\beta_0\mu_2ro_2 + l_3\mu_2r_2 + l_3 + 2r_2\beta_0)\vartheta_2 - (r_2\gamma_0\lambda_2)\eta_2 - r_2^2\gamma_0\mu_2 + r_2\gamma_0\mu_2ro_2 - r_2\gamma_0)\dot{\vartheta}_2 = 0, \\
 & \dot{x}(\theta + \varphi_3) - \dot{y} + \dot{\theta}((l_2 - r_3\beta)\varphi_3 + (-l_2 - r_3\beta)\theta + (ll + l_3)) + \dot{\xi}_3 = 0, \\
 & \dot{x}(\beta_3\varphi_3 - \beta_3\alpha_3\xi_3) + \dot{\theta}((1 + \beta_3r_3\alpha_3 - \beta_3l_2\alpha_3)\xi_3 + (\beta_3l_2 - \beta_3r_3\beta)\varphi_3) - \gamma_3\beta + \dot{\varphi}_3 = 0, \\
 & \dot{x}(1 + \lambda_3\eta_3 + \mu_3r_3 - \mu_3ro_3) + \dot{y}((\mu_3r_3 - \mu_3ro_3)\theta) + \dot{\theta}((l_2 - r_3\beta + l_2\mu_3r_3 - \\
 & l_2\mu_3ro_3 - r_3^2\beta\mu_3 + r_3\beta\mu_3ro_3) + (l_2\lambda_3 - r_3\beta\lambda_3)\eta_3) + \dot{\eta}_3 + r_3\dot{\Delta}_3 = 0, \\
 & \dot{x}(\theta + \varphi_4) - \dot{y} + \dot{\theta}((l_2 - r_4\beta)\varphi_4 + (-l_2 - r_4\beta)\theta + (-ll - l_3)) + \dot{\xi}_4 = 0, \\
 & \dot{x}(\beta_4\varphi_4 - \beta_4\alpha_4\xi_4) + \dot{\theta}((1 - \beta_4l_2\alpha_2 + \beta_4r_4\beta\alpha_4)\xi_4 + (\beta_4l_2 - \beta_4r_4\beta)\varphi_4) + \gamma_4\beta + \dot{\varphi}_4 = 0, \\
 & \dot{x}(1 + \lambda_4\eta_4 + \mu_4r_4 - \mu_4ro_4) + \dot{y}((\mu_4r_4 - \mu_4ro_4)\theta) + \dot{\theta}((l_2 - r_4\beta + l_2\mu_4r_4 - \\
 & l_2\mu_4ro_4 - r_4^2\beta\mu_4 + r_4\beta\mu_4ro_4) + (l_2\lambda_4 - r_4\beta\lambda_4)\eta_4) + \dot{\eta}_4 + r_4\dot{\Delta}_4 = 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

Dinamik tenglamalar quyidagi shaklga ega [1]:

$$\begin{aligned}
 & mw_1 + \alpha_4w_4 - h_{21}w_5 + \gamma_0h_{21}w_6 + \gamma_0h_{22}w_7 + 2\sigma_1N_1\psi + 2\sigma_2N_2\psi - \sigma_1N_1\gamma_0\vartheta_1 - \sigma_2N_2\gamma_0\vartheta_2 + \\
 & + h_{11}\dot{\xi}_1 + h_{12}\dot{\xi}_2 + h_{13}\dot{\xi}_3 + h_{14}\dot{\xi}_4 + a_1\xi_1 + a_2\xi_2 + a_3\xi_3 + a_4\xi_4 = 0.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& mw_2 + \beta_4 w_4 - m_{21} l_3 w_6 + m_{22} l_3 w_7 - \sigma_3 N_3 \beta \theta + \sigma_4 N_4 \beta \theta - \sigma_3 N_3 \beta \vartheta_1 + \sigma_4 N_4 \beta \vartheta_2 + \\
& + K_{\tau_1} \eta_1 + K_{\tau_2} \eta_2 + K_{\tau_3} \eta_3 + K_{\tau_4} \eta_4 = 0. \\
& mw_3 + \gamma_5 w_5 + \gamma_0 m_{21} l_3 w_6 - \gamma_0 m_{22} l_3 w_7 - K_{r_1} r_1 - h_{61} r_1 - K_{r_2} r_2 - h_{62} r_2 - K_{r_3} r_3 - h_{63} r_3 - K_{r_4} r_4 - h_{64} r_4 + K_{r_1} r_{o1} + \\
& + h_{61} r_{o1} + K_{r_2} r_{o2} + h_{62} r_{o2} + K_{r_3} r_{o3} + h_{63} r_{o3} + K_{r_4} r_{o4} + h_{64} r_{o4} - N_1 - N_2 - N_3 - N_4 + k_3 z + h_3 \dot{z} = 0. \\
& m_1 w_1 + m_2 w_2 + m_4 w_4 + A_1 w_6 + A_2 w_7 - \beta C_3 w_{10} + \beta C_4 w_{11} + (l_1 h_{21} + l_* h_{22} + l_3 h_{21} + l_* h_{21} + l_1 h_{22}) a_5 - \\
& + (l_1 - l_3 + l_*) \gamma_0 h_{21} a_6 + (l_1 - l_3 - l_*) \gamma_0 h_{22} a_7 + h_{11} l_1 \dot{\xi}_1 + h_{12} l_1 \dot{\xi}_2 + \\
& + h_{13} l_2 \dot{\xi}_3 + h_{14} l_2 \dot{\xi}_4 - (\sigma_1 N_1 l_1 + \sigma_2 N_2 l_* + \sigma_1 N_1 l_3 - \sigma_2 N_2 l_1 - \sigma_1 N_1 l_* - \sigma_2 N_2 l_3) \psi + (\sigma_4 N_4 l_3 \beta + \\
& + \sigma_4 N_4 l_* \beta + \sigma_3 N_3 l_3 \beta + \sigma_3 N_3 l_* \beta + \sigma_1 N_1 l_1 \gamma_0 + \sigma_1 N_1 l_* \gamma_0 - \sigma_1 N_1 l_3 \gamma_0) \vartheta_1 + \sigma_2 N_2 \gamma_0 (l_1 - \\
& - l_* + l_3) \vartheta_2 + (2\sigma_4 N_4 l_3 \beta_0 + 2\sigma_4 N_4 l_* \beta_0 + 2\sigma_3 N_3 l_3 \beta_0 + 2\sigma_3 N_3 l_* \beta_0) \theta - \eta_{24} b_4 \beta + \\
& + \eta_{23} b_3 \beta - a_{15} \xi_1 l_1 + a_{15} \xi_1 l_3 - a_{15} \xi_1 l_* - a_{25} \xi_2 l_1 + a_{25} \xi_2 l_* + a_{45} \xi_4 l_2 - a_{35} \xi_3 r_3 \beta - a_{45} \xi_4 r_4 \beta + \sigma_4 N_4 r_4 - \\
& - \sigma_3 N_3 r_3 + \sigma_3 N_3 \beta l_2 - \sigma_4 N_4 \beta l_2 - K\tau_{\tau_3} \eta_3 l_* - K\tau_{\tau_3} \eta_3 l_3 + K\tau_{\tau_4} \eta_4 l_3 + K\tau_{\tau_4} \eta_4 l_* = 0. \\
& m_3 w_3 + m_5 w_5 + \gamma_0 m_6 w_6 + \gamma_0 m_7 w_7 + (r_1 h_{21} + r_2 h_{22} + h_{42} + h_{41}) a_5 + (h_{21} r_1 - h_{41}) \gamma_0 a_6 - (h_{22} r_2 - \\
& - h_{42}) \gamma_0 a_7 + h_{11} \dot{\xi}_1 r_1 + h_{12} \dot{\xi}_2 r_2 + h_{31} \dot{\xi}_1 + h_{32} \dot{\xi}_2 + a_{15} \xi_1 r_1 + a_{25} \xi_2 r_2 + (\sigma_1 N_1 r - \sigma_2 N_2 r_2 + r_{o1} N_1) \psi - \\
& - (\sigma_1 r_1 - r_{o1}) N_1 \gamma_0 \vartheta_1 - (\sigma_2 r_2 - r_{o2}) N_2 \gamma_0 \vartheta_2 + k_1 \psi + h_1 \dot{\psi} = 0. \\
& l_5 w_2 + l_6 w_3 + A w_4 + l_7 w_5 + l_8 w_6 - \beta_0 C_1 w_8 - (h_{41} - h_{21} r_1) \gamma_0 a_5 - (h_{31} - h_{11} r_1) \gamma_0 \dot{\xi}_1 - \\
& - (K\tau_{\tau_1} r_1 \eta_1 - \gamma_0 r_{o1} N_1) \psi - (\sigma_1 N_1 - a_{11} r_1) \gamma_0 \xi_1 - (K\tau_{\tau_1} r_1 \beta_0 - K\tau_{\tau_1} l_3) \eta_1 + k_2^{(1)} \vartheta_1 + h_2^{(1)} \dot{\vartheta}_1 = 0. \quad (2) \\
& l_{55} w_2 - l_{66} w_3 + A_2 w_4 + l_{77} w_5 + l_{88} w_7 - \beta_0 C_2 w_9 - (h_{42} - h_{22} r_2) \gamma_0 a_5 - (h_{32} - h_{12} r_2) \gamma_0 \dot{\xi}_2 + \\
& + (r_{o2} - \sigma_2 r_2) N_2 \gamma_0 \psi - (\sigma_2 N_2 - a_{22} r_2) \gamma_0 \xi_2 - (K\tau_{\tau_2} r_2 \beta_0 - K\tau_{\tau_2} l_3) \eta_2 + k_2^{(2)} \vartheta_2 + h_2^{(2)} \dot{\vartheta}_2 = 0. \\
& C_1 (-\beta_0 w_6 + w_8) - (r_1 K_{\tau_1} - \mu_1 N_1) \eta_1 = 0. \quad C_2 (\beta_0 w_7 + w_9) - (r_2 K_{\tau_2} - \mu_2 N_2) \eta_2 = 0. \\
& C_3 (-\beta_0 w_4 + w_{10}) - (r_3 K_{\tau_3} - \mu_3 N_3) \eta_3 = 0. \quad C_4 (\beta_0 w_4 + w_{11}) - (r_4 K_{\tau_4} - \mu_4 N_4) \eta_4 = 0.
\end{aligned}$$

bu erda quyidagi belgilashlar qo'llaniladi:

$$\begin{aligned}
m &= m_3 + m_1 + m_{21} + m_{23} + m_{22} + m_{24}; \\
\alpha_4 &= -m_{22} l_3 + m_{21} l_3 + m_{23} l_2 + m_{24} l_2 - m_{22} l_1 + m_{22} l_* + m_1 l_2 - m_{31} l_* - m_{21} l_*; \\
\beta_4 &= m_{24} l_3 + m_{24} l_* - m_{23} l_* - m_{23} l_3; \quad \gamma_5 = -m_{22} l_* + m_{21} l_* + m_{22} l_3 - m_{21} l_3; \\
m_4 &= D + 2A_1 + A_2 + A_3 - 2m_{21} l_3 l_1 + A_4 + 2m_{22} l_3 l_1 + C_3 - 2m_{21} l_* l_3 - 2m_{22} l_* l_3 + C_4 + \\
& + m_{22} l_*^2 + m_{21} l_*^2 + m_{21} l_3^2 + m_{22} l_3^2 + 2m_{24} l_* l_3 + 2m_{23} l_* l_3 - 2m_{22} l_* l_1 + 2m_{21} l_* l_1 + \\
& + m_{23} l_3^2 + m_{24} l_3^2 + m_{24} l_*^2 + m_{23} l_2^2 + m_{12}^2 + m_{31}^2 + m_{23} l_*^2 + m_{21} l_1^2 + m_{24} l_2^2 + m_{22} l_1^2; \\
m_1 &= -m_{22} l_3 + m_{21} l_3 + m_{23} l_2 + m_{24} l_2 - m_{22} l_1 - m_{21} l_1 + m_{22} l_* + m_{12} l_* - m_{31} l_* - m_{21} l_*; \\
m_2 &= m_{24} l_3 + m_{24} l_* - m_{23} l_* - m_{23} l_3; \quad m_3 = -m_{22} l_* + m_{21} l_* + m_{22} l_3 - m_{21} l_3; \\
m_5 &= m_{22} l_3^2 + m_{21} l_3^2 + m_{22} l_*^2 + A_1 + B - 2m_{22} l_* l_3 + m_{21} l_*^2 - 2m_{21} l_* l_3 + A_2; \\
m_6 &= -m_{21} l_3^2 - A_1 + m_{21} l_* l_3; \quad m_7 = m_{22} l_3 l_* - m_{22} l_3^2 - A_2; \\
l_5 &= -m_{21} l_3; \quad l_6 = m_{21} l_3 \gamma_0; \quad l_7 = -m_{21} l_3^2 \gamma_0 - A_1 + m_{21} l_* l_3 \gamma_0; \quad l_8 = A_1 + m_{21} l_3^2; \\
l_{55} &= (m_{22} l_3); \quad l_{66} = m_{22} l_3 \gamma_0; \quad l_{77} = (m_{22} l_3 l_* - m_{22} l_3^2 - A_2) \gamma_0; \quad l_{88} = A_2 + m_{22} l_3^2;
\end{aligned}$$

bu yerga,

$$\begin{aligned}
w1 &= \ddot{x}, \quad w2 = \ddot{y}, \quad w3 = \ddot{z}, \quad w4 = \ddot{\theta}, \quad w5 = \ddot{\psi}, \quad w6 = \ddot{\vartheta}_1, \quad w7 = \ddot{\vartheta}_2, \quad w8 = \ddot{\Delta}_1, \quad w9 = \ddot{\Delta}_2, \\
w10 &= \ddot{\Delta}_3, \quad w11 = \ddot{\Delta}_4, \quad a1 = \dot{x}, \quad a2 = \dot{y}, \quad a3 = \dot{z}, \quad a4 = \dot{\theta}, \quad a5 = \dot{\psi}, \quad a6 = \dot{\vartheta}_1, \quad a7 = \dot{\vartheta}_2, \\
a8 &= \dot{\Delta}_1, \quad a9 = \dot{\Delta}_2, \quad a10 = \dot{\Delta}_3, \quad a11 = \dot{\Delta}_4.
\end{aligned}$$

(1) va (2) tenglamalar tizimi shinalarning elastikligi va deformatsiyasini, shuningdek shinalar materialidagi potentsial bo'lmagan kuchlarni hisobga olgan holda avtomobilning egri chiziqli harakatining matematik modelini ifodalaydi.

Avtomobil harakatining ustivorligi muammolarini o'rganish uchun AVTO dasturiy-instrumental tizimidan foydalangan holda hisoblash tajribasi o'tkazildi [2, 3].

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. *Dusmatov O.M., Mamatkabilov A.Kh.* Mathematical modeling of the curvilinear motion of the car, taking into account the elasticity and deformability of tires. Annali d'Italia (Italy's scientific journal) is a peer-reviewed European journal covering top themes and problems in various fields of science, №33, 2022, 34-47 pp, ISSN 3572-2436, site: <https://www.anditalia.com/>
2. *Mamatkabilov A.X., Nurmatov Z.O.* Avtomobil harakatida shinalarning elastikligi va deformatsiyalanishini dampersiz yechish dasturiy ta'minoti. № DGU 10219, 2021.
3. *Mamatkabilov A.X., Malikov O.S., Dostonov S.S.* Avtomobil harakatida shinalarning elastikligi va deformatsiyalanishini damper bilan yechish dasturiy ta'minoti. № DGU 14648, 2022.

DISKRET MA'LUMOTLARNI TAHLIL QILISHDA MATEMATIK DASTURLARDAN FOYDALANISH

N.Mirzamaxmudova, H.Ortiqov

Farg'ona politexnika instituti

mirzamaxmudova@mail.ru.

Tadqiqotchi – iqtisodchi diskret ma'lumotlarni tahlil qilish asosida qaror qabul qiladi. Bu esa ko'p hisob ishlarini bajarishni talab etadi. Ko'p hollarda diskret ma'lumotlar orasidagi bog'lanishni analitik ko'rinishda ifodalash talab etiladi[1],[2]. Diskret ma'lumotlarni tahlil qilishda informatsion texnologiyadan foydalanish darsning sifatini va samaradorligini oshiradi. Funksiya tushunchasini o'rganishda mikroiqtisodiyotdan ma'lum miqdorda mahsulot ishlab chiqarish uchun, ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan resurs orasidagi bog'lanishlar topiladi:

$y = f(x; a)$ - bir omilli model

bu yerda $x \geq 0$, $y \geq 0$, a – parametr

$y = f(x_1; x_2; a)$ - ikki omilli model

Talabalarda Kobba-Duglas funksiyasini qurish yordamida, iqtisodiy jarayonni matematik modelini qurishi ko'rsatish maqsadga muvofiq. Bir faktorli va ko'p faktorli matematik modellar qurish kerak.

1. Bir omilli model $Y = aK^b$, a, b – koeffisientlar, K – resurs, Y – daromad

2. Ko'p faktorli model $Y = aK^\alpha L^B$

Misol. Kichik korxonada poyabzal ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan maxsulotlar ma'lumotlari olindi. ma'lumotlar quyidagi jadval asosida berilgan.

1-jadval

Davr	Ishlab chiqarish sh.b.	Ishlab chiqarish hajmi(juft)
1	1	100
2	2	195
3	3	256
4	4	315
	5	402

Bog'lanishni topish uchun $Y = aX^b$ dan foydalanamiz.

Bu masalani Mathcad dastur programmasida yechamiz.

$$K = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} 100 \\ 195 \\ 256 \\ 315 \\ 402 \end{pmatrix}$$

$$w := \overline{\ln(K)} \quad z := \ln(Y)$$

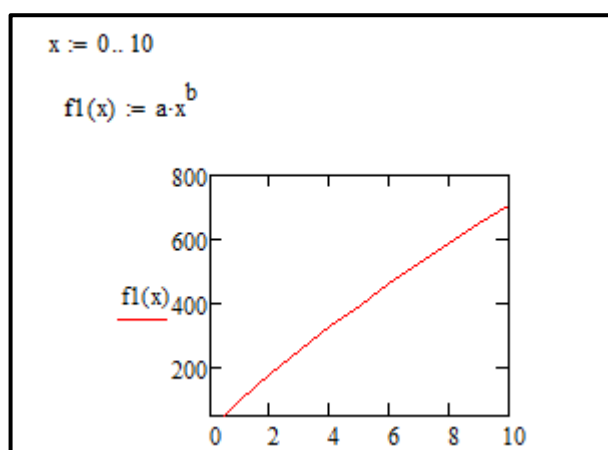
$$w = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.693 \\ 1.099 \\ 1.386 \\ 1.609 \end{pmatrix} \quad z = \begin{pmatrix} 4.605 \\ 5.273 \\ 5.545 \\ 5.753 \\ 5.996 \end{pmatrix}$$

$$s := \text{intercept}(w, z) \quad b := \text{slope}(w, z)$$

$$b = 0.839 \quad a := \exp(s) \quad a = 102.646$$

Demak bog'lanish

$$f1(x) = 102.645 \cdot x^b$$



1-rasm. Bog'lanish grafigi

Xulosa, ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan resurs orasidagi bog'lanishlarni topishda MathCad programma dasturi orqali bajarilishi talabalardagi informatsion texnologiyalardan foydalanish kompetentligini oshiradi.

ADABIYOTLAR

[1]. Abdurazakov A., Mirzamahmudova N., Maxmudova N. "IQTISOD" YO'NALISHI MUTAXASSISLARINI TAYYORLASHDA MATEMATIKA FANINI O'QITISH USLUBIYOTI //Scientific progress. – 2021. – T. 2. – №. 7. – C. 728-736. <https://cyberleninka.ru/article/n/iqtisod-yo-nalishi-mutaxassislarini-tayyorlashda-matematika-fanini-o-qitish-uslubiyoti>

[2]. Abdurazakov A., Mirzamahmudova N., Maxmudova N. Iqtisodiy masalalarni maple dastur tizimi yordamida yechish uslubiyoti //Scientific progress. – 2021. – T. 2. – №. 7. – C. 737-745. <http://scientificprogress.uz/storage/app/media/2-7.%20126.%20737-745.pdf>

TADBIRKORLIK SUBEKLARI UCHUN ELEKTRON HISOBOTLAR YURITISH MOBIL ILOVALARI QIYOSIY TAHLILI

N.N.Yo'ldoshev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Qarshi filiali magistri

e-mail: nodiryuldoshev1991@gmail.com

Tadbirkorlik subyektlari tijorat faoliyati bo'yicha yoki xizmat ko'rsatishda yoki ishlab chiqarishda shirkat qilish yoki tashkil etadigan korxonalaridir. Ular ishlarini tartibga solishda va faoliyatlarini tashkil etishda olib boradigan rejalarga muvofiq amal qiladilar.

Tadbirkorlik subyektlari aholi va siyosiy tashkilotlar bilan yoqdir demokratik tashkilotlarda hamkorlik qilishadi. Jumladan, ular mahalliy ishlab chiqarish va sotish markazlari hamda boshqa tadbirkorlik subyektlari bilan hamkorlikda ishlashadi. Qayta ishlab chiqarish va innovatsiyalarga yerishish uchun maslahatga yoki moliyaviy yordamga murojaat qilinadi [1].

O'zbekiston Respublikasida tadbirkorlik sohasida katta islohotlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev tomonidan 2017 yilda qabul qilingan "O'zbekistonda tadbirkorlikni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qaror chora-tadbirlari maqsadida tadbirkorlar uchun kreditlar ajratilishini, to'lovlarning osonlashtirilishini, inspeksiya yo'lga qo'yilishini va qoldiq soliq daromadlarini qaytarishni ko'rsatadi.

2019 yilda "Tadbirkorlik kodeksi" qabul qilindi, bu kodeksda tadbirkorlik faoliyatini amalga oshirish uchun zarur huquqiy va qonuniy sharoitlar qayd etilgan. Tadbirkorlar uchun kafolatlar oshirish, sanoat va innovatsiyalar rivojlanishini qo'llab-quvvatlash, xaridorlar uchun to'g'ridan-to'g'ri savdo imkoniyatlari yaratish va boshqa ko'plab ko'rsatmalar tadbirkorlikni rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega [2].

Tadbirkorlik subektlari uchun elektron hisobotlar yuritish mobil ilovalari o'z mijozlariga xizmat ko'rsatishda yordam beradi. Bu ilovalar orqali tadbirkorlik subektlari mijozlarining xarajatlari, daromadlari, qarzlari, miqdoriy ko'rsatkichlarini va boshqa ma'lumotlarni yomonlashdirish vaqtini kamaytirish uchun imkoniyatlar yaratishadi. Xozirgi kunda qo'llanilayotgan bir qator mobil

ilovalar tahlil qilindi, jumladan: QuickBooks, Expensify, FreshBooks, Wave, Xero va h.k..

QuickBooks: Bu ilova xisob-kitoblarni avtomatik ravishda yuritishga imkon beradi. Bu ilova orqali, tadbirkorlik subektlari mijozlari xarajatlarini kuzatish va daromadlarini hisoblashlari mumkin.

Expensify: Bu ilova tadbirkorlik subektlari uchun xarajatlar va miqdoriy ko'rsatkichlar hisoblashga yordam beradi. Mijozlar foydalanuvchilari rasmiy xarajatlarni qayd etishlari mumkin va bu ma'lumotlar avtomatik ravishda kuzatiladi.

FreshBooks: Bu ilova tadbirkorlik subektlari uchun xisob-kitob hisoblashni osonlashtiradi. Bu ilova orqali, mijozlar daromadlarini kuzatish, xarajatlarni kuzatish va boshqa ma'lumotlarni hisoblashlari mumkin. FreshBooks, kichik bizneslar uchun xisob-kitob tizimini boshqarishni osonlashtiradigan bir dastur hisoblanadi. Bu dastur, sotishlar, xarajatlar, xisobotlar va xizmatlarni boshqarish uchun mahsus yaratilgan.

Wave: Bu ilova tadbirkorlik subektlari uchun xarajatlar, miqdoriy ko'rsatkichlar va xisob-kitoblarni yuritishga yordam beradi. Bu ilova orqali, mijozlar daromadlarini kuzatish, xarajatlarni kuzatish va boshqa ma'lumotlarni hisoblashlari mumkin. Wave, kichik bizneslarni xisob-kitob tizimini boshqarish uchun mahsus yaratilgan bir mobil ilova va veb-sayt hisoblanadi. Bu ilova, sotishlar, xarajatlar, xisobotlar va xizmatlarni boshqarish uchun mahsus yaratilgan.

Xero: Bu ilova tadbirkorlik subektlari uchun xisob-kitob hisoblashni osonlashtiradi. Bu ilova orqali, mijozlar daromadlarini kuzatish, xarajatlarni kuzatish va boshqa ma'lumotlarni hisoblashlari mumkin.

Bu ilovalarning barchasi mobil ilovalar sifatida mavjud va ularni iOS va Android platformalari uchun yuklab olish mumkin.

Yuqorida tahlil qilingan tadbirkorlik subyektlari uchun elektron hisobotlar yuritish mobil ilovalari bir nechta afzalliklarga ega bo'ladi:

- Hodimlarning vaqtdan unumli foydalanish, ish faoliyati va moliyaviy munosabatlarni yuqori daromad olish va sarflarni kamaytirish imkonini beradi.

- Mobil ilovalar orqali, tadbirkorlik subyektlari ixtisoslashtirilgan dasturlar va tizimlar orqali moliyaviy va ishlab chiqarish hisobotlarini yurgizish imkoniyatiga ega bo'ladi.

- Elektron hisobotlar yuritish mobil ilovalari orqali, moliyaviy yordamlarni talab etadigan va texnologik yordamlardan foydalanish mumkin bo'ladi.

- Ilovalar orqali muxassislarga tushunchali va zamonaviy ishlash muhimiyatini tushuntirish va olarga ishlab chiqarish va moliyaviy bo'limlarda faoliyatni tashkil etadigan muhim amallarni ta'minlash imkoniyati beradi.

- Mobil ilovalar markaziy banklar bilan munosabatlarni yanada oqilona qilish, moliyaviy kengaytirish, moliyaviy ma'lumotlarni monitoring qilish va ma'lumotlarni eslash qilish imkoniyatini beradi.

- Elektron hisobotlar yuritish mobil ilovalari manfaatli va sodda ishlash imkoniyatini beradi va ular uchun ishni boshqarish, ma'lumotni saqlash va yangi ma'lumotlarni kuzatish kerakli eng sodda va effektiv vositalardir.

ADABIYOTLAR:

[1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.08.2022 yildagi PQ-364-son “O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining tadbirkorlar bilan 2022-yildagi “Ochiq muloqoti”da belgilangan vazifalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori. <https://lex.uz/uz/docs/-6178038>

[2] O‘zbekiston Respublikasi Soliq kodeksi. 01.01.2020. <https://lex.uz/docs/-4674902>

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ №4. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ, МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Abdikayimov B. On an optimal quadrature formula in a Hilbert space of periodic functions	9
Abduakhadov A.A. Construction optimal quadrature formula using phi-function method	9
Abdullayeva G. Hilbert fazosida algebraik-giperbolik natural splaynni qurish	10
Abdushukurov A.A., Bozorov S.B., Sagidullayev K.S. Taqsimot funksiyasining turli baholarini taqqoslash	12
Akhmedov D.M. Optimal quadrature formulas with derivative for Hadamard type hypersingular integrals	16
Alimov A.A., Urunbaev J.E. On the behaviors of solutions of a nonlinear diffusion system with a source and nonlinear boundary conditions.....	17
Allaberdiyev B.B., Raxmonov Z.R. Qozoq va o'zbek tillari sifatlarining ontologik modeli	20
Anarova Sh.A., Bekmurodova M.Sh. Tasvirlash tizimlarida fractal o'lchovni qo'llashning ahamiyati	22
Anarova Sh.A., Ismailova S.N. Fraktal o'lchovlar	24
Anarova Sh.A., Shokirov D.A. Uch qatlamli sterjenlarning kuchlanganlik-deformatsiyalangan holatini tadqiq etish masalasi	26
Anarova Sh.A., Kholikova S.K. Julia fraktalini qurish	28
Babadjanov E.S., Samandarov B.S., To'liyev X.I. Sanoatning intellektual tizimlari uchun uch va besh boshqichli arxitektura tahlili	30
Babaev S.S., Idieva Sh.Sh. An optimal quadrature formula for numerical integration the right Riemann–Liouville fractional integral	33
Baxromov S.A., Berdiyev Sh.Sh., Karimov D.Q., Tulyaganova N.B. Teng oraliqlarda tajriba natijasida olingan geofizik signallarni modellashtirish va raqamli ishlov berish	35
Baxromov S.A., Berdiyev Sh.Sh., Kabilova O.A., Qahhorov A. O'. Lagranj interpolatsion ko'phadi asosida lokal interpolatsion kubik splayn funksiya qurish	38
Berdimuratov M.Q., Xamitova Q.M. Duz hám igalliliqtin koshiw processin optimallashtirivda informatsiyaliq texnologiyalardi qollaniw	39
Boltaev A.K., Atamuradova B.M. On an extremal function of	

interpolation formula	41
Boltaev A.K., Pardaeva O.F., Boltaev E.K. System for finding the optimal coefficients of an exponential-trigonometric spline	43
Boytilayev B.A. $W_2^{(2,1)}(0,t)$ fazosida umumlashgan Abel integral tenglamasini taqribiy yechish uchun optimal kvadratur formula qurish	45
Bozarov B.I., Saidkamolov Y. Norm of the error functional of the optimal quadrature formula in the Sobolev space	47
Davronov J.R. $\frac{d^{2m}}{dx^{2m}} + 1$ differensial operatorning $D_m[\beta]$ diskret analogi	49
Djaykov G.M, Yadgarov Sh.A, Abdinasirova N. Solution of circular radon transform using tikhonov regularization	51
Doniyorov N. N. Ma'lum Hilbert fazosida optimal interpolatsion formula	52
Doshanova M.Yu., Xodjayev M., Uralov E. Obyektli modellashtirishdan foydalanish orqali mobil ilovalarni loyihalashtirish	54
Eshboyev Sh.M. Pythonning statistik masalalar bilan ishlash imkoniyatlari	56
Esonturdiyev J., Erdanayev SH. Plazmada ion-tovushli to'lqinlar harakati dinamikasi.....	58
Fayzieva M., Shodmonov I., Fayziev B. A mathematical model of two-component suspension in dual-zone porous medium	60
Hayotov A.R., Kuldoshev H.M. An optimal quadrature formula with parameter	62
Hayotov M.A., Hayotova S.A. Reconstruction of tomographic images of radial symmetric functions	63
Ismoilov M.A., Avezov T.A. Rezina sanoatida vulkanizatsiya jarayonini modellashtirishda optimal yechimini topish.....	65
Ismoilov Sh.M., Nurmamatov J.I. Fazoviy yuklanishlardagi sterjenlarda haroratni intensive o'zgarish masalalari	67
Jo'rayeva D.Sh. Stefan masalasi:tuproqning muzlash jarayonini matematik modellashtirish	69
Juraqulov T., Jorabekov T. Mathematical model and computational experiment of a multiparameter learning object	71
Kabiljanova F.A, Madrahimova M.H. Chiziqsiz chegaraviy shartlar bilan berilgan chiziqsiz filtratsiya masalasini asimptotikalarini o'rganish ...	73
Kaipbergenov B.T., Atamuratov A., Seytniyazov D. Mathematical modeling of the technological process of calcified soda production at Kunirat soda plant, systematic approaches to optimizing process parameters and increasing overall efficiency	74
Kaipbergenov B.T., Ergaliev K.K. Ko'pbosqichli texnik jarayonlarini	

bashoratlashda ekstrapolyatsiya usullaridan foydalanish	76
Kaipbergenov B.T., Seytniyazov D., Atamuratov A. Analysis of control systems in the automation of waste water of thermal power plants	78
Khayriev U.N. The norm for error functional of the optimal quadrature formula	80
Kodakkal K.V., Akhadova U. Vibration of shell structures and methods of reducing it	82
Kodakkal K.V., Kholmurzayeva N.A. The basics of vibration analysis and its applications in machinery maintenance	83
Kurbonnazarov A.I. Properties of the discrete analogue of the differential operator	85
Makhmudov Sh. Modeling the shadow economy using complex valued simple Real Business Cycle (DSGE) model	86
Mamatov A.U., Nurumova A.Yu. Finite velocity in cross-diffusion processes with convective transport and absorption	88
Mamatov A.U., Nurumova A.Yu. Investigation of the Properties of a nonhomogeneous double nonlinear heat transfer equation in various media with respect to density and source	90
Matyakubov A.S., Nazirova D.X., Yo'ldoshova R.O', Ibragimova D.A. Blow-up rejimli muhitda parabolik tipdagi nodivergent tenglamalar sistemasi uchun koshi masalasining avtomodel yechimi asimptotikasi	92
Matyakubov A.S., Salimov J.I., Ismoilova M.O', Ibragimova D.A. Issiqlik diffuziyasi va yonish jarayonlarini ifoda etuvchi parabolik tipdagi nodivergent tenglama uchun blow-up yechim baholari	94
Mirzayev I., Askarova D. Zilzila ta'sirida sirpanuvchan poydevor ustidagi ko'prikning siljish tebranishlarini sonli modellashtirish	97
Mirzayev I., Shomurodov J. Seysmik ta'sir ostidagi uzun yer osti quvuridagi jarayonlarni chekli ayirmalar usulida hisoblash va tahlil qilish ...	99
Mirzayev I., Turdiyev M. Zilzila vaqtida bino konstrusiyalarida paydo bo'ladigan seysmik kuchlarni quruq ishqalanish yordamida kamaytirishning hisobiy algoritmi	101
Mirzayeva B.M. Hisoblash eksperimenti o'tkazishda sinov funksiyalari metodidan foydalanish	103
Muhamediyeva D.K. Qualitative properties of the task of biological population task with double nonlinear diffusion	105
Muhamediyeva D.K. Solution of biological population task by taking into account the reaction-diffusion	107
Muradov F.A., Eshboyeva N.F., Mirbabayev Sh.R., Sadinov A.A. Atmosferada zararli moddalarning tarqalish jarayonini ifodalovchi	

matematik modelni o'zgaruvchilarni almashtirish usuli yordamida sonli yechish	109
Muradov F.A., Nabiyeva I.S., Mirbabayev Sh.R. Zarrachaning cho'kish tezligini hisoblovchi matematik model va uni sonli yechish	101
Murodullayev B.T. , Haqnazarova D.O. Yer osti suvlarini filtratsiya muammosini hal qilish uchun o'rganilayotgan hududning geoaxborot massivini yaratish	113
Nafasov A.Y. Kasr tartibli differensial tenglamalarni Adamsning kasr oshkor metodi orqali sonli yechish usuli	115
Normatova M.M., Mamanov J.H. Giperbolik tipdagi tenglamalarni sonli yechish.....	117
Normurodov Ch.B., Toshboyev A.K. Iterasiya metodlarining hisoblash nuqtayi – nazaridan turg'unligi	119
Nuraliev F.A., Kuziev Sh.S. Derivative optimal quadrature formula coefficients of the hermite type	120
Nuraliyeva F.A. Dispersiya va dissipatsiyali muhitdagi to'lqinlar harakati ..	123
Nurmamatov M.Q. Mehnat bozori kuchlanishini integral baholashni modellashtirish va axborot tizmini loyihalashtirish	124
Nurmamatov M.Q., Abbosov I.I. Korrelyatsiya va regression tahlil asosida viloyat iqtisodiyotidagi bandlik darajasini bashoratlash.....	127
Nurmamatov M.Q., Shodmonov Q.N., Ismatova Y.Y. Hududlarda kasbiy ma'lumotga ega mutaxassislar ehtiyojini bashoratlash texnologiyalari.....	129
O'roqova S.T. Gazlar dinamikasida oddiy to'lqinlar	131
Olimov M., Abdulvoxidov T. Parabolik tipdagi tenglamalarni taqribiy yechish algoritmlari haqida.....	133
Olimov M., Parpiyev S.P. Harorat taqsimotini chekli elementlar usulida aniqlash	135
Olimov N.N. Bir interpolyatsion formulaning ekstremal funksiyasi va xatolik funksionali	138
Orinbaev A.B. Investigating the duality relationships and optimal conditions for an optimization problem in the electric power industry.....	140
Rakhmonov Z. R., Turaev J.N. On the properties of solutions of a nonlinear filtration problem with a source	141
Rakhmonov Z., Urolov G'. Numerical solutions of nonlinear diffusion problem with convective transfer.....	143
Rakhmonov Z.R., Alimov A.A. Properties of solutions for a nonlinear diffusion problem with a gradient nonlinearity	144
Samandarov B.S., Geldibayev B.Y. Chorvachilik komplekslarida jonivorlarni identifikatsiyalashda rfid texnologiyasidan foydalanishning	

afzalliklari tahlili	146
Samandarov B.S., Geldibayev B.Y., Toliyev X.I., Yesbergenov A.J. Chorva fermalarida ratsionni ishlab chiqish algoritmi uchun kiruvchi parametrlarni shakllantirish masalasi	148
Shadimetov Kh.M., Karimov R.S. The extremal function of an optimal difference formula in the Hilbert space $W_2^{(m,m-1)}(0,1)$	151
Sodikkhujaeva Sh., Rasulov A. Solving economic problem with mathematical modeling	152
Sodikkhujaeva Sh.K., Olimjonov A.O. The technoque for solving ordinary differential equation with mathematical modeling	154
Tilovov M. Orr-Zommerfeld tenglamasi uchun xos qiymat muammosi	156
Toshboyev A. Oshkor iterasiya sxemasida iterasiya parametrlarini tanlash...	159
Toshboyeva F.T. Nochiziqli to'liqlar harakati va ularning tabiati	161
Turayev U., Abdurashidov N., Eshtimirov E. Matematik modellarning tibbiyot sohasidagi ba'zi tadbirlari	163
Turdikulova M.M. Hususiy hosilali differensial tenglamalarni chekli elementlar usuli bilan yechish	165
Turdiyeva Sh.R. Oddiy differensial tenglamalarni chekli elementlar usuli bilan yechish	167
Tursunova Sh., Fayziev B. G'ovak muhitlarda ikki komponentali suspenziya sizishi jarayonining matematik modeli	170
Uteuliev N.U., Djaykov G.M., Bekbosinov A.D. Integral geometry problem on a family of parabolas with a given weight function	172
Xabibullayev I.H. , Murodullayev B.T., Haqnazarova D.O. Takroriy ekin ekiladigan hududlarda yer osti suvlarini filtratsiyasi jarayonlarini matematik modellashtirish	173
Xo'jayorov B., Salimova Sh. Ko'p bosqichli kinetika asosida g'ovak muhitda anomal modda ko'chirish jarayonining matematik modeli	175
Xudayberdiyev Z.B., Suyunova Z.B., Egamqulov A.B. Uch qatlamli plastinka ko'ndalang tebranishlari masalasini matematik modellashtirish	177
Xudoyberganov M.O', Rasulov B.B., Bozorova O.R. Bir jinsli bo'lmagan g'ovakli muhitlarda seysmik to'liqlarni o'zgaruvchilarni ajratishga asoslangan ayirmali sxema yordamida sonli modellashtirish	180
Yuldashev Sh.M., Ikramov A., Qodirova D. Birinchi turdagi ikkinchi tartibli parabolik tenglama modeli uchun ayirmali sxema masalasi	182
Абдуллаев О.Г., Тошмирзаев Ю.У., Мирзаев Т.С., Умаров А.В. Использование математического моделирования в процессе отверждения композиционного материала	184

Азамов С.С, Элмуратов Г.Ч. Об одной оптимальной интерполяционной формуле	186
Айтмуратов Б.Ш, Артикбаев М.А, Тлеўбаев М. Магнитэластиклик юпка пластинканинг тебраниш масаласини Maple тизими ёрдамида ечиш	187
Акбарова А., Долиев Т. Устойчивость численного решения системы уравнений Aw-Rascle для дорожного движения	189
Алламуратов Ш.З., Шамуратова М.Ж., Алламуратов И.Ш. Аналитическое решения задачи неуставившаяся напорной фильтрации в многослойной пористой среде	192
Анарова Ш.А., Халикулова М. Фракталы и обработки электрогастроэнтерографических (ЭГЭГ) сигналов	193
Арипов М.М., Балтабаева Р.Б. Математическое моделирование процесса соле-переноса в нелинейной среде с испарением и конвективным переносом	195
Арипов М.М., Джаббаров О.Р., Самадова М.Н. К качественным свойствам решения нелинейного параболического уравнения с зависящий от времени демпфирующим членом	198
Ахмадалиев Г.Н., Хакимова И.К. Точная верхняя оценка погрешности квадратурных формул в пространстве $K_{m,\omega}$	200
Ахмедов Д.М., Алиев Ш.Э. Квадрат нормы функционала погрешности для аппроксимации сингулярного интеграла типа Коши в пространстве Соболева.....	202
Байжуманов А.А. Эффективный аналитический метод получения полинома Жегалкина	203
Бахадиров Г.А., Рахимова З.А. Валлар жуфтликлари орасида n та таянч плитасининг ҳаракатланиши жараёни динамикаси	206
Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М. Определение относительного удлинения материала в зоне контакта с шероховатым валом	208
Бектемиров И.Т. О методе Гаусса-Кузмына для цепных дробей	210
Болтаев А.К., Абдулхакимова Д.Х. Экстремальная функция одной оптимальной разностной формулы	212
Бурнашев В., Кайтаров З., Искандарова Д. Математическая модель кислотной обработки кальцидного коллектора нефтяного пласта.....	214
Бурнашев В., Эшмурзаев У. Математическая модель гидродинамических процессов кислотной обработки доломитного коллектора нефтяного пласта	215

Ганиева Н.А., Ходжаев Т.Т., Узакова А. Структурный анализ информационных связей и классификации задач газоснабжения	216
Ганиходжаев Р.Н., Эшниязов А.И. Моделирование многомерных нелинейных систем	218
Гуломкодиров К., Холмирзаева Н. Бир ўлчамли уюрма тенгламасини сонли ечиш	221
Джайков Г.М. Пиримбетов А.О., Махамбетов П. Об одной задаче интегральной геометрии на семействе ломаных	224
Джураева Н.Т. Юқори тартибли ҳосила олдида кичик параметр бўлган дифференциал тенглама учун чегаравий масалани ечиш методи	225
Жамалова Г.Б. Солиқ маъмуриятчилигини рақамлаштириш солиқ тўловчи билан ҳамкорликни таъминлаш даражалари	227
Жамалова Г.Б. Солиқ назорати жараёнини моделлаштириш ва автоматлаштириш.....	230
Жамуратов К., Умаров Х., Хамидов Д. Обобщенное решение одной краевой задачи с неизвестной границей.....	233
Жарилканов Б., Иеркебаев У., Кулбаев М. Об объектном подходе к экспорту и импорту данных в программировании VISUAL STUDIO ...	235
Игамбердиев Х.З., Буронов Б.М. Регулярные алгоритмы управления объектами в условиях параметрической неопределенности	237
Игамбердиев Х.З., Мамиров У.Ф., Туляганов Ш.Д. Устойчивое оценивание параметров регуляторов в системах управления динамическими объектами	238
Икрамов А.М., Одилов Ж.К. Компьютерное моделирование осесимметрических задачи теории упругости	240
Исмаилов М.А., Касимов Ф.О. Ижро механизмлари ҳаракатини баҳолаш	242
Исмайылов А.Е., Қутлымуратов Ю.Қ., Иеркебаев У.Н. Разработка экспертных информационных систем для диагностики уровней депрессии посредством сообщений в социальных сетях	245
Кабулов А.В., Кудайбергенов А.А. Ёирик магистрал каналларнинг сув ресурсларини тақсимлаш масаласининг математик моделларини ишлаб чиқиш	247
Кабулов А.В., Норматов И.Х. Математическая модель процесса распространения соли и пыли с осушенной части Аральского моря.....	249
Кабулов А.В., Норматов И.Х., Бабажанов А. Информационная модель расчета распространения солепылевых аэрозольных выбросов в южном приаралье	253
Каюмов Ш., Зиядуллаева Ш. С., Даминов К. Р. Математическое	

моделирование задачи вытеснение нелинейных флюидов в двухслойном пласте.....	256
Курбонов Н.М. Математическое моделирование задачи фильтрации газа в пористой среде при наличии массообмена сквозь границы	258
Мадреимова З.Б. Решение трехкритериальной задачи в среде EXCEL.	260
Мадреимова З.Б. Форма и виды задач линейного программирования ..	262
Маматова Н. О задаче оптимальной интерполяции функций.....	263
Мамбетов А.Б., Мауленов А.К. Кимёвий моддалардан кишлок-хўжалиги ишлаб чиқаришида оптимал фойдаланиш масаласини ечишнинг дастурий таъминоти.....	265
Мирзаев И., Қосимов Э., Нишонов Н., Екатерина Ан. Сейсмик таъсирларда ер ости қувурлари фазовий тизимларини ҳисоблаш учун дастлабки маълумотларни интерактив режимда қиритишни автоматлаштириш.....	266
Михайлов А.А., Имомназаров Х.Х., Ставрияни К.М., Худайназаров Б.Б. Об одном способе моделирования процесса землетрясения.....	268
Муминов А.Л., Махмуджонов Э.Ж. Эконометрическое моделирование и прогнозирования динамики роста населения и трудовых ресурсов.....	270
Мухаммедиева Д, Мадрахимов А. Решение кросс-диффузионной модели реакции-диффузии с двойной нелинейностью.....	272
Нарзуллаев К. Математическое моделирование реального цикла дизельного двигателя внутреннего сгорания.....	274
Нарманов О.А. О группе симметрий двумерного уравнения теплопроводности.....	277
Нормуродов Ч.Б., Турсунова Б.А. Численное моделирование уравнений с малым параметром при старшей производной полиномами Чебышева второго рода.....	279
Нуралиев Ф.А, Уликов Ш.Ш, Содиков С.С. Об одном оптимальные квадратурные формулы.....	281
Нуралиев Ф.М., Айтмуратов Б.Ш., Артикбаев М.А. Результаты решения задачи о магнитоупругости тонких анизотропных пластин....	283
Нуралиев Ф.М., Нарзуллаев О.М., Нурибегов Б.Т. 3D фрактал тузилишли объектларни геометрик моделлаштириш усуллари	286
Нуралиев Ф.М., Сафаров Ш.Ш., Эшқороева Н.Г. Мураккаб конструктив шаклдаги юпқа эластик ва магнитэластик пластиналарнинг очизикли деформацияланиш жараёнларини математик моделлаштириш	288

Пиримбетов А.О., Таскынов Е.К. Моделирование задачи определение восстановления внутренней структуры объекта по семейству парабол	291
Равшанов Н., Туракулов Ж. А. Математическая модель и вычислительный алгоритм для процесса фильтрования жидких растворов	292
Рахманов А. А., Мамадрахимов А. Построение математических моделей в прикладных задачах	294
Сатторов Э.Н., Мардонов Дж.А., Темирова Д. Регуляризация решения задачи коши для лапласова поля в ограниченной области.....	297
Сейтов А.Ж., Абдурахмонов О.Н., Кодиров М.Т., Сафаров М.А. Математические модели крупных насосных станций с водохранилищами сезонного регулирования	298
Сейтов А.Ж., Хайдарова Р.Д., Кодиров М.Т., Сафаров М.А. Использование метода конечных элементов для моделирования двумерного неустановившегося движения воды в открытых руслах.....	301
Сиддиков И.Х., Усанов М.М. Ситуационное управление технически сложных объектов	304
Сулюкова Л.Ф., Ахмеджанова З.И. Построение модели поиска оптимальных маршрутов автомобильных грузоперевозок.....	306
Сулюкова Л.Ф., Джумаев С.Н. Моделирование цифрового двойника для станка с ЧПУ	309
Тошбоев О.Н., Хакимова И.К., Ёкубов А.Х. Квадрат нормы функционала погрешности весовых квадратурных формул в пространстве Соболева	311
Утебаев Д., Тлеуов К.О., Хайбуллаева Ф.Х. Компактные разностные схемы для уравнения влагопереноса	312
Утебаев Д., Ярлашов Р.Ш., Наубетуллаев Ж.И. О сходимости разностных схем для одного уравнения внутренних волн жидкости.....	315
Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Бегилев Б.Б. Определения условий оптимальности для стохастической задачи очистки сточных вод	317
Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Кутлымуратов Ю.Қ. Ерларни шўрланиш даражаси мониторинги асосида экинларни жойлаштиришнинг экологик-иктисодий модели	319
Утеулиев Н.У., Пиримбетов А.О., Даулетияров А.Е. Численная реализация некорректной задачи интегральной геометрии по семейству ломаных на основе метода регуляризации Тихонова.....	321
Утеулиев Н.У., Орынбаев А.Б., Ахунбетова З.Н. Электр тармоқларини лойиҳалашнинг математик модели	322

Фаязов К. С., Рахматов Х. Ч. Численное решение начально-краевой задачи для уравнения смешанного типа с двумя линиями вырождения..	323
Халджигитов А.А., Тиловов О.Ў. Термо-эластик масалани кучланишларда сонли ечиш	325
Халматов Д. Хушназарова Д.Р. Алгоритм синтеза управления одномерных нелинейных объектов	328
Хашимов С., Холматов Т.Х., Нумонхонова М., Нурмаматов Ж. Пахта тозалаш технологик жараёнини математик моделлаштириш	330
Хожиев Т.К. К численному моделированию трехмерной нелинейной стационарной задачи теплопроводности при граничных условиях первого рода	332
Хужаев И.К., Широков З.З. Решение системы уравнений состояния жидкости в статически функционирующем элементарном участке трубопровода с конечной длиной	334
Хужаеров Б.Х., Файзиев Б.М., Эрмаматова З.Э. Численное решение задачи о продолжении решения уравнения Гельмгольца	336
Хўжамқулов Б.Т., Маматкулов Ж. Об алгоритме нахождения полуобратной матрицы.....	340
Хурамов Л.Я. Биотиббий тасвирларни Добеши вейвлет усулида рақамли ишлов беришнинг алгоритмлари	341
Шадиметов Х.М., Гуломов О.Х., Хужамқулов Б.Т. Совершенные квадратичные формы, связанные с решеткой и кубатурных формул	344
Шадиметов Х.М., Давлатова Ф.И. Оптимальные формулы приближенного интегрирования для быстроосциллирующих функций ...	346
Шадиметов Х.М., Жабборов Х.Х. Коэффициенты оптимальных квадратурных формул с ядром Гильберта	348
Шадиметов Х.М., Шоназаров С.К. Разностные формулы второго порядка	349
Шукуров А.М., Каримов М.М., Мусурмонова М.О. Нестационарное вращение жесткого шара вблизи сферической полости в упругом пространстве	350
Эсанов Ш.Э. Задача о разностных формулах	352
Эсонтурдиев М.Н. Алгоритм расчета плановых режимов работы участков магистральных каналов при удовлетворении потребностей потребителей	354
Ярметова Д.И., Назирова Д.Х. Численные решения для задачи кросс-диффузии биологических систем	356
Normurodov Ch.B., Ziyakulova Sh.A., Alimova R.A. Kortevega-de vriza tenglamasini spektral to'rt usuli yordamida yechish	357

Mamatqobilov A.X. Shinalarning elastikligi va deformatsiyasini hisobga olgan holda avtomobilning egri chiziqli harakatining ustivorligi to'g'risida	360
Mirzamaxmudova N., Ortiqov H. Diskret ma'lumotlarni tahlil qilishda matematik dasturlardan foydalanish	362
Yo'ldoshev N.N. Tadbirkorlik subeklari uchun elektron hisobotlar yuritish mobil ilovalari qiyosiy tahlili.....	364