

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА»

В печать:

Гл. редактор

_____ Ф. Х. Кудаева

«_____» _____ 2025 г.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ
МАТЕМАТИКИ, ИНФОРМАТИКИ И МЕХАНИКИ**

**Сборник научных статей
VI Международной научной конференции**

Нальчик
КБГУ
2025

УДК 51 : 004 : 531/534
ББК 22.1 : 16 : 22.2
С56

Редакционная коллегия:

Кудаева Ф.Х., канд. физ.-мат. наук, доц. (*гл. редактор*)

Члены редакционной коллегии:

Ашабоков Б.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Ошхунов М.М., д-р техн. наук, проф.

Бечелова А.Р., канд. физ.-мат. наук, доц.

Кайгермазов А.А., канд. физ.-мат. наук, доц.

С56 Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник статей VI Международной научной конференции / ред. коллегия: Ф. Х. Кудаева (гл. редактор), Б. А. Ашабоков, М. М. Ошхунов, А. Р. Бечелова, В. М. Казиев, А. А. Кайгермазов ; Министерство науки и высшего образования, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. – Нальчик : Каб.-Балк. ун-т, 2025. – 108 с. – Библиогр. – в конце докл. – 50 экз. – ISBN 978-5-7558-0699-2. – Текст непосредственный.

В сборнике публикуются труды участников VI Международной научной конференции «Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (29.06.25 г.–02.07.25 г. п. Эльбрус). Представленные материалы отражают современные проблемы прикладной математики, информатики и механики.

Материалы рецензированы и отрецензированы редакционной коллегией конференции «Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики».

УДК 51 : 004 : 531/534
ББК 22.1 : 16 : 22.2

ISBN 978-5-7558-0699-2

© Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

<i>Анахаев К.Н.</i> Перемычка с пластовым дренажем – фильтрационный расчет	7
<i>Беликов В.В., Васильева Е.С., Малюгин Н.Р.</i> Физико-математическая модель транспорта наносов при слоистом залегании грунта	8
<i>Беликов В.В., Павлюкевич Е.Д., Анахаев К.Н., Крыленко И.Н.</i> Численное моделирование Нижне-Чегемского селевого потока	11
<i>Есанкулова М.Х.</i> Стационарные состояния диффузионной популяционной модели с возрастной структурой	13
<i>Кайгермазов А.А., Есанкулова М.Х.</i> Математический анализ популяционной модели с возрастной структурой	14
<i>Кумыков Т.С.</i> Моделирование электризации облачных частиц во фрактальной среде с учетом утечки зарядов за счет проводимости ...	17
<i>Мамбетов М.Ж., Долова Р.Х., Хапова М.А., Гридасова Е.В., Ахматова А.М.</i> Математическая модель системы РЕКА-МОРЕ	18
<i>Махмудова М.М., Карабаева Х.А.</i> Численное моделирование нелинейных параболических уравнений подземной гидродинамики	22
<i>Нагоров А.Л.</i> Математическая модель фазового перехода плавления полимеров	24
<i>Саидахмедова М.Б.</i> Инструменты для имитационного моделирования систем	26
<i>Ситник С.М., Маслов М.Г.</i> О модифицированном дискретном преобразовании Фурье	27
<i>Шаваева Л.С., Ансокова З.В., Хапова С.Д.</i> Математическая модель распределения ущерба от загрязнения	30

СЕКЦИЯ 2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

<i>Авербух А.М.</i> Сравнительный анализ алгоритмов планирования пути в условиях частично известной среды	35
<i>Авербух А.М.</i> Оптимизация алгоритма LAZY THETA* для ускоренного поиска пути в условиях частично известной карты ...	37
<i>Агузарова Л.А., Дзобелова В.Б.</i> ГИГ-экономика в условиях цифровых преобразований	38

Белов Д.А., Корелин К.А. Ансамблевые методы машинного обучения в задачах классификации объектов сложной структуры	40
Бечелова А.Р., Тхабисимова М.М., Кильчукова А.Л. Ситуационное моделирование – моделирование принятия решений	42
Бечелова А.Р., Кильчукова А.Л. Искусственный интеллект в медицинских исследованиях и практике: современные подходы	45
Бицуев Т.М., Беспанев З.О. Прогнозирование риска развития диабета 2 типа с использованием ансамблевых методов машинного обучения	47
Гергова Д.А., Дышеков И.А., Кучмезов А.Х. Классификация степени поражения почек у постковидных пациентов с помощью модели машинного обучения	49
Дюбо Е.Н. Особенности анализа цифрового следа в СДО MOODLE	51
Кодзоков А.Х., Гучаева З.Х. Вычислительные сложности моделирования многомасштабных процессов в климатических системах	53
Константинов А.В., Уткин Л.В., Мулюха В.А. Метод обогащения контекста на основе опровержения	54
Лафишева М.М., Муртазова С.Э. Использование аппарата нейронных сетей для распознавания автомобильных номерных знаков	56
Тхабисимова М.М., Бечелова А.Р., Тхабисимова И.К. Диагностика критических состояний больных с дыхательной недостаточностью на основе нейросетевого моделирования	58
Уткин Л.В., Константинов А.В., Вербова Н.М. Модель анализа выживаемости на основе ансамбля оценок Берана и модели внимания	60
Чернобаев И.Д., Кочетов Д.В. Диагностика технических объектов нейросетевыми методами в условиях неполных данных ...	61
Яковлев И.И. Проектирование базы данных и автоматный алгоритм для прогнозирования состояний пациента	63

СЕКЦИЯ 3

НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Anatoly A. Alikhanov, Mohammad ShahbaziAsl, Adam A. Ali-khanov Development and Analysis of Second-Order numerical Methods for delayed nonlinear Time-Fractional telegraph Equations	66
--	----

<i>Anatoly A. Alikhanov, Mohammad ShahbaziAsl, Aslanbek Kh. Khibiev Adam A. Alikhanov</i> AN Efficient L1–Based difference scheme for TIme-Fractional heat Conduction Models	68
<i>Воропаев С.А., Душенко Н.В., Кривенко А.П.</i> Выбор математической модели для спектрального анализа минералов	70
<i>Кармоков М.М., Геккиева С.Х.</i> Смешанная краевая задача для одного разрывно-нагруженного уравнения	72
<i>Керефов М.А., Геккиева С.Х.</i> Об одной краевой задаче для псевдогиперболического уравнения с дробной производной ...	74
<i>Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Воропаев С.А.</i> Диффузия газов в слоистых пористых средах	75

СЕКЦИЯ 4

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В МЕХАНИКЕ И В ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

<i>Апеков А.М., Шебзухова И.Г., Хамукова Л.А.</i> Моделирование вклада дисперсионного взаимодействия ячеек Вигнера-Зейтца в межфазную энергию на границе грань металла-органическая жидкость	78
<i>Ахматов З.А., Куготова А.М., Хачетлова С.А., Куниязев Б.И.</i> Оценка величины изменения энтропии полиэтилена при сильном динамическом сжатии	79
<i>Бурчаков А.В., Смольков М.И., Фролов М.А.</i> Механические свойства новых пористых материалов	81
<i>Индиаминов Р.Ш., Нематов Ш.У., Хакбердиев С.Н.</i> Магнитоупругие колебания токонесущих пластин в переменном магнитном поле	83
<i>Индиаминов Р.Ш., Нематов Ш.У., Юсупов Н.</i> Влияние внешнего магнитного поля на напряженное состояние токонесущей оболочки	85
<i>Оишхунов М.М.</i> Физически нелинейные модели механики деформируемых сред и методы их численного анализа	87

СЕКЦИЯ 5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОМЕХАНИКЕ, ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Хацукова М.М., Яхутлов М.М., Черкесов Т.Ю.</i> Разработка математической модели тренажерного устройства управляющего силового воздействия и программного обеспечения для оптимизации его применения	90
--	----

СЕКЦИЯ 6

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

<i>Абдихалилов Улмасжон Улфат угли</i> Структурная модель алгоритмической последовательности многоэтапных процессов производства сока на примере технологии	92
<i>Виндижева А.О., Бекалдиева З.С., Тохова Д.У.</i> Математическая модель оценки экономической эффективности глобальные по снижению токсичности оседая автомобильных двигателей ...	94
<i>Казиев В.М., Казиева Б.В.</i> Комплекс онлайн-курсов для менеджеров	97
<i>Киселева И.А., Трамова А.М.</i> Особенности оценки кредитоспособности заемщика с использованием цифровых технологий	99
<i>Кудиева Ф.Х., Бишенов А.А., Нораллиев Н.Х., Романчен-ко О.В., Куковица Е.Н.</i> Математическая модель распределения инвестиций	101
<i>Овчаренко А.А.</i> Механизмы и эффективность импортозамещения ИТ-инфраструктуры банков РФ: теоретико-методологический анализ и эмпирическая оценка	105

СЕКЦИЯ 1

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

УДК 517.54

ПЕРЕМЫЧКА С ПЛАСТОВЫМ ДРЕНАЖЕМ – ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ

Анахаев К.Н.

В статье рассматривается одна из самых известных задач теории фильтрации – фильтрация через прямоугольную перемычку с пластовым (горизонтальным) дренажем, решению которой были посвящены (теоретические, экспериментальные, численные на ЭВМ) работы: Kozeny J. [1, 2], Нумерова С.Н. [3, 4], Нельсон-Скорнякова Ф.Б. [5], Шанкина П.А. [6], Alt H.W. [7], Crank J. [8], Анахаева К.Н. [9, 10], Kacimov A.R. [11, 12] и др. Однако на сегодняшний день такие важные параметры фильтрации как внутренние скорости фильтрации в теле перемычки, а также фильтрационный расход и величины его захода в дренаж, остаются неопределенными.

В работе предлагаются расчетные зависимости по определению указанных параметров, в том числе, с прямым гидромеханическим решением в результате 10-ти последовательных конформных отображений физической области течения на область годографа скорости.

На основе полученного общего решения, представленного в элементарных функциях, выведены также частные расчетные зависимости для определения скоростей фильтрации:

- по верховой грани перемычки с максимальным значением в месте сопряжения с основанием;
- по подошве перемычки;
- при выходе фильтрационного потока в пластовый дренаж;
- по линии депрессионной кривой с выделением горизонтальной и вертикальной составляющих и др.

Список источников

1. Kozeny J. Grundwasserbewegung bei freiem Spiegel, Fluss- und Kanalversickerung // Wasserkraft und Wasserwirtschaft. 1931. J. 26. H. 3. P. 28–31.
2. Kozeny J. Theorie und Berechnung der Brunnen // Wasserkraft und Wasserwirtschaft. 1933. J. 28. H. 8. P. 89–92.

3. Нумеров С.Н. О фильтрации в земляных плотинах с дренажем на водонепроницаемых основаниях // Известия НИИГ. Л. 1939. Т. 25. С. 115–136.
4. Нумеров С.Н. Практический способ фильтрационного расчета земляных плотин с дренажем на водонепроницаемых основаниях // Известия НИИГ. Л. 1940. Т. 28. С. 272–276.
5. Нельсон-Скорняков Ф.Б. Движение грунтовой воды через плотину-перемычку, дренированную в основании // Известия ОТН АН СССР. 1940. № 6. С. 81–84.
6. Шанкин П.А. Расчет фильтрации в земляных плотинах. М.-Л. Речиздат. 1947. 179 с.
7. Alt H.W. Numerical Solution of Steady-State Porous Flow Free Boundary Problems // Numerische Mathematik. 1980. V. 36. P. 73–98.
8. Crank J. Free and moving boundary problems. Oxford. 1984. 425 p.
9. Анахаев К.Н. Гидромеханическое решение задачи фильтрации через перемычку с пластовым дренажем // Гидросооружения. 2011. № 1. С. 27–30.
10. Анахаев К.Н. Задачи гидромеханики и нелинейной механики в комплексных и специальных функциях: сборник избранных статей. Нальчик: ИПМА КБНЦ РАН. 2020. 245 с.
11. Kacimov A.R. Analytical solution for a phreatic groundwater fall: the Riesenkampf and Numerov solution revisited // Hydrogeology Journal. 2012. 20. P. 1203–1209.
12. Kacimov A.R., Al-Maktoumi A., Obnosov Yu.V. Seepage through earth dam with clay core and toe drain: the Casagrande-Numerov analytical legacy revisited // ISH Journal of Hydraulic Engineering. 2021. 27. P. 264–272.

Сведения об авторе

Анахаев Кошкинбай Назирович

Кабардино-Балкарский научный центр РАН. Нальчик, Россия,
anaha13@mail.ru

УДК 626.01

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТА НАНОСОВ ПРИ СЛОИСТОМ ЗАЛЕГАНИИ ГРУНТА

Беликов В.В., Васильева Е.С., Малюгин Н.Р.

Речные русла часто состоят из грунтов различной крупности и имеют слоистую структуру, напоминающую слоеный пирог. Для расчета деформаций дна в таких грунтах предлагается новая многослойная (трехмерная по грунту) физико-математическая модель, базирующаяся на предыдущей

версии трехслойной модели деформаций дна, где нижний слой считался неоднородным (с заданным фракционным составом), но однородно перемешанным до самой неразмываемой поверхности [1–3]. В новой модели неподвижный грунт делится на некоторое число слоев по глубине (для каждой ячейки расчетной сетки может быть задано индивидуальное разбиение на слои), в каждом из которых задается свой фракционный состав (рисунк 1). Таким образом, модель движения наносов становится полностью трехмерной и позволяет рассчитывать деформации дна речных русел при сложном слоистом по глубине и неоднородном в плане залегании грунтов.

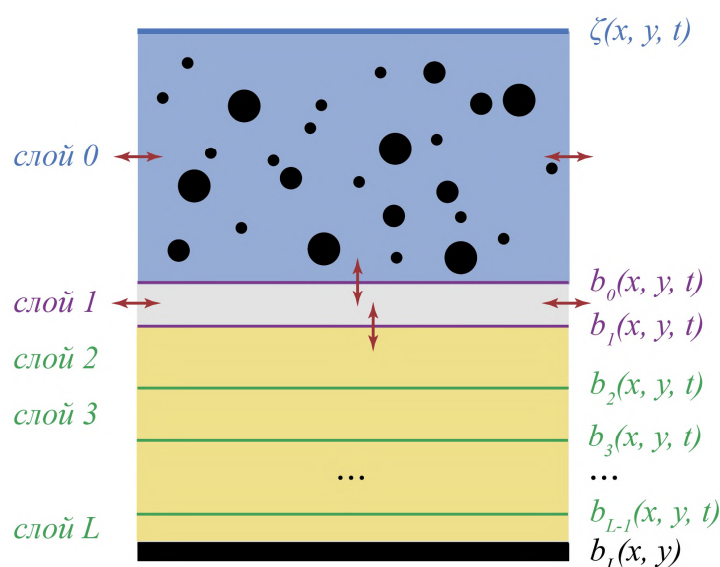


Рисунок 1 – Схематичное представление слоистого залегания многофракционного грунта

В докладе приводится математическое описание предлагаемой модели (уравнения, начальные и граничные условия), а также сопоставление расчетов по трехслойной (базовой) модели (с использованием отечественной программы STREAM 2D CUDA) с результатами эксперимента в гидравлических лотках и наблюдениями за деформациями дна на реальных объектах. В частности, рассмотрены эксперименты В.С. Кнороза по размыву многофракционного грунта с образованием самоотстойки; эксперименты по промывке гидравлического отстойника; по прорыву песчаной дамбы с образованием прорана; заилению руслового карьера ПГС; крупномасштабный эксперимент с прорывом плотины (YANEKOU TEST); разрушение плотины из моренного грунта на р. Дюрсо под г. Новороссийск.

Предлагаемая многослойная модель прошла испытания, включающие проверку сохранения массы; аддитивности по числу слоев; тест на после-

довательное смыывание слоев мелкого и крупного грунта; оценку самоотмостки; двумерный (в плане) тест обтекания шпоры в гидравлическом лотке с размывом слоистого дна.

К сожалению, существует крайне мало экспериментальных и натуральных данных для сопоставления расчетов в случаях сложного слоистого распределения грунтов в донных отложениях, что делает предложенную модель опережающей свое время [4, 5]. Особенно актуально может быть применение разработанной модели при расчетах общих размывов русла у мостовых переходов (поскольку при проектировании мостов всегда проводятся буровые работы в створе моста для определения характеристик глубинного залегания грунтов). Она также может служить научным обоснованием для проектов трасс подводных переходов трубопроводов через реки, а также для прогнозов размыва дна в нижних бьефах ГЭС, где могут происходить интенсивные вертикальные деформации русла.

Работа выполнялась в рамках темы ГЗ ИВП РАН № FMWZ-2025-0003.

Список источников

1. Жуковский Н.Е. Теоретическая механика. М.-Л. ГИТТЛ. 1952. 811 с.
2. Покровский Г.И. Гидродинамика высоких скоростей. М.: Знание. 1966. 48 с.
3. Цубой Т. Гравитационное поле Земли. М.: Мир. 1982. 286 с.
4. Беликов В.В. Проблемы брызгового обледенения и образования техногенных осадков в нижних бьефах высоконапорных гидроузлов. М., 2016. 151 с.
5. Анахаев К.Н. О движениях с переменным ускорением // Известия КБНЦ РАН. 2022. № 6 (110). С. 13–18. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-13-18.

Сведения об авторах

¹*Беликов Виталий Васильевич*, ²*Васильева Екатерина Сергеевна*,
³*Малюгин Николай Робертович*
^{1, 2, 3}*Институт водных проблем Российской академии наук. Москва, Россия*

¹belvv@bk.ru

²vasilevaes@yandex.ru

³n.r.maliugin@outlook.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЖНЕ-ЧЕГЕМСКОГО СЕЛЕВОГО ПОТОКА

Беликов В.В., Павлюкевич Е.Д., Анахаев К.Н., Крыленко И.Н.

В долине реки Чегем, на правом склоне в населенном пункте Нижний Чегем, располагается селевое русло («Ырхы-кол» – селевая балка). Это место периодически подвергается сходу сели, который угрожает хозяйственным постройкам и дорогам. В статье В.А. Герасимова, опубликованной в 1980 году представлено подробное описание случая схода сели 7 июля 1977 года, а также морфометрические характеристики, причины его возникновения и рекомендации по устранению проблемы. С тех пор сходы сели на этом участке фиксировали неоднократно, в том числе в 2011, 2012 и 2022 годах.

Селевое русло состоит из нескольких характерных участков: очага зарождения, каньона и конуса выноса [1, 2]. В июне 2022 года при участии авторов доклада было проведено натурное обследование участка древнего и современного конусов выноса грунта. Очаг сели был проанализирован на основе данных дистанционного зондирования Земли за период 2012–2019 годов. Он располагается во впадине склона на отметке 1180 м, на относительной высоте 400 м над руслом реки Чегем. Здесь есть болотце, образованное притоком воды в результате снеготаяния весной и питаемое ручьями и дождевыми осадками в летний период. Склоны селевого каньона крутые, состоят из рыхлого глыбового материала с включением валунов, диаметром 1,5–2 м. При выходе из каньона селевой поток попадает на древний конус выноса, здесь скорость снижается и откладываются крупные валуны. Затем движение продолжается более мелкими фракциями. Отмечено, что частицы диаметром 10–20 мм сохраняют способность стекать по конусу выноса при незначительных уклонах [3–5]. Это позволяет им перемещаться на большие расстояния от конца каньона и достигать реки, добавляя «залпом» наносы в общий «твердый» сток.

В докладе приводится математическая модель описанного выше селевого русла и движения потока водно-грунтовой смеси многофракционного состава.

Топография и геометрия участка исследования приняты по актуальным натурным данным. В расчетах применялся отечественный программный комплекс для расчета течений и деформаций дна STREAM 2D CUDA, апробированный на большом числе реальных объектов, но для селевого потока применяемый впервые.

Получаемая при моделировании картина движения селя качественно хорошо согласуется с имеющейся фактической информацией. Относи-

тельно небольшой расход чистой воды, изначально поступающей из очага зарождения (болотца), резко ускоряется в каньоне (на крутой части склона) и насыщается твердым материалом различных фракций. При этом в расчетах объемный расход водно-грунтовой смеси увеличивается до трех раз по сравнению с расходом воды, а массовый расход – до пяти раз. На вершине конуса выноса, в связи с уменьшением продольного уклона, поток начинает замедляться, что приводит к остановке движения крупных фракций, а более мелкие фракции свободно продвигаются по конусу выноса до русла р. Чегем, частично оседая на расширяющемся в плане конусе. Данное утверждение полностью соответствует описанию процесса селя, приводимом в статье В.А. Герасимова.

Вывод. В некоторых случаях, включая обсуждаемое русло, мероприятия по регулированию склонового стока могут эффективно предотвращать или смягчать последствия селей, уменьшая ее поступление в очаг зарождения селевого потока.

Работа выполнялась в рамках темы Государственного задания ИВП РАН № FMWZ-2025-0003 и, частично, ИПМА КБНЦ РАН № 125031904215-5.

Список источников

1. Жуковский Н.Е. Теоретическая механика. М.-Л. ГИТТЛ. 1952. 811 с.
2. Покровский Г.И. Гидродинамика высоких скоростей. М.: Знание. 1966. 48 с.
3. Цубой Т. Гравитационное поле Земли. М.: Мир. 1982. 286 с.
4. Беликов В.В. Проблемы брызгового обледенения и образования техногенных осадков в нижних бьефах высоконапорных гидроузлов. М., 2016. 151 с.
5. Анахаев К.Н. О движениях с переменным ускорением // Известия КБНЦ РАН. 2022. № 6 (110). С. 13–18. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-13-18.

Сведения об авторах

¹*Беликов Виталий Васильевич*, ²*Павлюкевич Екатерина Дмитриевна*, ³*Анахаев Кошкинбай Назирович*, ⁴*Крыленко Инна Николаевна*

^{1, 2, 3}*Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия*

⁴*Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, Нальчик, Россия*

¹*belvv@bk.ru*

²*ekaterina.kornilova.hydro@gmail.com*

³*anaha13@mail.ru*

⁴*krylenko_i@mail.ru*

СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Есанкулова М.Х.

В области $\Pi = \{(t, x) : 0 < t < l, 0 < x < 1\}$ рассмотрим задачу [1]: найти непрерывное решение уравнения в области Π

$$u_t = D^2 u_{xx} - l u + \sum_{k=1}^n l_k u(t, x_k) + f(t, x), \quad (1)$$

удовлетворяющее начальному условию

$$u(0, x) = \int_0^l \sigma(t) u(t, x) dt, \quad (2)$$

и однородным граничным условиям

$$u(t, 0) = u(t, 1) = 0. \quad (3)$$

Здесь $u(t, x)$ – плотность (численность) популяции возраста t , в точке x , $D = \text{const}$ – коэффициент подвижности особей популяции, l, l_k ($k = 1, 2, \dots, n$) – некоторые постоянные, причем $l \neq 0$, а также $\sum_{k=1}^n |l_k| \neq 0$, $x_k, k = 1, 2, \dots, n$ – фиксированные точки из интервала $(0, L)$.

Для определенности будем считать, что $0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n < 1$. Функция $f(t, x)$ считается непрерывной в замкнутой области $\bar{\Pi}$. Отметим, что если $D = 0$, т. е. диффузия не имеет места, то l – уровень смертности популяции в точке x и очевидно $l \geq 0$. В случае уравнения (1) это условие не является существенным, так как l может принимать отрицательные значения.

Без ограничения общности будем считать, что $D = 1$.

Рассмотрим сначала локальную задачу, в которой начальное условие имеет вид [1]

$$u(t, x) = j(x). \quad (4)$$

Покажем, что, задача (1), (2), (4) имеет единственное решение.

Введем в рассмотрение скалярное произведение и норму по формулам

$$(u, v) = \int_0^1 u v dx, \quad \|u\|_0^2 = \int_0^1 u^2 dx.$$

Умножив уравнение (1) скалярно на u получим

$$(u_t, u) - (u_{xx}, u) + (I, u^2) - \sum_{k=1}^n I_k u(t, x_k, u) = (f, u).$$

Доказана справедливость оценки

$$\|u\|_0^2 \leq M \left(\|f\|_{2,Q}^2 + \|j(x)\|_0^2 \right), \quad (5)$$

$$\text{где } M = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} C_{e_1} \sum_{k=1}^n |I_k| + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n |I_k|, \quad \|f\|_{2,Q}^2 = \int_0^t \|f\|_0^2 ds.$$

Из оценки (5) следует единственность решения задачи (1), (2), (4).

Существование решения задачи однозначно редуцировано к решению системы интегральных уравнений Фредгольма второго рода. Безусловная разрешимость полученной системы следует из единственности решения.

Аналогично можно доказать существование и единственность решения задачи (1)–(3).

Список источников

1. Кайгермазов А.А., Кудяева Ф.Х. Дискретные и непрерывные модели математической биологии: учебно-методическое пособие. Нальчик, 2008, 114 с.

Сведения об авторе

Есанкулова Мадина Хасеновна, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия, kertbieva96@bk.ru

УДК 57-1

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Кайгермазов А.А., Есанкулова М.Х.

Постановка задачи

В области $W = \{(t, x) : 0 < t < l, 0 < x < T\}$ рассмотрим задачу

$$u_t + u_t = -a(t)u, \quad (1)$$

$$u(t, 0) = j(t), \quad (2)$$

$$u(0, t) = \int_0^l c(t)u dt. \quad (3)$$

Задача (1)–(3) называется популяционной моделью Мак-Кендрика.

Здесь $u(t, t)$ – численность популяции возраста t в момент времени t ; $a(t)$ – коэффициент смертности; $c(t)$ – коэффициент рождаемости; $j(t)$ – функция начального возраста распределения; l – максимальный возраст популяции.

Теорема существования и единственности решения

Пусть

$$u(0, t) = y(t), \quad (4)$$

где $y(t)$ – известная достаточно гладкая функция.

Справедливы следующие леммы.

Лемма 1. Пусть выполнены условия

$$1) a(t) \in C[0, l], j(t) \in C[0, l], y(t) \in C[0, T],$$

$$2) j(0) = y(0).$$

Тогда задача (1), (2), (4) имеет единственное решение из класса $C(\bar{W}) \cap C^1(W)$.

Лемма 2. Пусть $a(t), c(t) \in C[0, l]$. Тогда

1) если $H = 1$, то задача (1)–(3) имеет континуум стационарных состояний;

2) если $H \neq 1$ существует только нулевое стационарное состояние,

где $H = \int_0^l c(t)w(0, t)dt$ – потенциал популяции, $w(a, b) = e^{-\int_a^b c(s)ds}$.

Рассмотрим теперь нелокальную задачу (1)–(3).

Теорема 1. Пусть выполнены условия:

$$1) a(t), j(t) \in C^1[0, l]; \quad c(t) \in C[0, l];$$

$$2) j(0) = \int_0^l c(t)j(t)dt.$$

Тогда задача (1), (2), (3) имеет единственное регулярное решение.

Сходимость разностных схем

Введем в области W сетку [1] $W_{t\tau} = W_{t\tau} \times W_{t\tau}$ где

$$W_{t\tau} = \{t_i = i\tau, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N, \quad t \leq N = l\}, \quad W_{t\tau} = \{t_n = n\tau, \quad n = 0, 1, 2, \dots, K, \quad t \leq K = T\}.$$

и аппроксимируем задачу (1)–(3) разностной схемой [1]:

$$\begin{cases} y_t + s \hat{y}_{\bar{t}} + (1-s)y_{\bar{t}} = 0, \\ y_i^0 = j(t_i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, N, \\ y_0^n = \sum_{i=1}^N c_i y_i^n t', \quad n = 0, 1, 2, \dots, K. \end{cases} \quad (5)$$

Теорема 2. Пусть выполнены условия:

- 1) $t' \in \left(\frac{1}{c_0^2} - 2l^2, \frac{1}{\sqrt{2l}} \right)$ при $c_0 < \frac{1}{\sqrt{2l}}$,
- 2) $s \neq s_0 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t'}{t'} + 2 \frac{c_0^2 l^2}{t'} \right)$,

где $c_0 = \max_{t \in [0, l]} |c(t)|$.

Тогда схема (5) устойчива по начальным данным в энергетической норме $\|y\|_{(1)} = \|y_{\bar{t}}\|$ и для ее решения справедливо неравенство $\|y_{\bar{t}}^{j+1}\| \leq \|y_{\bar{t}}^0\|$.

Докажем теперь сходимость разностной схемы. Введем обозначение $z = y - u$.

Подставив $y = z + u$ в разностную задачу (5), мы получим разностную задачу для погрешности z

$$z_t + s z_{\bar{t}} + (1-s)z_{\bar{t}} = 0,$$

$$z_i^0 = 0,$$

$$z_0^n = \sum_{i=1}^N c_i z_i^n t'.$$

Для погрешности имеет место оценка

$$t' \left(1 - 2c_0^2 (l + t'^2) \right) \|z_{tt}\|_0^2 + 2t' \left((s - 0,5) t' + 0,5 t' - c_0^2 l^2 \right) \|z_{\bar{t}}\|_0^2 + \|\hat{z}_{\bar{t}}\|_0^2 \leq \|\hat{z}_{\bar{t}}\|_0^2.$$

Таким образом, при выполнении условий теоремы разностная схема сходится со скоростью $O(t \Phi + t \Phi)$.

Список источников

1. Самарский А.А., Гулин А.В. Устойчивость разностных схем. М.: Наука, 1973. 416 с.

Сведения об авторах

¹*Кайгермазов Арслан Ахматович, ²Есанкулова Мадина Хасеновна*

^{1,2}*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*karslan1961@yandex.ru*

²*kertbieva96@yandex.ru*

УДК 550.3 [551.5]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ОБЛАЧНЫХ ЧАСТИЦ ВО ФРАКТАЛЬНОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ УТЕЧКИ ЗАРЯДОВ ЗА СЧЕТ ПРОВОДИМОСТИ

Кумыков Т.С.

Электризация грозовых облаков – ключевой процесс в формировании молний, однако традиционные модели часто игнорируют фрактальность облачной среды и утечку зарядов. Облака характеризуются фрактальной структурой, где кластеризация частиц и турбулентность влияют на частоту столкновений [1]. Кроме того, электропроводность, обусловленная ионами и аэрозолями, приводит к диссипации зарядов [2].

Понимание механизмов разделения и накопления электрических зарядов в облаках имеет важное значение для прогнозирования погоды, обеспечения безопасности авиации и инфраструктуры, а также анализа климатических изменений. Однако точное моделирование этих процессов затруднено из-за сложной структуры облаков и множества факторов, влияющих на динамику зарядов.

Одним из важных аспектов, который часто недооценивают в классических моделях, является фрактальная природа облаков. Облака, особенно кучево-дождевые, демонстрируют самоподобную структуру в различных пространственных масштабах, что соответствует характеристикам фракталов [3]. Фрактальность структуры облаков влияет на движение и взаимодействие частиц внутри облака, изменяя вероятность столкновений, обмен зарядами и распределение электрических полей. Учет фрактальных свойств позволяет более точно описывать хаотичность среды, неоднородность концентрации частиц и их траектории, что критически важно для понимания механизмов генерации зарядов.

Еще одним недостатком многих современных моделей является игнорирование утечки зарядов, обусловленной проводимостью среды. Проводимость атмосферы, связанная с наличием ионов и свободных электронов, а также поверхностная проводимость частиц льда и воды способствуют рассеиванию зарядов во времени. Этот процесс может существенно влиять на дина-

мику электризации, замедляя накопление зарядов или препятствуя достижению критических значений, необходимых для инициирования разряда.

В данной работе предлагается модель электризации облачных частиц, сочетающий два основных фактора – фрактальную топологию среды и динамику утечки зарядов. Это позволит получить новые сведения о том, как сложная структура облаков и их проводящие свойства среды влияют на эффективность разделения зарядов и вероятность возникновения молний. Это также повысит точность прогнозов молниевой активности, что является важным для авиационной безопасности, энергетики и климатических исследований.

Таким образом, предложенная модель расширяет традиционные подходы, предоставляя более достоверное описание электризации облаков и создавая возможности для дальнейших исследований в области атмосферного электричества и нелинейной динамики.

Список источников

1. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature // San Francisco: W.H. Freeman. 1983. 468 p.
2. Saunders C.P. R. Journal of Geophysical Research. 1993. 98 (D5). P. 10777–10785.
3. Lovejoy S. Science. 1982. 216 (4552). P. 185–187.

Сведения об авторе

Кумыков Тембулат Сарабиевич, ¹Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, ²Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия, macist20@mail.ru

УДК 51-7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РЕКА-МОРЕ

**Мамбетов М.Ж., Долова Р.Х., Хапова М.А.,
Гридасова Е.В., Ахматова А.М.**

Определение концентрации загрязнений системы река-море описывается дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка [1, 2]

$$k \Delta s - \frac{\partial s}{\partial t} = F(s), \quad (1)$$

где k – const, $F(s)$ – стоки, s – концентрация загрязнений.

Концентрация загрязнений удовлетворяет краевым условиям:

$$F(s) \geq 0, F(0) = 0, \quad F'(0) = \infty; \quad (2)$$

$$k \frac{\partial s}{\partial n} + \alpha s = q, \quad x, y \in \gamma, t > 0, \quad k \frac{\partial s}{\partial n} = 0, x, y \in \Gamma, t > 0, \quad (3)$$

где γ – устье реки, Γ – берег моря, D – плоская область, ограниченная γ и Γ , α – коэффициент теплообмена с окружающей средой, q – поток загрязнений.

Предположим, что γ – полуокружность радиуса r_0 , Γ – совокупность двух полупрямых, образующих вместе с полуокружностью границу области D , тогда (1)–(3) записывается в виде (4) в полярных координатах (r, φ) :

$$k \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial s}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 s}{\partial \varphi^2} \right) - \frac{\partial s}{\partial t} = F(s), \quad r_0 < r < r(\varphi, t), \quad 0 < \varphi < \pi, t > 0;$$

$$s(r, \varphi, 0) = 0, \quad r_0 < r < r(\varphi, 0), \quad 0 < \varphi < \pi,$$

$$-k \frac{\partial s}{\partial r} + \alpha s = q, \quad r = r_0, \quad 0 < \varphi < \pi, \quad t > 0, \quad (4)$$

$$kr \frac{\partial s}{\partial \varphi} = 0, \quad \varphi = 0, \varphi = \pi, \quad r_0 < r < r(\varphi, t), \quad t > 0;$$

$$s = 0, \quad k \frac{\partial s}{\partial n} = k \sqrt{1 + \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial r}{\partial \varphi} \right)^2} \frac{\partial s}{\partial r} = 0, \quad r = r(\varphi, t), \quad 0 < \varphi < \pi, t > 0.$$

В (4) $r(\varphi, t)$ – свободная граница, $s = s(r, \varphi, t)$ – неизвестная функция (концентрация загрязнений).

Если q не зависит от φ , то решение (4) тоже не зависит от φ , а сама задача упрощается к виду

$$\left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial s}{\partial r} \right) \right) - \frac{1}{k} \frac{\partial s}{\partial t} = f(s), \quad r_0 < r < r(\varphi, t), \quad t > 0;$$

$$s(r, 0) = 0, \quad r_0 < r < r(\varphi, 0); \quad (5)$$

$$\frac{\partial s}{\partial r} - hs = -hs_0, \quad r = r_0, \quad t > 0;$$

$$s = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial r} = 0, \quad r = r(t), \quad t > 0,$$

где $f(s) = F(s)/k$, $s_0 = q/\alpha$.

В установившемся режиме получаем стационарную задачу:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial s}{\partial r} \right) \right) &= f(s), r_0 < r < r, \\ \frac{\partial s}{\partial r} - hs &= -hs_0, r = r_0, \\ s = 0, \frac{\partial s}{\partial r} &= 0, r = r. \end{aligned} \quad (6)$$

В случае $h = \forall$, $f(s) = bs$, когда третье из (2) не выполняется, получаем

$$r = \infty, s(r) = \frac{s_0 k_0(\beta z)}{k_0(\beta r_0)}, \quad (7)$$

где $k_0(\beta z)$, $k_0(\beta r_0)$ – модифицированная функция Бесселя второго рода нулевого порядка. Однако решение из уравнения (7) (точное решение) не может быть использовано для оценки размеров горизонтального загрязнения прибрежной части экваториального моря.

Осуществим переход от дифференциальной постановки (5) к вариационному равенству путем умножения уравнения (5) на произвольную функцию $v(t)$ требуемой гладкости и интегрирования по переменной s от 0 до $r(t)$. Учитывая краевое условие, получаем интегральное уравнение.

Суть применения к интегральному равенству проекционно-сеточный метод, которого состоит в разложении решения по В-сплай-нам первой степени, называемой функциями «крышечками», построенными на произвольном разбиении $0 = r_1 < r_2 < \dots < r_n < \infty$.

Пусть s находится в окрестности узловой точки r_n . Введем новую функцию $\mu(t)$, изменяющуюся на интервале $-0,5 \leq \mu \leq \frac{h_n}{2h_{n-1}}$, где $h_n = y_n - y_{n-1}$ и запишем $r(t)$ в виде $r(t) = y_n - y_{n-1} + sh_{n-1}$.

Такое представление границы позволяет изменяться ей между средними точками смежных интервалов $((y_{n-1} - y_n), y_n - y_{n+1})$. Заменяем фиксированный узел y_n на y_{n-1} получаем такое разбиение, при котором искомая граница совпадает с соответствующим узлом.

Представим приближенное решение задачи в виде суммы

$$s(r, t) = s(y, t) = \sum_{i=0}^n s_i(t) \varphi_i(y), \quad (8)$$

где $\varphi_i(y)$ функции «крышечки», построенные на сетке. Используя их вместо $v(y)$, получаем задачу Коши для системы нелинейных уравнений первого порядка вида

$$Bs' = As + F(s), \quad s = s_0, \quad t = 0, \quad (9)$$

где $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, A, B – известные трехдиагональные матрицы, $F(s, t)$ – нелинейная вектор-функция. Очевидно, что ее решение зависит от n и $\mu(t)$. Эти параметры находятся таким образом, чтобы выполнялось условие $s_n(t, n, \mu(t)) = 0$. Для решения системы (9) используется неявная схема и линеаризация нелинейной функции $F(s, t)$ по методу Ньютона, сводящие к системе линейных алгебраических уравнений.

Этот алгоритм переносится на двумерную задачу, если применить к ней продольно-поперечный или локально-одномерный методы. Согласно продольно-поперечному методу задача расщепляется на две задачи.

Локально-одномерная схема приводит к еще более простым задачам.

В обоих случаях решение определяет приближенное решение односторонней задачи на k -том временном слое.

Список источников

1. Березовский А.А., Богуславский С.Г. Изменение солёности и коэффициента вертикальной диффузии в Черном море в связи с сокращением стока рек: в кн.: Динамика и устойчивость механических систем. Киев: Ин-т математики АН УССР, 1980. С. 167–175.

2. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометиздат, 1975. 336 с.

Сведения об авторах

¹Мамбетов Мурат Жамалович, ²Долова Рита Хачимовна, ³Хапова Мадина Аликовна, ⁴Гридасова Елена Викторовна, ⁵Ахматова Асият Махмудовна

¹Центр оценки качества образования, профессионального мастерства и квалификации педагогов Министерства просвещения и науки Кабардино-Балкарской Республики, г. Нальчик, Россия

²ГАУЗ ГKB № 1, г. Нальчик, Россия

³Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Россия

⁴СТС-Логистик, Москва, Россия, Мега-КМВ, Пятигорск, Россия

⁵Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

Автор, ответственный за переписку: Мамбетов Мурат Жамалович, e-mail: murat9101995@yandex.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Махмудова М.М., Карабаева Х.А.

Представлено численное решение нелинейного уравнения параболического типа, описывающего процесс фильтрации подземных вод. Математическая модель учитывала инфильтрацию и испарение в зависимости от времени и площади. Процесс фильтрации грунтовых вод прогнозировался на основе эффективных алгоритмов. Актуальность численного решения задачи динамики изменения уровня грунтовых вод обусловлена необходимостью точного прогнозирования водного баланса для устойчивого водоснабжения и предотвращения затоплений. Современные методы моделирования учитывают сложные геологические и климатические факторы, способствующие повышению эффективности использования природных ресурсов [1, 2].

Математическая модель дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа

$$m \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{k}{2} \frac{\partial^2 H^2}{\partial x^2} \pm e(t, x) \quad 0 < x < L, \quad t > 0. \quad (1)$$

Начальные и граничные условия:

$$H(x, t) = H_0(x), \quad \text{при } t = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \left. m \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{x=0} &= - (H - H_0), \quad t > 0, \\ \left. m \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{x=L_x} &= (H - H_0), \quad t > 0, \end{aligned} \quad (3)$$

$$e(t, x) = \begin{cases} f(t, x), & \text{при } t_1 \leq t \leq t_2, \\ \mu(t, x), & \text{при } t_2 < t \leq t_3. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь H – уровень грунтовых вод; k – коэффициентами фильтрации; μ – коэффициенты гравитационной водоотдачи; $e(t, x)$ – интенсивность испарения и инфильтрационного питания/

Для численного решения данной краевой задачи мы преобразуем ее в безразмерную: $H^* = H / H_x$; $x^* = x / L$; $k^* = k / k_x$; $t = H_x k_x t / m L^2$.

Затем проводим аппроксимацию с помощью метода конечных разностей. После нахождения коэффициентов уравнений конечных разностей используя метод прогонки и на основе этого визуализируем результаты в программном пакете Matlab.

Из результатов исследований видно, что уровень грунтовых вод демонстрирует сезонные колебания (рисунок 1).

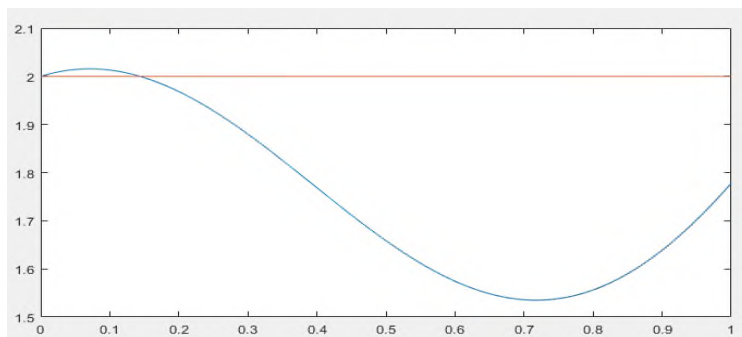


Рисунок 1 – Динамика годовых изменений уровня грунтовых вод по месяцам

В зависимости от времени года изменение времени в нашей математической модели отражается через изменение уровня грунтовых вод (H) относительно времени (t). Это является полезным ресурсом для принятия решений. В начале года (зимой или весной) уровень воды высокий, затем постепенно к лету снижается, достигая минимума, и к концу года начинает расти.

Список источников

1. Абуталиев Ф.Б. и др. Применение численных методов на ЭВМ в гидрогеологии. Ташкент, «Фан», 1976. 62 с.
2. Василенков В.Ф., Дёмина О.Н., Аксёнов Я.А. Моделирование изменения уровня грунтовых вод при постоянной водоотдаче // Международный научно-исследовательский журнал. 2016, апрель. № 44(46). Ч. 2.

Сведения об авторах

¹Махмудова Мохинисо Мизроф кизи., ²Карабаева Хуршида Абдусаматовна

¹Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан

²Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Узбекистан

¹mahmudova_mohiniso@mail.ru

²karabaeva.84@inbox.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПЛАВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ

Нагоров А.Л.

Проблема фазовых переходов играет ключевую роль при изучении физико-химических процессов с использованием полимеров, так как эти переходы оказывают большое влияние на свойства, структуру и поведение полимерных материалов. Игнорирование этих переходов может привести к неадекватной интерпретации экспериментальных данных и неверным прогнозам [1].

Для разработки новых полимерных материалов, оптимизации процессов переработки, улучшения стабильности полимерных изделий требуется создание и исследование адекватных математических моделей. Наиболее подходящими для решения данной проблемы являются задачи с фазовыми переходами.

В данной работе построена математическая модель определения температурного поля плавки $u(x,t)$ и границы фазового перехода $x=s(t)$ при переходе из твердого состояния в вязкотекучее состояние при их нагревании:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial t} - \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} &= 0, x \in \Omega^+(t), t > 0, \\ \beta \frac{\partial u_2}{\partial t} - \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} &= 0, x \in \Omega^-(t), t > 0, \\ u(x, 0) &= u_0, \quad u_0 < 0, \\ u(0, t) &= u_c, \quad u(L, t) = u_0, \\ u_1(s-0, t) &= u_2(s+0, t), \\ \delta \frac{\partial u_2(s+0, t)}{\partial x} - \frac{\partial u_1(s-0, t)}{\partial x} &= \gamma \frac{ds}{dt}. \end{aligned} \tag{1}$$

В (1) $\Omega = (0, L)$ – область, где происходит тепловой процесс плавки. Граница фазового перехода разбивает область на две подобласти: $\Omega^+ = \{x | 0 < x < s(t)\}$, $\Omega^- = \{x | s(t) < x < L\}$, u_c – температура полимера без воздействия, u_0 – температура, позволяющая расплавить полимер полностью или частично, причем $u(x,t) < 0$ в Ω^- и $u(x,t) > 0$ в Ω^+ , t – временная переменная.

Сделав следующую замену

$$u(x, t) = \varphi(x) + v(x, t)$$

и после преобразования задачи (1) искомое решение ищется в виде линейной комбинации базисных функций с последующим определением коэффициентов этой комбинации [2, 3]:

$$v^n(x, t) = \sum_{k=1}^n c_k(t) \varphi_k(x), \quad (2)$$

где $c_k(t)$ – неизвестные функции, $\varphi_k(x)$ – координатные функции, $v(x, t)$ – новая неизвестная функция, $\varphi(x)$ – функция, удовлетворяющая условиям $\varphi(0) = u_c$, $\varphi(L) = u_0$.

В качестве φ можно принять

$$\varphi(x) = u_c + \frac{u_c - u_0}{L} x,$$

а в качестве координатных функций

$$\varphi_k(x) = x(1-x)P_{k-1}\left(\frac{2x}{l} - 1\right), k = 1, 2, \dots, n,$$

где $P_m(z)$ – полиномы Лежандра.

Фронт фазового перехода ищем в виде $s(t) = \alpha\sqrt{t}$, где для поиска α применен метод наименьших квадратов.

Список источников

1. Березовский А.А., Леонтьев Ю.В. Математическое прогнозирование криовоздействия на биологические ткани // Криобиология. Киев: Наукова думка, 1989. С. 7–13.
2. Кудяева Ф.Х. Метод интегральных уравнений для задачи Стефана при низкотемпературном воздействии на биоткани // Программная инженерия. 2025 Т. 16, № 5. С. 252–259. DOI: 10.17587/prin.16.252-259.
3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Эдиториал УРСС, 2003. 784 с.

Сведения об авторе

Нагоров Аслан Львович

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия, cuba13@rambler.ru

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Саидахмедова М.Б.

Имитационное моделирование – это мощный инструмент для анализа и оптимизации систем, который позволяет исследовать их поведение в различных условиях, не прибегая к физическим экспериментам или дорогостоящим изменениям. Существует множество программных инструментов для имитационного моделирования, каждый из которых имеет свои особенности и области применения. Ниже приведены некоторые из наиболее популярных инструментов и их характеристики.

1. AnyLogic [1–3]. Многофункциональный инструмент, поддерживающий различные подходы к моделированию, включая дискретные события, системную динамику и агенто-ориентированное моделирование.

Преимущества: гибкость, возможность интеграции с другими системами, поддержка визуального проектирования моделей.

Сферы применения: логистика, производство, здравоохранение, управление цепочками поставок.

2. SIMUL8 [3]. Пользовательский инструмент для моделирования процессов и анализа их эффективности.

Преимущества: простота использования, мощный аналитический функционал, инструменты для визуализации процессов.

Сферы применения: образование, здравоохранение, логистика.

Можно перечислить ряд аналогичных инструментов (Arena, NetLogo, AnyLogic PLE (Personal Learning Edition), Vensim, MATLAB/ Simulink), которые также имеют свои преимущества и применяются в различных сферах деятельности.

Заключение

Выбор инструмента для имитационного моделирования зависит от специфики задачи, требований пользователей и доступных ресурсов. Многие из перечисленных инструментов предлагают возможности для визуализации, анализа данных и интеграции с другими системами, что делает их незаменимыми в процессе исследования и оптимизации различных систем.

Имитационное моделирование находит применение в самых разных областях: от разработки новых продуктов и услуг до оптимизации существующих процессов. С его помощью можно принимать более обоснованные решения и минимизировать риски перед внедрением изменений в реальную практику.

Список источников

1. AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nfp2b.ru/products/anylogic/?yclid=18243361031831945215>. 2025 г
2. Гладков Д., Пирогов С. Применение AnyLogic для моделирования цепочек поставок // Journal of Physics: Conference Series. 1679 (1), 012046, 2020 г.
3. СИМУЛ8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.simul8.com/>. 2025 г.

Сведения об авторе

^{1,2}**Саидахмедова Марида Бугаудиновна**

¹*Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия, msaidaxmedova@mail.ru*

²*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия*

УДК 519.651

О МОДИФИЦИРОВАННОМ ДИСКРЕТНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФУРЬЕ

Ситник С.М., Маслов М.Г.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) является одним из самых известных и полезных на практике математических инструментов. Это преобразование широко применяется, например, при проектировании и оптимизации различных автоматизированных систем, в электродинамике и оптике, теории кодирования и криптографии, при анализе систем связи и фильтрации сигналов, в алгоритмах сжатия информации и вычислительной томографии.

Важность ДПФ для приложений определяется в том числе и тем, что задачи о вычислении ДПФ, циклической свертки последовательностей, произведения больших чисел или многочленов по существу эквивалентны. Фундаментальное значение также имеют быстрые алгоритмы ДПФ, в которых число необходимых операций уменьшено по сравнению с обычными методами вычисления за счёт сложной оптимизации порядка действий. Наиболее известны быстрые алгоритмы Гуда, Кули и Тьюки, Винограда, Рейдера. Фундаментальную роль ДПФ играет в современной криптографии.

Несмотря на широкую известность преобразования ДПФ, некоторые его стандартные задачи обладают характеристиками, неизвестными большинству специалистов. Например, естественная задача нахождения спектра ДПФ для любого n не имеет решения в основных источниках по преобразованиям Фурье и не является тривиальной. Известно, что четвертая степень ДПФ есть тождественное преобразование, поэтому его собственные значения могут быть только $\pm 1, \pm i$. Основная трудность состоит в вычислении кратностей этих собственных значений. Аналогия с непрерывным преобразованием Фурье, для которого четыре этих значения равноправны, приводит к правдоподобной гипотезе о том, что хотя бы в случае размерности $n = 4m$ собственные значения ДПФ также равноправны, и, следовательно, все имеют кратность m .

Однако вычисления уже при $n = 4$ опровергают это предположение. В этом случае значения $-1, -i$ являются простыми, значение 1 имеет кратность 2 , а значение i вообще отсутствует в спектре! Всё это нарушает симметрию спектра, присущую непрерывному случаю. Поэтому цель работы заключается во введении модифицированных ДПФ, для которых этот недостаток может быть устранён.

Определение. Рассмотрим множество корней степени n из единицы, упорядоченное произвольным способом $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$. Назовём модифицированным дискретным преобразованием Фурье (МДПФ), построенным по данной перестановке r множества корней из единицы, оператор с матрицей размеров $n \times n$ следующего вида [1, 2]

$$F_r = \frac{1}{\sqrt{n}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \zeta^{r_1} & \zeta^{r_2} & \dots & \zeta^{r_n} \\ \zeta^{r_1^2} & \zeta^{r_2^2} & \dots & \zeta^{r_n^2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \zeta^{r_1^{n-1}} & \zeta^{r_2^{n-1}} & \dots & \zeta^{r_n^{n-1}} \end{pmatrix}$$

Очевидно, что в итоге получается с точностью до множителя некоторая степенная матрица (Вандермонда). Всего при данном n получится $n!$ различных модифицированных преобразований. Обычное классическое ДПФ и его обратное также входят в этот набор, остальные являются новыми. Например, при $n = 4$ получается 24 различных МДПФ, а при $n = 5-120$ преобразований.

Целью работы является изучение спектральных свойств указанных новых модифицированных преобразований Фурье. В частности, представляют

особый интерес преобразования при $n = 4m$ с симметричным спектром (а при $n = 4$ ещё и с простым), в котором все собственные значения имеют одинаковые кратности. Как известно, это не выполняется для обычных ДПФ ни при каких размерностях. Такие преобразования с симметричным спектром являются в определённом смысле более естественными, чем обычное ДПФ, так как они ближе к своему непрерывному аналогу в плане равноправности точек спектра. Не исключено, что такие МДПФ за счёт более простых спектральных свойств могут оказаться полезнее в различных вычислительных приложениях.

Отметим, что ДПФ широко применяются в криптографии. На основе результатов настоящей работы можно в принципе предложить следующий алгоритм шифрования информации. Отправитель и получатель заранее знают, какой из вариантов МДПФ данного порядка используется при обмене, а противнику это не известно. Ввиду огромности числа $n!$ подобный алгоритм может быть не менее стойким, чем стандартные алгоритмы с большой длиной ключа. Кроме того, при данном методе требуется минимальная модификация существующих алгоритмов и программ, сводящаяся к простой замене одной матрицы на другую. Кроме того, модифицированное ДПФ находит применение в теории операторов преобразования и компьютерной графике.

Список источников

1. Певный А.Б., Ситник С.М.. Модифицированное дискретное преобразование Фурье и его спектральные свойства // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2017. Вып. 4 (25). С. 15–19.

2. Ситник С.М. Компьютерный анализ спектральных свойств модифицированных дискретных преобразований Фурье // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2007. Т. 9, № 1. С. 98–103.

Сведения об авторах

¹*Ситник Сергей Михайлович*, ²*Маслов Михаил Геннадьевич*

^{1, 2}*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия*

¹*sitnik@bsuedu.ru*

²*mller.michail@yandex.ru*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Шаваева Л.С., Ансокова З.В., Хапова С.Д.

Предположим, что предприятия наносят вред окружающей среде, измеряемый определенным экономическим ущербом, и вынуждены платить штраф, равный этому ущербу.

Также предположим, что у нас нет возможности определить, какая из коалиций $S \in I$ наносит ущерб. Тем не менее, будем считать, что задано распределение вероятностей образования вредящих коалиций $p(S)$.

Пусть $W(S)$ есть максимальный ущерб, который способна нанести коалиция S , при условии, что игроки, не принадлежащие коалиции S , не наносят урона.

Предположим, что функция $W(S)$ обладает следующим свойством: для любых коалиций S и T , таких, что $T \in S$, выполнено неравенство $W(S) \geq W(T)$.

Определим для каждой коалиции $S \in I$ распределение штрафа $W(S)$ по формуле [1–3]

$$y_i^S = \frac{W(S) - W(S \setminus i)}{\sum_{j \in S} (W(S) - W(S \setminus j))} W(S), \quad i \in S. \quad (1)$$

В этом случае, если $W(S) = W(S \setminus i)$, положим $y_i^S = 0$. Величину y_i^S можно интерпретировать как максимальный штраф игрока i в коалиции S .

Определим средний по коалиции максимальный штраф игрока следующим образом [4, 5]:

$$\bar{y}_i = \sum_{S \in I} p(S) y_i^S = \sum_{\substack{S \in I \\ S \ni i}} p(S) y_i^S. \quad (2)$$

Аналогично определим средний по коалиции максимальный ущерб

$$\bar{W} = \sum_{S \in I} p(S) W(S).$$

Будем считать справедливым распределение штрафа C , если игрок получает штраф пропорционально величине

$$x_i = \overline{y_i} / \overline{W}. \quad (3)$$

Покажем, что $\mathring{a}_{i \mid I} x_i = 1$. Действительно,

$$\begin{aligned} \mathring{a}_{i \mid I} x_i &= \mathring{a}_{i \mid I} \frac{\overline{y_i}}{\overline{W}} = \mathring{a}_{i \mid I} \frac{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) \overline{y_i^S}}{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) W(S)} = \frac{\mathring{a}_{i \mid I} \mathring{a}_{S \mid I} p(S) y_i^S}{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) W(S)} = \\ &= \frac{\mathring{a}_{S \mid I} \mathring{a}_{i \mid I} p(S) y_i^S}{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) W(S)} = \frac{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) W(S)}{\mathring{a}_{S \mid I} p(S) W(S)} = 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Принцип справедливого распределения. Распределение затрат будем считать справедливым, если доля в возмещении ущерба определяется для каждого игрока величиной (3).

В случае, если образование любой коалиции равновероятно, то x_i можно вычислить по формуле

$$x_i = \mathring{a}_{S \mid I} y_i^S / \mathring{a}_{S \mid I} W(S). \quad (5)$$

Введем понятия сильной и слабой ущербностей коалиции S . Слабая ущербность коалиции S определяется как среднее значение ущерба по всем коалициям R , содержащим хотя бы одного игрока из S :

$\frac{1}{2^n} \mathring{a}_{R \mid I: R \cap S \neq \emptyset} W(R)$. Сильная ущербность коалиции S , в свою очередь, представляет собой среднее значение ущерба по всем коалициям, входящим в S : $\frac{1}{2^n} \mathring{a}_{R \mid S} W(R)$. Очевидно, что для коалиции, содержащей всех игроков,

эти два значения совпадают и равны $\frac{1}{2^n} \mathring{a}_{R \mid I} W(R)$.

Рассмотрим функции

$$\overline{v_C}(S) = \frac{\mathring{a}_{R \mid I: R \cap S \neq \emptyset} W(R)}{\mathring{a}_{R \mid I} W(R)} C, \quad \underline{v_C}(S) = \frac{\mathring{a}_{R \mid S} W(R)}{\mathring{a}_{R \mid I} W(R)} C. \quad (6)$$

Покажем, что $\bar{v}_c$ является вогнутой, т. е.

$$\bar{v}_c(S \dot{\cup} T) \leq \bar{v}_c(S) + \bar{v}_c(T) - \bar{v}_c(S \cap T), S \dot{\cup} I, T \dot{\cup} I. \quad (7)$$

Действительно,

$$\sum_{R \dot{\cup} I: R \cap (S \dot{\cup} T) \neq \emptyset} w(R) \leq \sum_{R \dot{\cup} I: R \cap S \neq \emptyset} w(R) + \sum_{R \dot{\cup} I: R \cap T \neq \emptyset} w(R) - \sum_{R \dot{\cup} I: R \cap (S \cap T) \neq \emptyset} w(R), \quad (8)$$

что доказывает требуемую вогнутость функции $\bar{v}_c$. Аналогично можно показать, что функция $\underline{v}_c$ является выпуклой.

Выберем $\underline{v}_c$ в качестве характеристической функции игры. Определим ядро этой игры $c(v)$ как множество таких дележей $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, что $x_i \geq 0$, $x(S) = \sum_{i \in S} x_i \leq \bar{v}_c(S)$, $S \dot{\cup} I$. В силу вогнутости характеристической функции ядро будет непустым. Покажем, что дележ, определенный по принципу справедливого распределения, принадлежит ядру кооперативной игры $\bar{v}_c$. Действительно,

$$\begin{aligned} x(S) &= \sum_{i \in S} x_i C = \frac{\sum_{i \in S} \sum_{R \dot{\cup} I} y_i^R}{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R)} C = \frac{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R) + \sum_{i \in S} \sum_{R \dot{\cup} I} y_i^R}{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R)} C \leq \\ &\leq \frac{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R) + \sum_{R \dot{\cup} I: R \cap S \neq \emptyset} w(R)}{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R)} C = \frac{\sum_{R \dot{\cup} I: R \cap S \neq \emptyset} w(R)}{\sum_{R \dot{\cup} I} w(R)} C = \bar{v}_c(S) \end{aligned} \quad (9)$$

Нетрудно показать, что справедливым является также неравенство $\sum_{i \in S} x_i C \geq \underline{v}_c(S)$.

Таким образом, дележ xC удовлетворяет следующему условию: $\underline{v}_c \leq \sum_{i \in S} x_i C \leq \bar{v}_c(S)$. Заметим, что $\underline{v}_c(I) = \sum_{i \in I} x_i C = \bar{v}_c(I) = C$.

Покажем, что если для коалиции S нарушается одно из неравенств, то для коалиции I/S нарушается второе, и наоборот. Действительно, пусть $x(S) = \sum_{i \in S} x_i C < \underline{v}_c(S)$, тогда

$$\begin{aligned}
x(I \setminus S) &= \sum_{i \in I \setminus S} x_i C = \sum_{i \in I} x_i C - \sum_{i \in S} x_i C > C - v_C(S) = \\
&= \sum_{i \in I} x_i C - \frac{\sum_{i \in S} W(R)}{\sum_{i \in I} W(R)} C = \frac{\sum_{i \in I \setminus S} W(R)}{\sum_{i \in I} W(R)} C = \bar{v}_C(I \setminus S)
\end{aligned} \quad (10)$$

Таким образом, имеют место следующие свойства:

$$1. \bar{v}_C(S \dot{\cup} T) + \bar{v}_C(S \cap T) \leq \bar{v}_C(S) + \bar{v}_C(T), S \dot{\cup} I, I \dot{\cup} T.$$

$$2. v_C(S \dot{\cup} T) + v_C(S \cap T) \leq v_C(S) + v_C(T), S \dot{\cup} I, I \dot{\cup} T.$$

$$\begin{aligned}
3. \bigg\{ \begin{aligned} &x : x_i \geq 0, \sum_{i \in I} x_i = C, \sum_{i \in S} x_i \geq v_C(S), \quad S \dot{\cup} I \\ &= \bigg\{ \begin{aligned} &x : x_i \geq 0, \sum_{i \in I} x_i = C, \sum_{i \in S} x_i \leq \bar{v}_C(S), \quad S \dot{\cup} I \end{aligned} \end{aligned}
\end{aligned}$$

$$4. v_C \leq \sum_{i \in S} x_i C \leq \bar{v}_C(S), \quad S \dot{\cup} I.$$

5. Если $W(S) = W(S \dot{\cup} i)$ для любой коалиции $S \dot{\cup} I$, то $x_i = 0$.

6. Для любого вещественного числа $kX^W = X^{kW}$.

Список источников

1. Дюбин Г.Н., Суздаль В.Г. Введение в прикладную теорию игр. М.: Наука, 1981.
2. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М., Мир, 1964.
3. Давыдов Э.Г. Методы и модели теории антагонистических игр. М.: МГУ, 1978.
4. Макаров И., Виноградская Т. Теория выбора и принятие решений. М., 1982.
5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 1986.

Сведения об авторах

¹*Шаваева Лара Сагатгериевна*, ²*Ансокова Заира Валериановна*,
³*Хапова Софья Джабраиловна*

^{1,2,3}*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*larasavaeva07@gmail.com*

²*larasavaeva07@gmail.com*

³*selleniti2016@gmail.com*

СЕКЦИЯ 2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 519.878

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНО ИЗВЕСТНОЙ СРЕДЫ

Авербух А.М.

Аннотация. Задача планирования траектории в условиях неполной информации является ключевой в робототехнике и автономной навигации. В данной работе проводится сравнительный анализ четырёх алгоритмов поиска пути – A*, Theta*, Lazy Theta* и D* Lite – в среде с частичным раскрытием карты. В ходе экспериментов исследуется влияние степени доступной информации на эффективность этих алгоритмов. Результаты показывают преимущества и недостатки каждого подхода в условиях ограниченного знания о среде.

Введение

Поиск оптимального пути от начальной точки до целевой является одной из важнейших для задач в области мобильной робототехники и автономного вождения. Однако в реальных условиях информация о среде часто бывает неполной: карта может быть либо полностью неизвестной, либо частично известной в момент запуска алгоритма. Для решения задачи планирования пути в таких условиях используется множество алгоритмов, отличающихся по уровню адаптивности и эффективности. Цель настоящей работы заключается в сравнении поведения популярных алгоритмов на симуляционной модели частичного раскрытия карты.

Методика исследования

Разработана симуляционная система, в которой агент пошагово перемещается по клеточному лабиринту. На каждой итерации открывается новая строка карты, имитируя постепенное выявление препятствий сенсорами агента. Для каждого из алгоритмов (A*, Theta*, Lazy Theta*, D* lite) собираются метрики для анализа эффективности [1, 2].

Экспериментальные результаты

В процессе исследования сравнивались показатели карт с различными размерами и количеством препятствий. Для каждого случая проводилось свыше 100 симуляций для сбора статистических данных.

Таблица 1 – Пример средних значений по результатам 100 симуляций

Алг.	Шаги	Длина пути	Время (с)	Общее время пересчета (с)	Сред. время пересчета (с)	Память (байт)	Размер карты	Преград в строке
A*	115,6	152,54	2,5793	2,3658	0,020622	90102	100x100	30
T*	113,9	148,79	2,6910	2,4725	0,021319	78760	100x100	30
D*	116,4	154,45	2,1786	1,7422	0,014650	87309	100x100	30
LT*	113,9	148,79	2,2699	2,0470	0,017652	78257	100x100	30

Выводы

В условиях частично известной среды выбор алгоритма зависит от приоритетов системы: Theta* и его модификации обеспечивают более естественные и оптимальные маршруты, но требуют больше времени для обработки. В то же время D* Lite адаптируется к изменениям без необходимости полной переработки маршрута.

Список источников

1. Басараб М.А., Иванов В.В., Петров С.С. Алгоритмы решения задачи быстрого поиска пути на географических картах // Известия вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 7. С. 12–20.
2. Hart P.E., Nilsson N.J., B. Raphael. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. 1968. Vol. 4, No. 2. P. 100–107.

Сведения об авторе

Авербух Александр Михайлович

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия, imaver@duck.com

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА LAZY THETA* ДЛЯ УСКОРЕННОГО ПОИСКА ПУТИ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНО ИЗВЕСТНОЙ КАРТЫ

Авербух А.М.

Аннотация. Алгоритмы поиска пути, такие как A*, Theta* и Lazy Theta*, играют ключевую роль в задачах автономной навигации агентов. Lazy Theta* представляет собой усовершенствование Theta*, которое минимизирует избыточные проверки прямой видимости за счёт ленивого обновления родительских узлов.

В данной работе предлагается модификация Lazy Theta* с целью повышения производительности. Основной акцент сделан на ускоренной проверке диагональной проходимости, кэшировании линий видимости и оптимизации геометрических вычислений.

Введение

Алгоритм Lazy Theta* в отличие от A* позволяет соединять вершины напрямую, если между ними существует прямая видимость, тем самым минимизируя количество поворотов. Он требует постоянной проверки видимости и повторного вычисления стоимости узлов, что в динамике приводит к значительным накладным расходам.

Предложенная модификация

Для узлов, расположенных по диагонали, используется упрощённая проверка проходимости без сложной трассировки Брезенхэма – это ускоряет отбраковку непроходимых направлений на открытых участках. Благодаря симметричному кэшированию проверок прямой видимости Lazy Theta* позволяет избежать повторных вычислений, что особенно важно, при частичном раскрытии карты. Прямая видимость реализована через быструю пошаговую проверку с ранним выходом при обнаружении препятствия, снижая общее время работы алгоритма [1, 2].

Экспериментальные результаты

В ходе тестирования на различных конфигурациях лабиринтов было отмечено снижение общего времени. В отдельных конфигурациях лабиринта время выполнения сократилось до 15 % по сравнению с базовой Lazy Theta*, особенно при многократных проверках прямой видимости. Наблюдалась повышенная устойчивость к повторным построениям маршрутов в частично открытых областях. Однако использование кэша привело к росту потребления памяти, что послужило основанием для создания механизма его ограничения.

Выводы

Предложенные улучшения в алгоритме Lazy Theta* позволяют сохранить его основные преимущества и обеспечивают заметное увеличение скорости. Благодаря кэшированию и адаптивной проверке диагональных перемещений Lazy Theta* становится еще более подходящим для систем с повышенными требованиями к скорости работы.

Список источников

1. Nash A., Koenig S. Lazy Theta*: Any-Angle Path Planning and Path Length Analysis in 3D // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2010. Vol. 24, No. 1. P. 147–154. DOI: 10.1609/aaai.v24i1.7566
2. Упрощённый алгоритм Lazy Theta* и Lazy AT. М.: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2020. 45 с. [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: https://dissertatsia.ru/uploads/ready-work-files/674885a76b659_c2369440151aacd86805bf27_caa4d2e0.pdf

Сведения об авторе

Авербух Александр Михайлович

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия, imaver@duck.com

УДК 331.1

ГИГ-ЭКОНОМИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Агузарова Л. А., Дзобелова В. Б.

Гиг-экономика, как новая модель труда, представляет собой значительное явление в современном мире, которое активно развивается и трансформируется в различных странах, включая Россию. Актуальность данной работы обусловлена тем, что гиг-экономика в России находится на этапе активного формирования и развития. По прогнозам экспертов, к 2030 году количество работников в этой сфере может вырасти до 15 миллионов, что открывает новые возможности для создания рабочих мест и повышения уровня жизни населения.

Гиг-экономика в России предлагает значительные преимущества как для компаний, так и для работников. Для организаций важнейшим аспектом является возможность сокращения расходов. Нанимая внештатных сотрудников для конкретных проектов, компании могут уменьшить затраты на налоги и социальные выплаты, что облегчает финансовую нагрузку и позволяет увеличить прибыльность [1].

Гиг-экономика в России развивается динамично, однако с этим порой сопряжены серьезные проблемы и вызовы [2]. Основной проблемой остается нехватка четкого правового регулирования, что приводит к правовой неопределенности как для работников, так и для работодателей. На фоне быстрого роста числа самозанятых, по данным ФНС, и их заработков отмечаются риски, связанные с прекаризацией – нестабильностью доходов и отсутствием социальных гарантий [3].

Исследования показали, что среди молодежи гиг-форматы становятся все более популярными, однако многие молодые работники сталкиваются с отсутствием социальных гарантий, таких как оплачиваемый отпуск и медицинская страховка. Гиг-работники часто не являются полноправными участниками трудовых отношений и не могут претендовать на защиту, предусмотренную для традиционных работников. Это требует пересмотра существующих норм трудового законодательства с целью создания более безопасных условий для новых форм занятости.

Существует необходимость в создании механизмов лицензирования отдельных видов деятельности в гиг-секторе, что могло бы упростить взаимодействие между работниками и работодателями. Еще одной важной проблемой является конфиденциальность данных. Работая через цифровые платформы, гиг-работники часто предоставляют свои персональные данные, что делает их уязвимыми для киберугроз. Защита личной информации становится особенно актуальной с учетом логики работы платформ, поэтому разработка соответствующего законодательства должна стать приоритетной задачей [4].

Не менее важным аспектом является вопрос финансовой устойчивости фрилансеров. Исследования показывают, что доходы некоторых работников гиг-экономики часто значительно ниже, чем у коллег с традиционными занятиями.

Существенную проблему также представляет отсутствие четкой ответственности за качество предоставляемых услуг, что может негативно сказаться на репутации как платформ, так и самих работников. Важно внедрять стандарты качества и оценивать исполнителей на основе отзывов пользователей, чтобы повысить доверие к гиг-сектору и улучшить условия труда его участников.

Тем не менее, несмотря на ряд неудобств и рисков, гиг-экономика открывает новые возможности для карьерного роста и гибкости в трудовой деятельности. Успех ее развития в России будет зависеть от оперативного обновления законодательства, создания удобных механизмов лицензирования, а также от обеспечения защиты прав гиг-работников.

Список источников

1. Обломова О. (2024). Гиг-экономика: что это такое и каковы ее цели? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://4brain.ru/blog/gig-ekonomika-chto-eto-takoe-i-kakovy-ee-celi/>
2. Линец А.А. Правовая природа отношений, возникающих в связи с исполнением личного труда в рамках гиг-экономики // Вестник Московского университета. 2021. № 5. С. 47–69.
3. Логинова Е.В., Жерноклюев Е.А. ГИГ-экономика, как часть международного разделения труда // Научный аспект. 2022. Т. 1, № 2. С. 36–41.
4. Решанов Д. (2021). Куда движется российская гиг-экономика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/hr/240265-kuda-dvizhetsya-rossiiskaya-gig-ekonomika-i-pochemu-ona-riskuet-pogryaznut-v-sudah>

Сведения об авторах

¹*Агузарова Лариса Асланбековна, ²Дзобелова Валентина Батразовна*

^{1,2}*Северо-Осетинский государственный университет им. Коста Левановича Хетагурова Владикавказ, Россия*

¹*aguzarova.larisa@yandex.ru*

²*dzobelova@mail.ru*

УДК 004.8

АНСАМБЛЕВЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

Белов Д.А., Корелин К.А.

В последние десятилетия наблюдается стремительное развитие технологий обработки и анализа данных, что стало возможным благодаря росту вычислительных ресурсов, появлению новых алгоритмов и развитию инфраструктуры хранения и передачи информации. Особенно активно развиваются направления, связанные с использованием методов машинного обучения для автоматического анализа, интерпретации и классификации сложных объектов, таких как технические изделия, биомедицинские изображения, спутниковые снимки и др.

Среди множества методов машинного обучения особое внимание заслуживают ансамблевые методы, объединяющие предсказания нескольких моделей для повышения точности и устойчивости итогового решения. Та-

кие методы, как Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM и ансамбли нейросетей, показывают высокую эффективность в условиях шума, неполных или разреженных данных, а также позволяют адаптироваться к различным структурным особенностям объектов.

В [1] рассматривается применение бэггинг-подхода (bagging, bootstrap aggregating) для прогнозирования технического состояния объекта, функционирование которого описывается с использованием восьми параметров. В исследовании показано, что ансамблевые методы, основанные на бэггинге, демонстрируют превосходство над одиночными моделями, обеспечивая прирост точности прогноза на 4–9 %. Особенно подчёркивается устойчивость ансамбля к флуктуациям данных и его способность формировать более надёжные модели, пригодные к применению в условиях ограниченного или зашумлённого объёма информации.

В [2] описано применение ансамблевых методов машинного обучения для задач классификации состояния подсистем космического аппарата (КА) на основе телеметрической информации. Были реализованы ансамбли нейронных сетей с использованием жёсткого и мягкого голосования. В задачах бинарной классификации удалось повысить точность с 83 до 84 %, а при классификации по пяти классам – с 79 до 80 %. Результаты демонстрируют, что даже незначительное объединение моделей способно улучшить итоговое качество классификации. Авторы подчёркивают значимость дальнейших исследований в области архитектур ансамблей и инжиниринга признаков, особенно при работе с ограниченными по объёму и качеству телеметрическими данными.

В [3] рассматривается задача классификации кредитных организаций на основе показателей финансовой отчётности с применением моделей деревьев решений CART и ансамблевых алгоритмов Random Forest, AdaBoost и XGBoost. Проведённые эксперименты показали, что ансамблевые методы обеспечивают более высокую точность, особенно в задачах по выявлению неблагонадёжных организаций: до 93 % точности при использовании Random Forest. Отмечается также, что выбор ключевых признаков (например, «Прибыль» и «Ценные бумаги») существенно влияет на конечное качество модели. Работа демонстрирует высокую прикладную ценность ансамблевых подходов для финансового мониторинга и прогноза риска.

На основании проведённого анализа можно утверждать, что ансамблевые методы машинного обучения позволяют повысить точность классификации объектов сложной структуры без необходимости в построении чрезмерно сложных моделей. За счёт объединения нескольких алгоритмов становится возможным формирование устойчивых решений даже при ограниченном объёме данных и наличии шума. Благодаря своей универсальности и вычислительной эффективности, такие методы могут быть успешно применены в системах с ограниченными ресурсами и в задачах, требующих высокой надёжности классификации.

Список источников

1. Кувайскова Ю.Е. Применение ансамблевых методов машинного обучения для прогнозирования технического состояния объекта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23, № 1.
2. Лукашевич М.М. и др. Ансамбли нейронных сетей для классификации состояний и режимов функционирования подсистем космического аппарата // BIG DATA and Advanced Analytics. BIGDATA и анализ высокого уровня. 2024. С. 217–228.
3. Иванов В.В., Акишина Е.П., Приказчикова А.С. Деревья и леса решений в задаче классификации кредитных организаций // Письма в ЭЧАЯ. 2025. Т. 22, № 1(258). С. 62–74.

Сведения об авторах

¹*Белов Дмитрий Алексеевич, 2Корелин Кирилл Александрович*

^{1,2}*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия*

¹belovd2001@mail.ru

²kirill-korelin2@mail.ru

УДК 378.147.88

СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Бечелова А.Р., Тхабисимова М.М., Кильчукова А.Л.

Ситуационное моделирование представляет собой процесс принятия решений в условиях лимитированных ресурсов и высокой надежности (малого риска кризиса). При ситуационном анализе важно обучить навыкам выбора критериев и процедуры оценивания для достижения целей. Ситуационное моделирование и тестирование – основа обучения принятию решений студентов различных специальностей [1].

Будущим ИТ-специалистам, предметникам-прикладникам важно разработать качественную программу (ее модификацию или адаптацию). Как же сделать так, чтобы, во-первых, потенциальный потребитель заинтересовался описанием продукта и захотел прочитать, а во-вторых, чтобы это чтение привело к желаемому результату – покупке или использованию программного продукта? Ведь большинство программистов предпочитают заниматься программой, но не любят документировать!

Сейчас программы не «пишутся» (как произведение искусства), а составляются (как телевизор – по модульному технологичному принципу). Появилась новая специальность – технический писатель или копирайтер,

умеющий описывать документацию, чтобы избежать лишних вопросов и претензий [2].

Важно создать свой первый «эталон» или, хотя бы, «шаблон» такой документации – можно легко писать все последующие. Но качественно, без спешки.

Необходимо создать свой первый «эталон» или хотя бы, «шаблон» документации, что упростит написание всех последующих материалов. Однако стоит делать это вдумчиво и без спешки. В первую очередь, рекомендуется ознакомиться с ГОСТ Р ИСО 901 2015 и ЕСПД в оригинальной версии, без «интерпретации» основных правил разработки всех этапов изготовления и эксплуатации ПО. Положения ISO/IEC пока совещательно-рекомендательного характера: они станут обязательными лишь при выполнении международных контрактов для ПО [3].

Каждый документ включает:

- 1) наименование документа;
- 2) список используемых сокращений и специальных терминов;
- 3) краткое введение (цель, назначение, актуальность, необходимость, требуемые условия, функционал и др., без использования общих и излишне формальных фраз);
- 4) основную часть – описания предмета исследований, использованных новых (подробно), адаптированных (кратко) или известных (простая ссылка) методов, показателей эффективности проведенных испытаний;
- 5) заключение (что сделано или должно быть сделано, каковы его отличия от аналогов, как можно развивать и др.).

Текст передаваемой программы рассчитан на программиста среднего уровня (или на уровень ниже). Главные критерии – удобочитаемость, структурированность, полнота, наглядность, содержательность, наличие необходимых атрибутов программы.

Образовательная инфраструктура вуза должна также поддерживать факторы профессионально-личностного саморазвития студентов, включая использование возможностей виртуальной реальности [4]. Также изменчивость компетенций и квантовая экономика взаимодействий потребуют эффективности УИРС и принятия командных решений «на лету» [5].

Цифровая экономика и цифровое обучение, гармонизация и интеллектуализация взаимодействий в обществе – это не только реинжиниринг «старых» методов и технологий, но и создание качественно новых. Для этого необходим системный подход, основанный на принципе «учась через жизнь», где ключевым должен быть эффективный этап – УИРС [6].

Фундаментальные знания – залог успешной конкурентоспособности обучаемых на рынке труда. «Интернетизация» образования, как и его информатизация, является системным процессом, базирующимся на компьютеризации, интеллектуализации, самостоятельности и компетенциях [7].

Список источников

1. Вохминцева Л.В., Шарапов В.И. Роль учебно-исследовательской работы студентов в современном образовательном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2007. № 5. С. 41–41.
2. Бечелова А.Р., Тхабисимова М.М., Яхутлова М.Р. Цифровые и информационные технологии в сфере образования: возможности и перспективы // *Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов V международной научной конференции*. КБР, п. Эльбрус, 30 июня–04 июля 2024 года. С. 34–35.
3. Остроумова Е.Н. Информационно-образовательная среда вуза как фактор профессионально-личностного саморазвития будущего специалиста // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 4. С. 37–40 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=21225> (дата обращения: 25.12.2021).
4. Бечелова А.Р., Биттиева Л.Х., Хохлова В.Ю. Образовательная инфраструктура вуза как фактор профессионально-личностного развития студентов // *Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов IV международной научной конференции*. КБР, п. Эльбрус, 22–26 июня 2023 года. С. 75–77.
5. Бечелова А.Р., Старовойтова Е.В., Басырова Э.И. Создание групповых проектов для формирования навыков работы в команде и креативного решения задач // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2024. Т. 8, № 12 (153). С. 36–44.
6. Kavanagh S., Luxton-Reilly A., Wuensche B., Plimmer B. A systematic review of Virtual Reality in education // *Themes in Science and Technology Education*, 2017, Vol. 10, No. 2. P. 85–119. URL: <https://www.learntechlib.org/p/182115/> (Retrieved January 4, 2022).
7. Глухова Л.В., Кази́ев В.М., Кази́ева Б.В. Эволюционный потенциал образования и экономики в «интерьере» цифровой инфраструктуры вуза // *Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: материалы XVII Международной научно-практической конференции*. Гуманитарные и социальные науки, образование. Актуальные проблемы социально-экономического развития. Т. 1. Тольятти: Волжский ун-т им. В.Н. Татищева, 2020. С. 194–196.

Сведения об авторах

¹*Бечелова Аминат Расуловна*, ²*Тхабисимова Мария Муштафаровна*, ³*Кильчукова Анжелла Леонидовна*

^{1,2,3}Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

¹bechelova1956@mail.ru

²tembotova.mari@mail.ru

³angella_kilchukova@mail.ru

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРАКТИКЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ

Бечелова А.Р., Кильчукова А.Л.

Искусственный интеллект (ИИ) всё активнее трансформирует сферу медицинских исследований и клинической практики. С помощью передовых алгоритмов и архитектур глубокого обучения ИИ обеспечивает повышение точности диагностики, автоматизирование процессов, персонализированные стратегии лечения и др. Эта статья посвящена основным областям применения ИИ в медицине, его методологическим основам, примерам реальной клинической интеграции, а также этическим и нормативным трудностям, связанным с его внедрением.

Интеграция искусственного интеллекта в сферу медицины является революционным этапом в развитии здравоохранения. С экспоненциальным ростом объема медицинских данных ИИ становится важнейшим инструментом для их масштабной обработки и интерпретации. В таких областях, как радиология, геномика и эпидемиология, ИИ меняет методы исследования, диагностики и лечения заболеваний.

В настоящее время в России существует и развивается около 70 различных ИИ-продуктов для сферы здравоохранения. Объем продаж цифровых технологий в медицине в 2024 году составил 12 млрд руб. Среди приоритетных направлений с наибольшим потенциалом внедрения выделяют четыре области: цифровые ассистенты, клинические сводки, помощники врача и экспертный контроль. По оценкам исследования «Медси» [1] российский рынок искусственного интеллекта в сфере здравоохранения может достичь к 2030 году 78 млрд руб. Этот рост наблюдается не только на национальном уровне, но и на международной арене, где глобальные тенденции подтверждают растущую значимость ИИ в медицине. В 2024 году объем мирового рынка ИИ в медицине составил 22 млрд долл, что указывает на его стабильный рост.

ИИ в медицине представляет собой применение методов машинного и глубокого обучения, а также обработки естественного языка для работы с биомедицинскими данными с целью оказания помощи в клинических решениях и автоматизации процессов [2]. В отличие от традиционных статистических методов, ИИ способен выявлять сложные паттерны и повышать свою эффективность по мере накопления объема данных.

В российской практике уникальным является московский эксперимент [3] по внедрению технологий искусственного интеллекта. В эксперименте

участвуют 153 медицинских организаций, 1500 врачей-рентгенологов. В распоряжении врачей свыше 50 сервисов компьютерного зрения. На сегодняшний день с помощью нейросетей обработано более 13 миллионов исследований.

Отдельного внимания требуют генеративные модели. В настоящее время российская разработка GigaChat (от Сбер) проходит специализированное обучение. В нее загружается огромное количество медицинских знаний и создаются датасеты, где врачи обучают модель правильным ответам на медицинские вопросы. В результате, модель уже сдала экзамен на врача.

В перспективе ожидается, что генеративные модели (большие языковые модели) станут основой, объединяющей в себе анализ текста, изображений, сигналов, биомаркёров. Будут разработаны одна или несколько систем, способных анализировать различные виды входных данных и предсказывать, при этом еще и интерпретировать свои результаты. То есть, генеративный искусственный интеллект действительно стремительно становится основным интерфейсом для взаимодействия человека с системами искусственного интеллекта.

Несмотря на огромный потенциал ИИ в медицине, существуют серьёзные проблемы, требующие решения. К ним относятся вопросы этики, защита конфиденциальности данных, доверие пациентов к новым технологиям и потребность в квалифицированных кадрах, обладающих знаниями как в медицине, так и в технологиях ИИ.

Искусственный интеллект – не панацея, но сильный инструмент. Его потенциал заключается в повышении точности диагностики, снижении нагрузки на врача и реализации персонализированного подхода к лечению. При разумном использовании и этически обоснованных разработках ИИ способен стать важным союзником в достижении целей системы здравоохранения.

Список источников

1. Российский рынок ИИ в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medsi.ru>
2. Andrew Wolf. The Machine Learning Simplified: a Gentle Introduction to Supervised Learning. 2022.
3. МосМедИИ.рф. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mosmed.ai>

Сведения об авторах

¹*Бечелова Аминат Расуловна, ²Кильчукова Анжелла Леонидовна*

^{1,2}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*bechelova1956@mail.ru*

²*angella_kilchukova@mail.ru*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ДИАБЕТА 2 ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНСАМБЛЕВЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Бицуев Т.М.

Сахарный диабет 2 типа является одним из наиболее быстрорастущих хронических заболеваний в мире, что создает значительную нагрузку на здравоохранение и ухудшает качество жизни пациентов. Развитие диабета связано с множеством осложнений, включая сердечно-сосудистые заболевания, нефропатию и ретинопатию. В связи с этим, ранняя идентификация лиц с высоким риском развития диабета имеет первостепенное значение для своевременного начала профилактических мероприятий. В настоящей работе представлено исследование, посвященное разработке и оценке эффективности ансамблевых моделей машинного обучения для прогнозирования риска сахарного диабета 2 типа на основе стандартных клинико-лабораторных показателей [1].

Для исследования был использован широко известный набор данных Pima Indians Diabetes, который содержит анонимную медицинскую информацию о женщинах из племени Пима. Набор данных включает в себя следующие предикторы:

- количество беременностей (pregnancies);
- концентрация глюкозы в плазме через 2 часа после теста на толерантность (glucose);
- диастолическое артериальное давление (blood_pressure);
- толщина кожной складки трицепса (skin_thickness);
- уровень инсулина в сыворотке (insulin);
- индекс массы тела (bmi);
- функция родословной диабета (diabetes_pedigree);
- возраст (age).

Целевая переменная (outcome) являлась бинарной и указывала на наличие (1) или отсутствие (0) диабета у пациентки.

На этапе предобработки данных были выполнены следующие действия:

1. *Обработка пропущенных значений:* аномальные нулевые значения в таких признаках, как уровень глюкозы, артериальное давление и индекс массы тела, были заменены медианными значениями соответствующих показателей для устранения искажений в данных.

2. *Масштабирование данных:* все числовые признаки были масштабированы с использованием стандартизации (StandardScaler) для приведения их к общему масштабу с нулевым средним и единичным стандартным отклонением, что является необходимым условием для корректной работы многих алгоритмов.

Для решения задачи классификации была использована модель градиентного бустинга на базе деревьев решений, реализованная с помощью библиотеки XGBoost [2]. Ансамблевые методы, в частности градиентный бустинг, хорошо зарекомендовали себя при решении классификации благодаря высокой точности и устойчивости к переобучению. Модель последовательно создает деревья решений, где каждое последующее дерево исправляет ошибки предыдущего, что позволяет достигать высокой прогностической эффективности.

После обучения модели была проведена оценка важности ее признаков (feature importance) для определения их вклада в итоговый прогноз. Результаты показали, что наиболее значимыми предикторами риска развития диабета являются:

- концентрация глюкозы в плазме (glucose);
- индекс массы тела (bmi);
- возраст (age);
- функция родословной диабета (diabetes_pedigree).

Для оценки качества модели использовались метрики точности (accuracy), полноты (recall), F1-меры и площади под ROC-кривой (AUC-ROC). Модель показала высокую эффективность на тестовой выборке, что подтверждает её применимость для решения поставленной задачи [3].

Результаты исследования демонстрируют, что ансамблевые методы машинного обучения, в частности градиентный бустинг, являются мощным инструментом для прогнозирования риска развития диабета 2 типа. Разработанная модель способна с высокой точностью идентифицировать пациентов в группе риска на основе доступных клинических данных, что открывает возможности для интеграции данной модели в системы поддержки принятия врачебных решений и персонализированной профилактики.

Список источников

1. Всемирная организация здравоохранения // Диабет: информационный бюллетень. 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
2. Chen T., Guestrin C. XGBoost: a Scalable Tree Boosting System: материалы 22-й международной конференции ACM SIGKDD по исследованию данных и интеллектуальному анализу данных. 2016. С. 785–794.
3. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // Journal of machine learning research. 2011. 12(Oct). P. 2825–2830.

Сведения об авторе

Бицурев Тимур Мухарбиевич

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия, timur_kbsu@mail.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ ПОЧЕК У ПОСТКОВИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Гергова Д.А., Дышеков И.А., Кучмезов А.Х.

Пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванная вирусом SARS-CoV-2, оказала значительное влияние на мировые системы здравоохранения по всему миру и выявила мультисистемный характер поражения организма человека. Одним из серьезных последствий перенесенного заболевания является поражение почек, варьирующее от острого почечного повреждения (ОПП) в период активной фазы болезни до развития или прогрессирования хронической болезни почек (ХБП) в постковидном периоде. Своевременная диагностика и оценка степени повреждения почечной ткани у пациентов, перенесших COVID-19, имеют критическое значение для определения тактики ведения и предотвращения негативных последствий. В данном контексте возникает необходимость разработки инструмента для автоматизированной оценки степени поражения почек на основе доступных лабораторных данных пациентов [1].

Целью моделирования является построение модели машинного обучения, способной по набору клинико-лабораторных показателей пациента предсказать класс (степень) поражения почек, что соответствует постановке задачи многоклассовой классификации. В качестве целевой переменной для модели машинного обучения выступает категориальный признак ХБП, отражающий степень поражения почек. Данный признак был сформирован на основе расчетной скорости клубочковой фильтрации (СКФ), значения которой были предварительно рассчитаны для каждого пациента сотрудниками медицинской академии КБГУ. Классификация степеней поражения основана на рекомендациях KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) по стадиям ХБП, но с модификациями, учитывающими специфику доступной выборки данных.

Были определены следующие четыре класса, соответствующие стадиям ХБП по KDIGO на основе СКФ (мл/мин/1,73 м²):

- класс 0: стадия G1 (СКФ ≥ 90);
- класс 1: стадия G2 (СКФ 60-89);
- класс 2: объединенные стадии G3a и G3b (СКФ 30-59);
- класс 3: объединенные стадии G4 и G5 (СКФ <30).

Объединение стадий G3a/G3b и G4/G5 было выполнено с целью уве-

личения количества наблюдений в соответствующих классах, что является стандартной практикой при работе с несбалансированными данными и выборками ограниченного размера для повышения устойчивости модели классификации. Исходные данные для моделирования включали информацию о пациентах, перенесших COVID-19.

Для решения задачи многоклассовой классификации степени поражения почек был выбран алгоритм XGBoost (Extreme Gradient Boosting) [2]. В работе была рассмотрена разработка и оценка компьютерной модели машинного обучения для классификации степени поражения почек у пациентов, перенесших COVID-19, на основе клинико-лабораторных данных. Целью являлось создание инструмента для автоматического определения стадии ХБП по модифицированной шкале KDIGO (на основе СКФ), используя алгоритм XGBoost.

Модель обучалась на широком спектре предварительно обработанных признаков (лабораторные показатели, клинические данные) для прогнозирования одного из четырех классов (G1, G2, G3ab, G45). Тестирование модели показало общую точность 0,79. Анализ метрик по классам продемонстрировал хорошую производительность для большинства стадий, но выявил трудности в точном определении стадии G2 (Recall 0,62). Исследование важности признаков подтвердило клиническую релевантность модели, выявив наиболее важные факторы: уровень креатинина в сыворотке, возраст пациента, наличие эпителиальных клеток в моче, лимфоциты и уровень мочевины в сыворотке.

Разработанная модель обладает потенциальной практической значимостью как инструмент поддержки принятия врачебных решений по стратификации риска пациентов после COVID-19 и выявлению людей с поражением почек. Тем не менее, следует учитывать некоторые ограничения: модель построена на данных из одного источника и специфической группы, требует внешней валидации, а исключение альбуминурии и объединение стадий отличают задачу от полной классификации KDIGO. Улучшение распознавания класса G2 является областью для будущих исследований. В целом, исследование показывает перспективность применения XGBoost для анализа лабораторных данных с целью классификации степени поражения почек у постковидных пациентов.

Список источников

1. Выхристенко Л.Р. и др. Поражение почек при инфекции COVID-19. 2021. С.19.
2. Булка А.П. Моделирование медицинских экспертных систем на основе нечёткой нейронной сети. СПб.: ВМА, 2008. 72 с.

Сведения об авторах

¹*Гергова Дайана Анзоровна, ²Дышочков Ислам Асланович, ³Кучмезов Азамат Хасанович*

^{1,2,3}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹E-mail: gergovad@mail.ru

²E-mail: islamdyshokov@yandex.ru

³E-mail: untouchedplacel@gmail.com

УДК [378.147.091.31-027.44:004.4] : 378.018.43

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО СЛЕДА В СДО MOODLE

Дюбо Е.Н.

Цифровизация всех сфер деятельности требует трансформации целей, структуры и содержания образовательного процесса, базирующегося на передаче знаний с учетом специфики социального взаимодействия и индивидуальных психолого-когнитивных особенностей учащихся, которые занимают активную позицию, самостоятельно управляя своим обучением, используя различные методы для изучения материалов и выполнения учебных заданий [1].

В условиях реализации электронных образовательных систем важное значение имеет анализ цифрового следа обучающихся. Этот цифровой след рассматривается как совокупность данных, связанных с конкретным пользователем, которые генерируются, накапливаются и обрабатываются для построения индивидуальной траектории обучения, ориентированной на профессиональное развитие. Он содержит информацию о направлении подготовки, образовательной программе, успеваемости, а также аналитические данные, в том числе полученные автоматически из систем дистанционного обучения и открытых образовательных платформ.

Анализ цифрового следа можно разделить на несколько этапов.

1. Формулировка задачи и определение специфики предметной области с учетом различных форм обучения. Например, в СДО MOODLE это включает информацию об образовательной программе, активности преподавателей и студентов, а также информацию о текущей, промежуточной и итоговой успеваемости.

2. Проектирование и разработка информационных систем и баз данных, интегрированных с цифровой образовательной средой учебного заведения и системой MOODLE.

3. Сбор итоговых данных, их анализ и представление результатов. Для оценки активности студентов в СДО MOODLE применяется количественная оценка (частота взаимодействий с курсом, использование учебных ресурсов, социальное взаимодействие через чаты и службы поддержки, участие в текущем оценивании, итоговая оценка за курс). Также используется содержательная оценка, связанная с анализом сочетаний элементов курса в рамках отдельных занятий. Следует учитывать, что простое количество просмотров не всегда влияет на успеваемость, в то время как активные действия (например, записи на форуме, прохождение тестирования, выполнение заданий) могут способствовать обновлению существующего контента или созданию нового.

Анализ цифрового следа в СДО MOODLE сопряжен с рядом проблем.

1. Выбор универсальных характеристик, применимых ко всем электронным курсам, которые различаются форматом обучения, методами подачи материала, формами организации теоретической и практической информации, а также способами проверки знаний и формирования навыков. Все это в конечном итоге влияет на степень активности студентов по различным дисциплинам и на итоговые данные.

2. Журналы событий только фиксируют все действия пользователя в системе без оценки их значимости. Отчеты по оценкам можно считать объективными при автоматическом оценивании (тесты или типовые задания), но в случае ручной проверки преподавателем возникает риск субъективности такой оценки, еще и с некоторым запаздыванием ее выставления.

3. При анализе цифрового следа небольшое количество объектов может сопровождаться большим числом признаков из-за количества обучающихся. Поэтому перед анализом важно агрегировать данные и выбирать наиболее значимые признаки.

4. Взаимодействие преподавателей и обучающихся в системе дистанционного обучения происходит преимущественно в формате консультаций. Таким образом, студенты самостоятельно управляют процессом обучения, а преподаватели лишь корректируют с помощью рекомендаций на основе анализа полученной информации.

Список источников

1. Цяо Л. Исследование цифровой трансформации российских региональных вузов в современных условиях // Педагогическое образование в России. – 2020. – № 3. – С. 59–66.

Сведения об авторе

Дюбо Елена Николаевна

Луганский государственный педагогический университет, Луганск, ЛНР, Россия, dyubo_elena@mail.ru

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЛОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОМАСШТАБНЫХ ПРОЦЕССОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Кодзоков А.Х., Гучаева З.Х.

Актуальность проблемы

Климатические системы охватывают процессы с широким диапазоном пространственно-временных масштабов: от микротурбулентности в пограничном слое атмосферы до глобальных циркуляций океана. Традиционные численные модели (например, General Circulation Models, GCM) сталкиваются с серьезными проблемами, такими как несоответствие сеточного разрешения, нелинейные взаимодействия, ограничения суперкомпьютерных ресурсов.

Ключевые вычислительные сложности

Проблема параметризации. Замена субсеточных процессов (например, образования облаков) упрощёнными формулами ведёт к снижению точности. Например, различия в прогнозах осадков при разных параметризациях [1].

Решение: гибридные подходы (машинное обучение для калибровки параметров, LES-вложения в GCM) [2].

Многомасштабные coupling-алгоритмы. Согласование данных между разнородными сетками (например, атмосфера-океан) требует сложных интерполяций, порождающих артефакты [3]. Например, «просачивание» ошибок в зонах взаимодействия (interface problems) в моделях типа CESM.

Высокая стохастичность. Неопределённость в начальных данных и граничных условиях требует ансамблевого моделирования, что увеличивает нагрузку в сотни раз [4].

Перспективные методы оптимизации

Гетерогенные вычисления: использование GPU/FPGA для ускорения отдельных компонентов (например, динамики атмосферы в моделях ICON) [2].

Мультифизические фреймворки (например, E3SM, MPAS) – гибкая адаптация разрешения в ключевых областях [3].

Data-driven моделирование: подмена «тяжёлых» блоков нейросетевыми эмуляторами (например, диффузии в океане через PINNs) [1]; применение редукции моделей (ROM) для выделения доминантных мод [4].

Закключение. Преодоление вычислительных барьеров требует комбинации:

- *алгоритмических инноваций* (адаптивные сетки, квантовые методы);
- *аппаратного ускорения* (эксафлопсные системы + специализированные сопроцессоры);
- *междисциплинарности* (физика + computer science).

Перспектива: переход к «цифровым двойникам» климата с near-real-time прогнозированием возможен только при решении многомасштабных проблем.

Список источников

1. Schneider T. et al. Climate Modeling Using Neural Networks: Challenges and Opportunities // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 2017.
2. Palmer T.N. Stochastic Modeling and Machine Learning in Climate Science. Philosophical Transactions of the Royal Society A. 2019.
3. Randall D. et al. Coupling Techniques for Earth System Models. Bulletin of the American Meteorological Society. 2019.
4. Bauer P. et al. The ECMWF Scalability Challenge: Next-Generation Climate Models // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2021.

Сведения об авторах

¹*Кодзоков Азамат Хасанович, ²Гучаева Зера Хамидбиевна*

^{1,2}*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*kodzoko@mail.ru*

²*proporwiz@yandex.ru*

УДК 004.8

МЕТОД ОБОГАЩЕНИЯ КОНТЕКСТА НА ОСНОВЕ ОПРОВЕЖЕНИЯ

Константинов А.В., Уткин Л.В., Мулюха В.А.

Одним из основных подходов для решения слабоформализованных задач, задаваемых на естественном языке, является применение больших языковых моделей (БЯМ). Такие модели обрабатывают входной запрос, подаваемый в виде текста, и генерируют ответ в авторегрессионном режиме. Существенным их ограничением является возникновение так называемых галлюцинаций, проявляющихся в создании правдоподобного по форме некорректного ответа. В отличие от других ошибок, галлюцинации невозможно выявить при анализе результатов человеком.

Для решения описанной проблемы для задач, требующих использования фактов определённой предметной области, применяется так называемая генерация, дополненная поиском (Retrieval Augmented Generation) [1]. Реше-

ние задачи делится на два этапа: поиск наиболее релевантных документов и объединение документов в контекст с последующим применением БЯМ. Для поиска запрос сначала преобразуется в дескриптор (вектор-эмбединг), и осуществляется поиск по фрагментам в векторной базе данных. Использование фрагментов вместо целых документов необходимо из-за ограниченности объёма информации, которая может быть в виде вектора фиксированной размерности. После нахождения ближайших соседей осуществляется ранжирование и отбор полученных результатов. Из наиболее релевантных результатов выбирается такое число документов, чтобы вместе с формулировкой задачи суммарная длина не превышала максимальный размер входа языковой модели. Генерация, дополненная поиском, позволяет существенно снижает риск возникновения «галлюцинаций», однако точность определяется качеством контекста, поскольку отсутствия целостной обработки языковая модель не обрабатывает в целом документы. Это приводит к проблемам при ответе на запросы, для которых недостаточно обратиться к конкретному фрагменту документа.

Вместо генерации одного ответа, предлагается генерировать множество различных «гипотез» ответов. Далее каждая из гипотез следует подвергать критическому анализу или попыткам её опровергнуть. При этом необходимо учитывать, что сгенерированная гипотеза может принципиально не обладать фальсифицируемостью, и в таком случае не должна рассматриваться в целом, по аналогии с критерием, предложенным Карлом Поппером [2] для научных теорий. Отметим, что также возможно верифицировать гипотезы, однако при условии использования генерации, дополненной поиском. Данные, подтверждающие гипотезу, являются частью контекста. Поэтому все гипотезы, полученные таким образом, автоматически считаются верифицированными. Гипотезы, которые не были устранены ввиду их нефальсифицируемости или из-за найденных противоречий с документами, содержащимися в базе данных, используются для формирования окончательного результата. При получении нескольких гипотез, должна быть проведена проверка их согласованности, реализуемая также с помощью языковой модели.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 25-21-00103.

Список источников

1. Lewis P. et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks // Advances in neural information processing systems. 2020.

2. Popper K.R. Science as falsification // Conjectures and refutations. 1963. Т. 1, № 1963. С. 33–39.

Сведения об авторах

¹*Константинов Андрей Владимирович*, ²*Уткин Лев Владимирович*,
³*Мулюха Владимир Александрович*

^{1,2,3}*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия*

¹konstantinov_av@spbstu.ru

²uktin_lv@spbstu.ru

³vladimir.muliukha@spbstu.ru

УДК 004.8+004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ

Лафишева М.М., Муртазова С.Э.

Современные методы идентификации символов используются для решения широкого круга задач, таких как распознавание текста и анализ изображений маркировки на поверхностях различных объектов и др. Важность этой проблемы подтверждается тем фактом, что исследования в области распознавания объектов, анализа изображений и обработки речи включены в федеральный список приоритетных направлений в области развития науки и техники и критических технологий [1].

При регистрации изображения могут возникать искажения из-за изменения угла съемки, масштаба, погодных условий и присутствия посторонних предметов. Эти факторы значительно ухудшают надежность распознавания методами, используемыми в современных системах распознавания номерных знаков на изображениях и в видеофрагментах [2, 3]. Эффективным решением данной проблемы являются искусственные нейронные сети, так как они менее чувствительны к искажениям входного сигнала и способны создавать классификаторы, которые хорошо моделируют сложную функцию распределения изображений символов.

Предложен алгоритм для распознавания номерных знаков при плохой видимости (например, в случаях, когда номер находится не под прямым углом, или в уменьшенном масштабе) у автотранспортных средств и раз-

работана программа, использующая данный алгоритм. Наиболее эффективным алгоритмом для распознавания автомобильных номеров является комбинация методов компьютерного зрения и глубокого обучения, что обеспечивает высокую точность.

Разработано ПО с удобным интерфейсом для реализации алгоритма распознавания автомобильного номерного знака на локализованной области (успешность распознавания на тестовых данных » 88 %). Программное обеспечение разработано на языке PYTHON с использованием библиотек numpy, tensorflow и модели YOLOv5 для обнаружения местоположения текста, которая обучалась на данных платформы kerass. Также использовались библиотеки cv2 и os, для вырезки области с текстом и ее сохранения в папку. Для обучения сети использовалась база EMNIST [4].

Использование предлагаемого комплекса программ для распознавания номерных знаков позволяет сократить число охранного персонала, контролирующего доступ на производственные территории, в бизнес-центры, склады, парковки и прочие объекты. Система требует только одного оператора, который сможет вмешаться в случае внештатной ситуации, а в остальных случаях его задача заключается в наблюдении за работой системы.

Список источников

1. Макаренко А.А., Калайда В.Т. Методика локализации изображения лица для систем видеоконтроля на основе нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 8. С. 113–118.
2. Елизаров А.И., Афонасенко А.В. Методика построения систем распознавания автомобильного номера // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 8. С. 118–121.
3. Le Cun Y., Bengio Y. Convolutional networks for images, speech and time series // The handbook of brain theory and neural networks. 1998. V. 7, № 1. P. 255–258.
4. Датасет номерных пластин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Datasets (keras.io)

Сведения об авторах

¹*Лафишева Мадина Мухамедовна*, ²*Муртазова Саида Эльясовна*

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

Автор, ответственный за переписку *Лафишева Мадина Мухамедовна*,
lafishevamadina@gmail.ru

ДИАГНОСТИКА КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ БОЛЬНЫХ С ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Тхабисимова М.М., Бечелова А.Р., Тхабисимова И.К.

Среди комплексных задач, связанных с оптимизацией лечения, проблеме прогнозирования и рационализации терапевтической тактики с применением компьютерных средств реализации математического описания принадлежит ведущая роль. Данному направлению были посвящены ряд работ как отечественных, так и зарубежных клиницистов [1]. Однако, эти исследования были направлены на построение в основном линейных прогностических моделей. Актуальность темы исследования определяется необходимостью повышения эффективности лечения больных с бронхо-легочной недостаточностью в острый период за счет прогнозирования раннего возникновения и течения осложнений на основе текущих и ретроспективных данных, а также корректировки терапевтических методов на основе нейросетевого моделирования [2].

Основная цель работы – оптимизация лечения больных с бронхо-легочной недостаточностью в остром периоде на основе разработки методов и программных средств для моделирования состояния пациентов с применением технологий добычи данных, а также реализации проблемно-ориентированных алгоритмов принятия решений и анализа оценок эффективности лечения.

Для решения поставленных задач, помимо клинических методов, использовались основные положения теории вероятности и математической статистики, методы нейросетевого моделирования и деревьев решений, основные положения теории управления биосистемами [3, 4].

Получены основные результаты, обладающие научной новизной: логические модели для диагностики критических состояний больных с бронхо-легочной недостаточностью на основе методов деревьев решений и нейронных сетей, которые позволяют явно определить зависимости между параметрами гомеостаза больных с бронхо-легочной недостаточностью и наличием осложнений у пациентов; алгоритм для восстановления пробелов в массиве данных, обеспечивающий повышение достоверности прогнозов всей системы; алгоритм постоянного контроля надежности предсказаний на этапе подготовки данных для обучения нейросети, а также при прогнозировании и выборе оптимальной методики лечения для от-

дельного больного или группы больных; алгоритмическая схема для интеллектуальной поддержки врачей при выборе диагностических и лечебных мероприятий в зависимости от состояния больных с бронхо-легочной недостаточностью. Кроме того, представлен алгоритм многокритериального выбора методов медицинской диагностики по показателям эффективности, который использует метод свертки векторного критерия, учитывающий относительную важность частных критериев оптимальности с помощью построения скалярной функции, а также комплекс взаимосвязанных программных модулей для реализации интеллектуального принятия решений на основе имитационно-семантического моделирования в интерактивном формате и управления тактикой лечения на основе разработанных алгоритмов [5].

Результатом работы системы является комплекс мероприятий для диагностики и тактики лечения больных с бронхо-легочной недостаточностью с учетом хронических заболеваний и риском осложнений. Это позволит сократить время на постановку диагноза и уменьшить вероятность ошибки в диагностике. Своевременная диагностика, в свою очередь, сокращает время лечения, и повышает его эффективность.

Список источников

1. Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistika Neural Netwoks: методология и технологии современного анализа данных. М.: Горячая линия: Телеком, 2008. 392 с.
2. Булка А.П. Моделирование медицинских экспертных систем на основе нечёткой нейронной сети. СПб.: ВМА, 2008. 72 с.
3. Гамбаров Г.М. и др. Статистическое моделирование и прогнозирование: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 1990. 383 с.
4. Жидкова О.И. Медицинская статистика. М.: ЭКСМО, 2007. 21 с.
5. Катермина Т.С., Сibaгатули А.Ф. Применение методов искусственного интеллекта к задаче диагностики заболеваний дыхательных путей // Computational nanotechnology. 2022. 9(2). С. 92–103.

Сведения об авторах

¹*Тхабисимова Мария Муштафаровна, ²Бечелова Аминат Расуловна, ³Тхабисимова Ирина Корнеевна*

^{1,2,3}*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*tembotova.mari@mail.ru*

²*bechelova1956@mail.ru*

³*tkhabisim@mail.ru*

МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ВЫЖИВАЕМОСТИ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЯ ОЦЕНОК БЕРАНА И МОДЕЛИ ВНИМАНИЯ

Уткин Л.В., Константинов А.В., Вербова Н.М.

Анализ выживаемости – область статистики и машинного обучения, направленная на прогнозирование времени наступления определенного события (например, отказа оборудования или смерти пациента [3]). Основная сложность анализа связана с наличием цензурированных данных, когда для некоторых объектов событие не происходит в период наблюдения. Традиционные методы, такие как случайный лес выживаемости и градиентный бустинг, обладают недостатками, включая нестабильность прогнозов из-за вариативности подвыборок. В данной статье предлагается новая модель анализа выживаемости на основе ансамбля оценок Берана и модели самовнимания, которая используется для агрегации предсказаний.

Оценка Берана – это метод, оценивающий условную функцию выживаемости (ФВ) на основе взвешивания объектов с помощью ядерных функций [1]. Однако при использовании ансамбля таких оценок возникают шумы и аномалии в предсказаниях. Предлагаемая модель позволяет решить эту проблему, применяя механизм самовнимания к предсказанным ФВ. Основная идея заключается в том, что каждая ФВ $S(k)$ из M оценок, полученных на основе оценки Берана по случайной подвыборке обучающих данных, корректируется с учётом схожести с другими ФВ в ансамбле. Для этого веса внимания для пары ФВ определяются через расстояния между этими функциями, например, расстояние Колмогорова – Смирнова для функций распределений. Новая ФВ $\tilde{S}^j(t)$ -й оценки Берана для вектора признаков x определяется следующим образом:

$$\tilde{S}^j(t | x, \theta) = \sum_{k=1, k \neq j}^M \beta(S^j(t | x), S^{(k)}(t | x), \theta) \cdot S^{(k)}(t | x),$$

где $\beta(S^j, S^{(k)}, \theta)$ – вес самовнимания, устанавливающий связь между ФВ $S^j(t | x)$ и $S^{(k)}(t | x)$; θ – вектор параметров для обучения или настройки.

В терминах внимания $S^j(t | x)$ является запросом (query), $S^{(k)}(t | x)$ выступает как ключ (key) и значение (value). Таким образом, каждая базовая ФВ модифицируется через модель самовнимания в соответствии с соседними ФВ.

Обучение модели осуществляется максимизацией С-индекса [3] с заменой индикаторной функции на сигмоиду и использованием метода градиентного спуска. Обучение можно существенно упростить, используя модель ϵ -засорения Хьюбера [2] для определения весов внимания, что по-

звolyет свести обучение к задаче квадратичной оптимизации. Модель демонстрирует более высокую точность по сравнению с другими моделями выживаемости на реальных и синтетических данных. В частности, С-индекс данной модели выше в 9 из 10 реальных наборов данных, чем у других моделей. Данное улучшение является статистически значимым, что подтверждается t -тестом (p -value = 0.0017).

Работа выполнена в рамках госзадания FSEG-2024-0027.

Список источников

1. Beran R. Nonparametric regression with randomly censored survival data // Technical report, University of California, Berkeley, 1981.
2. Walley P. Statistical Reasoning with Imprecise Probabilities // Chapman and Hall, London, 1991.
3. Wang P., Li Y., Reddy C.K. Machine learning for survival analysis: A survey // ACM Computing Surveys (CSUR), 51(6):1-36, 2019.

Сведения об авторах

¹*Уткин Лев Владимирович*, ²*Константинов Андрей Владимирович*,
³*Вербова Наталья Михайловна*

^{1,2,3}*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия*

¹uktin_lv@spbstu.ru

²konstantinov_av@spbstu.ru

³verbova_nm@spbstu.ru

УДК 004.8

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ ДАННЫХ

Чернобаев И.Д., Кочетов Д.В.

Начало XXI века ознаменовано развитием информационных технологий, которые проникли во все сферы человеческой жизни. Благодаря росту вычислительных мощностей, исследованиям в области алгоритмов обработки данных и организации распределенных вычислений, активное развитие получили технологии искусственного интеллекта, в частности, модели компьютерного зрения во многих прикладных областях, в том числе в дефектоскопии.

Дефектоскопия – это неотъемлемая часть процедуры контроля качества любого производственного процесса, и применяется для оценки степени износа изделий и своевременного выявления признаков существующих и потенциальных дефектов. В случаях анализа состояния объектов промышленного производства часто возникают ситуации, когда необходимо принимать решения в условиях отсутствия достаточного объема качественных данных.

Проблема анализа состояния технических объектов в условиях неполных данных рассматривается многими учёными. Так, в [1] на примере узлов подшипников рассматриваются подходы к обнаружению дефектов материала методами машинного обучения и визуального анализа данных. К исследуемым признакам относят следующие: горизонтальные и вертикальные колебания в левом и правом подшипниках, сглаженные значения горизонтальных и вертикальных колебаний, а также два параметра, определяющие значения температуры правого и левого подшипников, соответственно.

Для общего понимания состояния изделия в процессе обработки или производства в [1] используется система «Change Measure», для определения которой требуется сравнение технологических параметров для нормальных и аномальных производственных процессов. Эта мера позволяет выявить закономерности для формализации правил обнаружения и прогнозирования дефектов, которые могут быть использованы при выборе признаков для моделей машинного обучения.

В [2] рассматривается метод к обнаружению дефектов материала с помощью компьютерного зрения на примере фотографий подшипников из силицированного графита. Авторы исследуют работу свёрточной нейронной сети (СНС) для классификации различных дефектов: трещин, сколов, отдельных пор, скопления пор и бездефектной поверхности. В работе отмечается, что эти дефекты представлены простыми графическими примитивами, поэтому в структуре модели СНС не требуется наличия большого количества свёрточных слоёв. В результате исследования показано, что в дефектоскопии возможно применение нейросетевых моделей для обнаружения дефектов с высокой точностью. Для работы с небольшим набором обучающих данных авторы используют предварительно обученную СНС.

В [3] рассматривается применение термографии для выявления дефектов в материале труб. Основной акцент исследования делается на работе с небольшими наборами данных. Для решения этой проблемы, в исходный набор добавлены синтезированные данные. Это позволило обучить нейросетевую модель UNet и получить высокую точность распознавания дефектов.

На основании проведённого анализа можно заключить, что для эффективного поиска дефектов не требуются сложные модели ИНС, что позволяет их использовать в системах с ограниченными вычислительными

возможностями. Существующие методы неразрушающего контроля способны предоставить качественные данные для обнаружения дефектов в толще материала без использования дополнительного оборудования, при этом обеспечивая возможность качественного обучения в условиях нехватки данных.

Список источников

1. Десницкий В.А., Новикова Е.С. Обнаружение неисправностей в промышленных изделиях с использованием малых обучающих наборов данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2024. № 1. С. 49–61.

2. Малышев Г.С. и др. Использование предобученной нейронной сети для выявления дефектов на изделиях из силицированного графита в АО «ОКБМ Африкантов» // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 2. Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. С. 17–20.

3. Rezaiye R.K., Ibarra-Castanedo C., Maldague X. Methods for Corrosion Detection in Pipes Using Thermography: a Case Study on Synthetic Datasets. Algorithms 2024. 17. 439.

Сведения об авторах

¹*Чернобаев Игорь Дмитриевич, ²Кочетов Денис Витальевич*

^{1,2}*Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия*

¹*ichernobnn@gmail.com*

²*gtyhdsf@gmail.com*

УДК 004.65

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И АВТОМАТНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ ПАЦИЕНТА

Яковлев И.И.

Современные медицинские экспертные системы (МЭС) активно внедряются в клиническую практику для диагностики, мониторинга и прогнозирования состояния пациента. Одним из ключевых направлений развития МЭС является интеграция онтологий и автоматных моделей, обеспечивающих формализацию и логику переходов между клиническими состояниями. Важным элементом такой архитектуры выступает процесс

ETL (Extract, Transform, Load), обеспечивающий загрузку и трансформацию данных из различных источников в целевую аналитическую базу.

Целью данной работы является разработка архитектуры хранения и обработки медицинских данных на основе базы данных, автоматной модели переходов состояний и онтологического представления сущностей. Особое внимание уделяется проектированию и обоснованию этапов ETL в контексте медицинских информационных систем.

Основу хранения составляет реляционная база данных с архитектурой типа «снежинка», что обеспечивает нормализацию и минимизацию избыточности. Основной сущностью системы является пациент, к которому привязываются все события: анамнез, диагностика, травмы, осложнения, операции, данные мониторинга. Каждое клиническое событие имеет временные метки t_start и t_end , что позволяет реализовать автоматную логику.

Динамика заболевания описывается с помощью конечного автомата с памятью, где каждое состояние пациента соответствует определённому этапу патологического процесса:

S_0 – воздействие (инфекция, травма);

S_1 – первичная реакция (боль, воспаление);

S_2 – вторичные осложнения;

S_n – критическое состояние или завершение процесса.

Переходы между состояниями фиксируются во времени и реализуются через таблицы связей. Таким образом, система позволяет моделировать реальную траекторию болезни: улучшение ($S_k \rightarrow S_{k-1}$), стабилизация ($S_k \rightarrow S_k$), ухудшение ($S_k \rightarrow S_{k+1}$), включая резкие скачки. Это соответствует методологии автоматного программирования, как подчёркивает А.А. Шалыто [1], и используется для прогнозов и принятия решений.

ETL-процесс: обоснование и реализация.

Особую роль в функционировании экспертной системы играет ETL-процесс, обеспечивающий трансформацию данных из разнородных источников (например, сканы медицинских документов, ЭМК, табличные формы) в унифицированное хранилище.

В терминах Паклина и Орешника ETL рассматривается как часть многоагентной аналитической платформы, в которой каждый компонент выполняет строго определённую роль в потоке данных. Согласно их подходу, «ETL-процедуры – это не просто механизм загрузки, а интеллектуальный этап подготовки данных, включающий очистку, нормализацию и логическую интерпретацию» [2–4].

В данной работе реализован следующий ETL-конвейер:

1. *Extract* – с помощью Python-скрипта (парсера) извлекаются данные из медицинских документов: диагнозы, повреждения, описания, параметры мониторинга.

2. *Transform* – на этапе трансформации выполняется:

- устранение дубликатов;
- сопоставление медицинских терминов с кодами из справочников;
- верификация временных меток;
- фильтрация нерелевантных записей.

3. *Load* – очищенные и интерпретированные данные загружаются в «витринную» таблицу, откуда автоматически распределяются по основным таблицам базы данных с учётом структуры связей.

Такой подход обеспечивает не только корректность загрузки, но и расширяемость: добавление новых форм данных требует только обновления логики трансформации, а не всей схемы базы. ETL-подсистема фактически выполняет роль агента семантической интеграции, выделяя ключевые факты из потока информации и обеспечивая их структурированную интерпретацию в рамках онтологической модели.

Разработанная система интегрирует базу данных, автоматную модель состояний и структуру в единое аналитическое пространство. Особое внимание уделено построению гибкой ETL-подсистемы, которая обеспечивает интероперабельность и согласованность данных.

Список источников

1. Шалыто А.А. Автоматное программирование. СПб.: Питер, 2010. 384 с.
2. Паклин С.А., Орешник С.В. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. М.: Инфра-М, 2021. 248 с.
3. Гаврилова Т.А., Коровкин А.А. Онтологическое моделирование. СПб.: Питер, 2017. 304 с.
4. Захаров В.В., Соколов А.В. Анализ временных рядов в медицинских системах. М.: Наука, 2015. 276 с.

Сведения об авторе

Яковлев Иван Игоревич

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева Россия, Нижний Новгород, Россия, Ivan.yakk@yandex.ru

СЕКЦИЯ 3

НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК 519.6

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF SECOND-ORDER NUMERICAL METHODS FOR DELAYED NONLINEAR TIME-FRACTIONAL TELEGRAPH EQUATIONS

Anatoly A. Alikhanov, Mohammad ShahbaziAsl, Adam A. Alikhanov

Abstract

This study presents the construction and analysis of second-order numerical methods for solving a nonlinear time-fractional telegraph equation with a time delay. The model under consideration involves two time-fractional Caputo derivatives of orders within the intervals $(0,1)$ and $(1,2)$, effectively capturing both anomalous diffusion and wave propagation behaviors. The problem introduces substantial analytical and computational challenges due to its nonlinear nature, the presence of a discrete time delay, and the combined influence of fractional diffusion and wave components.

Following the idea proposed in [1], we address these challenges by reformulating the original fractional telegraph equation into an equivalent integro-differential form involving a single Caputo derivative of order in $(0,1)$ along with Riemann–Liouville fractional integrals. This transformation simplifies the structure of the problem and facilitates the development of an efficient numerical method.

The proposed scheme employs three main approximations:

- a second-order backward finite difference method for the classical first-order time derivative, providing improved stability and temporal accuracy;
- a second-order quadrature rule for approximating the Riemann–Liouville fractional integrals, developed in [2], efficiently capturing the long-range memory effects;
- an L2-type scheme of order $3 - \alpha$, developed in [3], for the Caputo derivative, which enhances accuracy for fractional orders $\alpha \in (0,1)$, compared to traditional first-order methods.

This leads to a fully implicit, linearized finite difference method that achieves second-order accuracy in time. A discrete Gronwall-type inequality is utilized to rigorously prove the unconditional stability of the scheme under general conditions.

To further improve computational efficiency, particularly for long-time simulations, a fast variant of the scheme is developed. This fast algorithm uses a sum-of-exponentials approximation to efficiently handle the weakly singular kernel functions inherent in fractional operators [4, 5, 6]. As a result, fast difference analogs of both the Riemann–Liouville integrals and the Caputo derivative are constructed, significantly reducing memory usage and computational cost while preserving second-order temporal accuracy.

Numerical simulations are carried out to validate the theoretical results and demonstrate the efficiency and accuracy of the proposed methods for solving nonlinear time-fractional telegraph equations with delay.

References

1. Alikhanov, Anatoly A., Mohammad Shahbazi Asl, and Chengming Huang. "Stability analysis of a second-order difference scheme for the time-fractional mixed sub-diffusion and diffusion-wave equation." // *Fractional Calculus and Applied Analysis* 27, No. 1 (2024): 102–123.
2. Alikhanov, Anatoly A., Mohammad Shahbazi Asl, Chengming Huang, and Aslanbek Khibiev. "A second-order difference scheme for the nonlinear time-fractional diffusion-wave equation with generalized memory kernel in the presence of time delay." // *Journal of Computational and Applied Mathematics* 438 (2024): 115515.
3. Alikhanov, Anatoly A., and Chengming Huang. "A high-order L2 type difference scheme for the time-fractional diffusion equation." *Applied Mathematics and Computation* 411 (2021): 126545.
4. Jiang, Shidong, Jiwei Zhang, Qian Zhang, and Zhimin Zhang. "Fast evaluation of the Caputo fractional derivative and its applications to fractional diffusion equations." // *Communications in Computational Physics* 21, No. 3 (2017): 650–678.
5. Yan, Yonggui, Zhi-Zhong Sun, and Jiwei Zhang. "Fast evaluation of the Caputo fractional derivative and its applications to fractional diffusion equations: a second-order scheme." // *Communications in Computational Physics* 22, No. 4 (2017): 1028–1048.
6. Alikhanov, Anatoly A., Mohammad Shahbazi Asl, and Dongfang Li. "A novel explicit fast numerical scheme for the Cauchy problem for integro-differential equations with a difference kernel and its application." *Computers & Mathematics with Applications* 175 (2024): 330–344.

Information about Authors

¹*Alikhanov Anatoly Alievich*, ²*ShahbaziAsl Mohammad*, ³*Adam A. Alikhanov*

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹*aaalikhanov@gmail.com*

²*mshahbazia@yahoo.com*

³*alikhanovaldam@gmail.com*

AN EFFICIENT L1-BASED DIFFERENCE SCHEME FOR TIME-FRACTIONAL HEAT CONDUCTION MODELS

*Anatoly A. Alikhanov, Mohammad ShahbaziAsl,
Aslanbek Kh. Khibiev Adam A. Alikhanov*

Abstract

This study develops and analyzes a fractional-order heat conduction model that incorporates memory effects and neutral delay, offering a more comprehensive framework for capturing anomalous thermal behavior in complex media. The proposed model is both generalized and physically meaningful, incorporating:

- fading memory in the heat flux, where past temperature gradients influence present behavior;
- memory effects in the internal energy, interpreted as a continuous neutral-type delay;
- Caputo time-fractional derivatives, introducing nonlocal, history-dependent dynamics.

Similar heat conduction models incorporating memory effects have been studied in the literature [1, 2, 3], where the considered models involve only classical derivatives of integer order. By incorporating both memory kernels and fractional-order operators, the model significantly extends classical and generalized integer-order heat conduction theories. It provides a robust mathematical foundation for modeling thermal processes in heterogeneous, disordered, or microstructured materials, where traditional assumptions break down. The well posedness of such fractional heat conduction, including the existence and uniqueness of both mild and classical solutions, is established in [4].

To facilitate analysis and computation, the heat flux and heat capacity relaxation functions are expressed as finite linear combinations of decaying exponentials, following the framework introduced in [5, 6]. This reformulation yields a coupled system consisting of fractional temporal operators and classical time derivatives, introducing two auxiliary equations. One involves a Caputo derivative and a Riemann–Liouville fractional integral, and the other involves an ordinary time derivative. Before constructing numerical schemes, we establish an a priori estimate for the system, ensuring uniqueness and continuous dependence of the solution on the initial data and source term, thereby confirming the well-posedness of the problem.

For the computational implementation, we first approximate the classical first-order time derivative using a second-order backward finite difference method, which enhances both stability and temporal accuracy. The Riemann–

Liouville fractional integral is discretized with a second-order quadrature rule that efficiently captures the long-range memory effects. For the Caputo time-fractional derivative, we apply the L1 scheme of order $2 - \alpha$, which provides improved accuracy for fractional orders $\alpha \in (0,1)$. These discretization strategies together yield an L1-based difference scheme that achieves a temporal accuracy of order $\min\{2 - \alpha, 1 + \alpha\}$, where $\alpha \in (0,1)$ denotes the order of the time-fractional derivative.

Numerical simulations validate the theoretical analysis and to assess the performance of the proposed L1-based difference scheme. The results confirm the accuracy, stability, and efficiency of the proposed scheme, demonstrating its effectiveness for solving time-fractional heat conduction models with fading memory and delay effects.

References

1. Alikhanov, Anatoly A., Mohammad Shahbazi Asl, and Dongfang Li. "A novel explicit fast numerical scheme for the Cauchy problem for integro-differential equations with a difference kernel and its application." *Computers & Mathematics with Applications* 175 (2024): 330–344.
2. Vabishchevich, Petr N. "Numerical solution of the heat conduction problem with memory." *Computers & Mathematics with Applications* 118 (2022): 230–236.
3. Lunardi, Alessandra. "On the linear heat equation with fading memory." // *SIAM Journal on Mathematical analysis* 21, No. 5 (1990): 1213–1224.
4. Kerbal, Sebti, Nasser-eddine Tatar, and Nasser Al-Salti. "Well-posedness and stability of a fractional heat-conductor with fading memory." // *Fractional Calculus and Applied Analysis* 27, No. 4 (2024): 1866–1905.
5. Kerbal, S., and N. Tatar. "Stability of a fractional heat equation with memory." // *Carpathian Mathematical Publications* 16, No. 1 (2024): 328–345.
6. Clément, Ph, and John A. Nohel. "Asymptotic behavior of solutions of nonlinear Volterra equations with completely positive kernels." // *SIAM Journal on Mathematical Analysis* 12, No. 4 (1981): 514–535.

Information about Authors

¹*Alikhanov Anatoly Alievich*, ²*ShahbaziAsl Mohammad*, ³*Aslanbek Kh. Khibiev*, ⁴*Adam A. Alikhanov*

^{1,2,3,4}*North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia*

¹*aaalikhanov@gmail.com*

²*mshahbazia@yahoo.com*

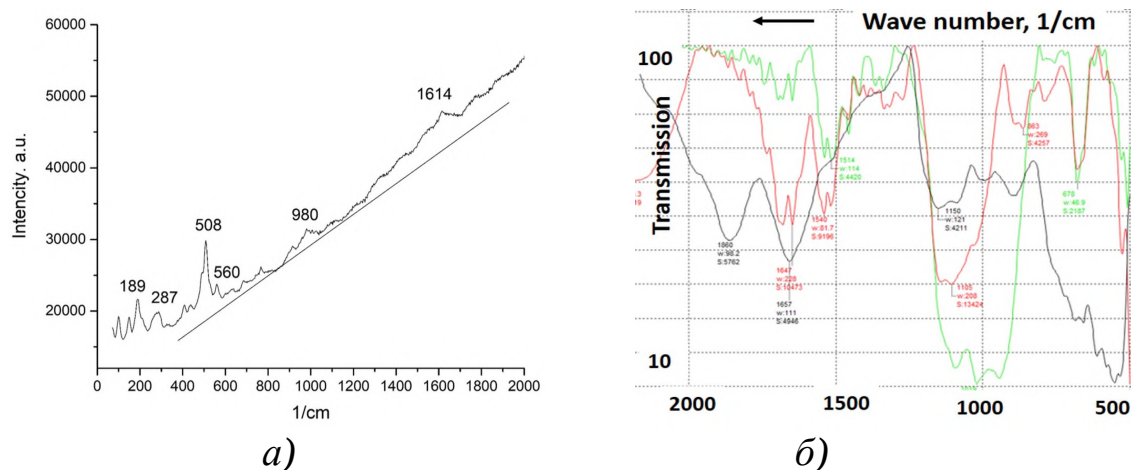
³*akhibiev@gmail.com*

⁴*alikhnovadam@gmail.com*

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ

Воропаев С.А., Душенко Н.В., Кривенко А.П.

Методы современной спектрометрии (Раман, ИК-Фурье и др.) позволяют получить сложные композиционные спектры анализируемых веществ как в различных пространственных точках образцов, так и гетерогенных по химическому составу (*рисунок 1*). Вариации различных переменных, определяющих качество спектров, можно разбить на два больших класса: технические условия измерений (выбор длительности, интенсивности излучения) и подготовка проб для исследований (размер частиц, степень предварительной десорбции влаги и газов). «Шум» в спектре является неизбежной досадной помехой для выделения значимой информации. Для его устранения были разработаны эффективные математические методы: выбор базовой линии [1], сглаживание [2] и определение главных компонент (РСА) [3].



*Рисунок 1 – Спектры влажного анортита: Раман (а),
ИК спектр пропускания (б)*

Выбор математической модели для анализа спектральных данных сводится к наиболее оптимальному решению задачи матричного уравнения

$$D = C \cdot S^T + E, \quad (1)$$

где ряды матрицы D (data) заполняют экспериментальные данные спектральных измерений образцов, столбцы матрицы C (concentration) – кон-

центрации (веса) компонент в исследуемой смеси, а ряды матрицы S^T – спектральные данные «чистых» компонент, составляющих матрицу S (spectra). При этом матрица E (errors) – «остатки» от декомпозиции и в идеале они не превышают ошибки измерений.

Можно отметить, что уравнение (1) – это расширение закона Ламберта – Бэра [4] на случай интервала длин волн в матричной форме.

Решение уравнения (1) методом наименьших квадратов должно представлять матрицу C (концентрации) для выбранного спектрального набора компонент S с минимальными отклонениями от наблюдаемых спектров матрицы D . При этом необходимо учитывать ограничения, накладываемые физическими особенностями задачи, например, положительность значений концентраций. Сходимость решения при последовательных итерациях определяется условием уменьшения величины отклонений «остатков» от экспериментальных данных, например, $< 0,1 \%$.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00051, E-mail: <https://rscf.ru/project/25-17-00051/>

Список источников

1. Barnes R.J., Dharnoa M.S., Lister S.J. Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra // Appl. Spectrosc. 1989. Vol. 43. P. 772–777.
2. Savitsky A., Golay M.J. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures // Anal. Chem. 1964. Vol. 36. P. 1627–1639.
3. Sun J. Statistical analysis of NIR data: data pretreatment // J. Chemometrics. 1997. Vol. 11. P. 525–532.
4. Беккер Ю. Спектроскопия / Техносфера. 2009. 528 с.

Сведения об авторах

¹*Воропаев Сергей Александрович*, ²*Душенко Никита Владимирович*, ³*Кривенко Артем Павлович*

^{1,2,3}*ГЕОХИ РАН, Москва, Россия*

¹*voropaev@geokhi.ru*

²*dushenko@geokhi.ru*

³*krivenko@geokhi.ru*

СМЕШАННАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОДНОГО РАЗРЫВНО-НАГРУЖЕННОГО УРАВНЕНИЯ

Кармоков М.М., Геккиева С.Х.

Представленная работа посвящена исследованию смешанной краевой задачи для разрывно-нагруженного параболического уравнения с дробной производной.

В области $D = \{(x, t): X_1(t) < x < X_2(t), 0 < t < T\}$ рассматривается уравнение

$$L_1 u = \begin{cases} \lambda_1 u_x(x_0, t), & 0 < t \leq T_1, \\ \lambda_2 D_{0+}^\alpha u(X_1(t), t), & T_1 < t < T, \end{cases} \quad (1)$$

где $L_1 u = u_t - a^2 u_{xx}$, λ_i ($i = 1, 2$) – известные постоянные, $X_1(t) < x_0 < X_2(t)$, D_{0+}^α – оператор дробного интегро-дифференцирования Римана – Лиувилля порядка α [1].

Уравнение (1) относится к классу уравнений, предложенных в [2].

В монографии А.М. Нахушева [3] приведена подробная библиография по нагруженным уравнениям, в том числе по различным применениям нагруженных уравнений, как метода исследования задач математической биологии, математической физики, математического моделирования нелокальных процессов и явлений. Среди многочисленных работ, посвященных данной тематике, отметим опубликованные в последние годы работы [4–6], в которых исследованы краевые задачи для нагруженных и разрывно-нагруженных параболических уравнений.

Пусть

$$D_1 = \{(x, t): X_1(t) < x < X_2(t), 0 < t < T_1\};$$

$$D_2 = \{(x, t): X_1(t) < x < X_2(t), T_1 < t < T\}.$$

Задача 1. Найти регулярное в D_1 и D_2 решение $u(x, t)$ уравнения (1) из класса $\mathbf{C}(\bar{D})$, удовлетворяющее условиям

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= \varphi(x), \quad X_1(0) < x < X_2(0), \\ u_x(X_1(t), t) &= v_1(t), \quad u(X_2(t), t) = v_2(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\sqrt{t}X_i(t) \in \mathbb{C}[0, t]$, $X_i(t) \in \mathbf{C}^1(0, t)$, причем

$$\begin{aligned} \varphi(x) \in \mathbf{C}^1[X_1(0), X_2(0)], \quad v_i(t) \in \mathbf{C}^1[0, t], \\ v_1(0) = \varphi'(X_1(0)), \quad v_2(0) = \varphi(X_2(0)). \end{aligned} \quad (3)$$

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Задача (1), (2) при условиях (3) разрешима и притом единственным образом.

Список источников

1. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его применение. М.: Физматлит, 2003. 272 с.
2. Нахушев А.М. О задаче Дарбу для одного вырождающегося нагруженного интегро-дифференциального уравнения второго порядка // Дифференц. уравнения. 1976. Т. 12, № 1. С. 103–108.
3. Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их применения. М.: Наука, 2012. 232 с.
4. Кармоков М.М., Нахушева Ф.М., Абрегов М.Х. Краевая задача для нагруженного параболического уравнения дробного порядка // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. № 1 (117). С. 69–77.
5. Кармоков М.М., Нахушева Ф.М., Геккиева С.Х. Краевые задачи для разрывно-нагруженных параболических уравнений // Вестник Самарского университета. Естественная серия. 2024. Т. 30, № 4. С. 7–17.
6. Геккиева С.Х., Кереев М.А. Смешанные краевые задачи для нагруженного уравнения с дробной производной // Нелокальные краевые задачи и родственные проблемы математической биологии, информатики и физики: материалы III Международной конференции. Нальчик, 2006. С. 80–82.

Сведения об авторах

¹*Кармоков Мухамед Мацевич, ²Геккиева Сакинат Хасановна*

¹*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

²*Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, Нальчик, Россия*

¹*karmokov_mm@mail.ru*

²*gekkieva_s@mail.ru*

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ПСЕВДОГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ДРОБНОЙ ПРОИЗВОДНОЙ

Кереев М.А., Геккиева С.Х.

В работе представлено качественно новое уравнение влагопереноса, являющееся обобщением уравнения Аллера – Лыкова, посредством введения понятия фрактальной скорости изменения влажности. Исследована вторая краевая задача для неоднородного уравнения влагопереноса типа Аллера с дробной по времени производной Римана – Лиувилля

$$A_1 D_{\sigma t}^{\alpha} u + D_{\sigma t}^{\beta} u = \frac{\partial}{\partial x} \left(D(u) \frac{\partial u}{\partial x} + A D_{\sigma t}^{\gamma} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + f(x, t), \quad (1)$$

где $u(x, t)$ – влажность почвы в долях единицы на глубине x в момент времени t , коэффициент A_1 принимает значение $A_1 = Cx^2$, где C – константа, зависящая от коэффициента диффузии, а также пористости тела, его капиллярных свойств и вязкости жидкости [1]; $D(u)$ – коэффициент диффузии; A – варьируемый коэффициент Аллера; $f(x, t)$ – плотность источников влаги; $D_{\sigma t}^{\gamma}$ – оператор дробного дифференцирования Римана – Лиувилля [1], $1 < \alpha < 2$, $0 < \beta, \gamma < 1$.

Уравнение (1) при $\alpha = 2$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$ совпадает с классическим уравнением влагопереноса Аллера – Лыкова, которое описывает процесс испарения и инфильтрации в почве. Уравнение (1) было получено как пример «качественно нового уравнения влагопереноса», исходя из коллоидной капиллярно-пористой структуры почвы [1].

Обобщенное уравнение влагопереноса (1), при $\beta = \gamma = \alpha - 1$ с различного рода граничными условиями, рассматривалось в работах многих авторов и решалось методом разделения переменных, методом априорных оценок, а также численными методами [2–5]. Из последних работ отметим [6], в которой рассмотрена начально-краевая задача для псевдогиперболического линейного дифференциального уравнения высокого порядка по пространственной переменной и второго порядка по временной переменной, а также [7], где рассмотрена обратная задача для уравнения переноса влаги Аллера – Лыкова, включающего дробную производную Гильберта по времени.

Список источников

1. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его применение. М.: Физматлит, 2003.
2. Геккиева С.Х., Керевов М.А. К вопросу существования решения первой краевой задачи для уравнения влагопереноса Аллера – Лыкова с оператором дробного дискретно распределенного дифференцирования // Доклады АМАН. 2024. Т. 24, № 1. С. 11–22.
3. Керевов М.А., Геккиева С.Х. Численно-аналитический метод решения краевой задачи для обобщенных уравнений влагопереноса // Вестн. Удмуртского университета. Математика. Механика. Комп. науки. 2021. Т. 31, № 1. С. 19–34.
4. Геккиева С.Х., Керевов М.А., Нахушева Ф.М. Локальные и нелокальные краевые задачи для обобщенного уравнения Аллера – Лыкова // Уфимск. матем. журн. 2023. Т. 15, вып. 1. С. 22–34.
5. Аблабеков Б.С., Аблабекова А.Б. О разрешимости первой краевой задачи для уравнения Аллера – Лыкова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2024. № 5. С. 7–12.
6. Романенков А.М. Градиент в задаче управления процессами, описываемыми псевдогиперболическими уравнениями // Дифференциальные уравнения. 2024. Т. 60, № 2. С. 224–236.
7. Ilyas A., Malik S.A., Suhaib K. Existence and Uniqueness Results for Generalized Non-local Hallaire – Luikov Moisture Transfer Equation // Acta Applicandae Mathematicae. 2025. Vol. 195, No. 1. P. 9.

Сведения об авторах

¹*Керевов Марат Асланбиевич, ²Геккиева Сакинат Хасановна*

¹*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

²*Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, Нальчик, Россия*

¹*kerefov@mail.ru*

²*gekkieva_s@mail.ru*

УДК 531/534

ДИФФУЗИЯ ГАЗОВ В СЛОИСТЫХ ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Воропаев С.А.

Разведка перспективных газовых месторождений на шельфе Российской Арктики потребовала детального изучения механизмов накопления легких углеводородных газов (C_1 – C_6) и процессов их миграции с глубин

морского дна к поверхности. В ГЕОХИ РАН совместно с коллегами из ИО РАН были проведены многочисленные исследования содержания и типов органического вещества и газов осадков арктических морей, в которых были получены важные данные о разнообразных процессах их образования [1]. Стало понятно, что помимо чисто физико-механических параметров среды (минеральный состав, пористость), необходимо учитывать ее структуру

и геологическую историю. Дело в том, что в плейстоцене (2,58 млн – 11,7 тысяч лет назад) северный край Евразии подвергался периодическим нагрузкам от растущих и таявших гигантских ледников, что обусловило сложную систему разломов и трещин континентального шельфа (рисунк 1а).

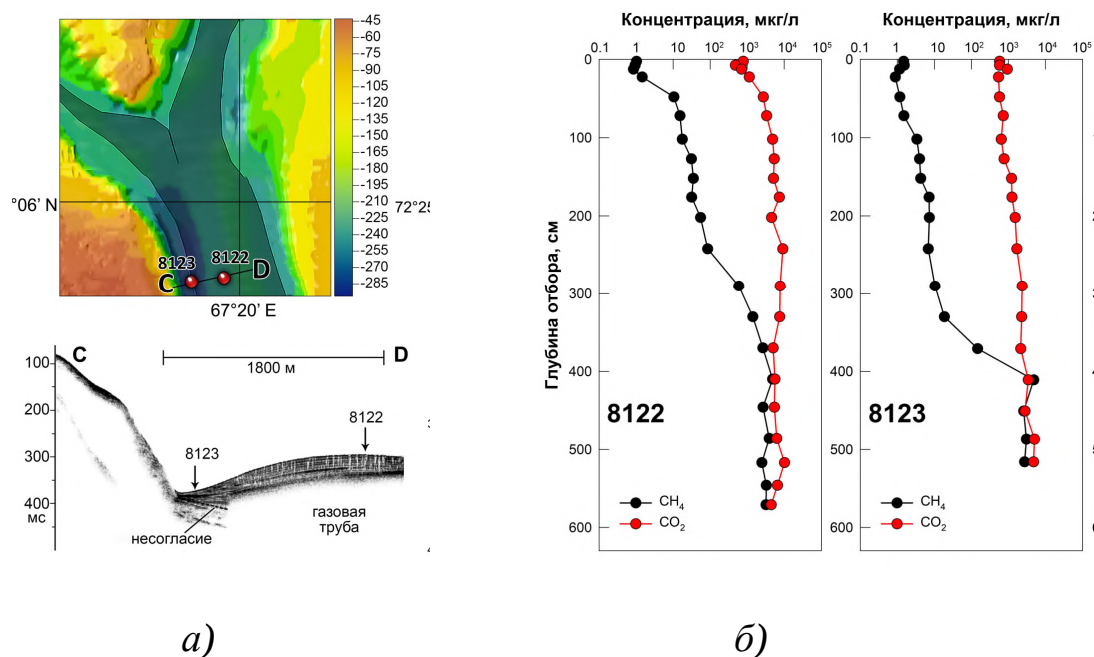


Рисунок 1 – Изучение Карского моря, рейс 96 НИС «Академик Мстислав Келдыш» 2024 г: (а) разлом на шельфе с газовой трубой [4]; (б) концентрации газов CH_4 и CO_2 по глубине колонки осадков

При этом микробиологические исследования показали, что различные горизонты донных осадков заселены сложными сообществами метаногенов, метанотофов, сульфат-редукторами и другими видами в зависимости от наличия кислорода и доступной для питания органики [2, 3]. Продуцируемые микробами легкие углеводороды, метан (CH_4) и углекислый газ (CO_2), являясь продуктами разложения органических веществ, подмешиваются в глубинные потоки газов. Стационарное решение классического уравнения диффузии Фика $J_{\text{Fick}} = -\chi \cdot \phi \cdot \rho_f \cdot D \cdot \nabla \omega$ для установившихся потоков газа в полубесконечной среде имеет частным случаем линейную

функцию первого порядка. Проведенный анализ содержания газов (см. *рисунок 1б*) показывает более сложные зависимости.

Наличие внешних взаимовлияющих источников и стоков газов, постоянных или зависящих от времени, существенно усложняет анализ диффузии в морских осадках, приводя к системе «сцепленных» дифференциальных уравнений вида

$$\varphi(x) \cdot \partial C_i(x,t) / \partial t = \partial(\varphi(x) \cdot D(x) \cdot \partial C_i(x,t) / \partial x) / \partial x + \varphi(x) \cdot \Sigma R(x,t), \quad (1)$$

где $\varphi(x)$ – пористость осадков по слоям, x – расстояние от поверхности дна, $C_i(x, t)$ – концентрация определенного газа (i), $\Sigma R(x,t)$ – вклад, зависящий от содержания других газов. Одним из примеров может служить симбиоз микробов метаногены-метанотрофы, когда аэробные бактерии поверхностного слоя потребляют поступающий метан как источник своего питания и выделяют углекислый газ (см. *рисунок 1б*).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №25-17-00334.

Список источников

1. Галимов Э.М. и др. Биогеохимия Российской Арктики. Карское море. Результаты исследований по проекту SIRRO 1995–2003 гг. // *Геохимия*. 2006. Т. 11. С. 1139–1191.
2. Севастьянов В.С. и др. Особенности распределения CH_4 и CO_2 в осадках Арктических морей // *Геохимия*. 2023. Т. 68(2). С. 163–172.
3. Брюханов А.Л. и др. Состав микробных сообществ цикла метана в верхних слоях донных осадков Карского моря // *Геохимия*. 2024. Т. 69(6). С. 511–519.
4. Отчет 96 рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш»: ИО РАН.. 2024. Т. 1. 629 с.

Сведения об авторах

¹*Севастьянов Вячеслав Сергеевич*, ²*Душенко Никита Владимирович*, ³*Воропаев Сергей Александрович*

^{1,2,3}*ГЕОХИ РАН, Москва, Россия*

¹*vsev@geokhi.ru*

²*dushenko@geokhi.ru*

³*voropaev@grokh.ru*

СЕКЦИЯ 4

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В МЕХАНИКЕ И В ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

УДК 538.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВКЛАДА ДИСПЕРСИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЯЧЕЕК ВИГНЕРА – ЗЕЙТЦА В МЕЖФАЗНУЮ ЭНЕРГИЮ НА ГРАНИЦЕ ГРАНЬ МЕТАЛЛА-ОРГАНИЧЕСКАЯ ЖИДКОСТЬ

Анеков А.М., Шебзухова И.Г., Хамукова Л.А.

Металлоорганические структуры находят широкое практическое применение [1], так как состоят из атомов различных металлов или их оксидов соединенные органическими молекулами, образуя разнообразные пористые структуры. Изменяя элементный состав как металлов, так и органических молекул можно создавать металл-органические каркасные структуры с необходимыми свойствами, которые используют для хранения энергии, электронике, катализе, магнетизме, нелинейной оптике, хранении и разделении газов [2–5].

В данной работе в рамках электронно-статистического метода оценён вклад дисперсионного взаимодействия ячеек Вигнера – Зейтца в межфазную энергию грани металлического кристалла на границе с неполярной органической жидкостью по выражению [6]

$$f_{w12}^g(hkl) = 12,115 f_{\epsilon} \frac{A}{N_A D} \frac{\hbar^2}{m^*} \frac{h(z/g)^{1/2}}{R^{7/2} \epsilon} \frac{1}{r - x_L(e)} \frac{1}{R} \frac{2}{k - n(e)} n(hkl), \quad (1)$$

где f – множитель, зависящий от координационного числа металлического кристалла, A и D – атомный вес и плотность металла, N_A – число Авогадро, $g = m^*/m$, m^* и m – эффективная масса электрона и масса свободного электрона, z – число свободных электронов на атом, $x_L(e)$ – координата гиббсовой поверхности раздела, r – радиус металлического иона, R – радиус сферы равновеликой ячейки Вигнера – Зейтца, $n(hkl)$ – концентрация частиц на грани металлического кристалла, $n(e)$ – параметр безразмерного потенциала являющийся функцией диэлектрической проницаемости ϵ органической жидкости.

Поправка на дисперсионное взаимодействие влияет на межфазную энергию, и с увеличением диэлектрической проницаемости ее значение линейно снижается.

Список источников

1. Czaja A.U., Trukhan N., Müller U. Industrial applications of metal–organic frameworks // Chemical Society Reviews. 2009. Vol. 38 (5). P. 1284–1293.
2. Ryder M. R., Tan J.-C. Nanoporous metal organic framework materials for smart applications // Materials Science and Technology. 2014. Vol. 30. Issue 13. P. 1598–1612. DOI: 10.1179/1743284714y.00000000550.
3. Stroppa A. et al. Hybrid Improper Ferroelectricity in a Multiferroic and Magnetoelectric Metal-Organic Framework // Advanced Materials. 2013. Vol. 25(16). P. 2284–2290.
4. Gibbons N., Baumberg J. Optical minibands in metallodielectric superlattices // Physical Review B. 2012. Vol. 85(16). 165422
5. Furukawa H. et al. Ultrahigh porosity in metal-organic framework // Science. 2010. Vol. 329. P. 424–428.
6. Apekov A.M., Shebzukhova I.G. Interface Energy of Crystal Faces of IIA-Type Metals at Boundaries with Nonpolar Organic Liquids, Allowing for Dispersion and Polarization Corrections // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2019. Vol. 83(6). P. 760–763.

Сведения об авторах

¹*Апеков Аслан Мартинович, ²Шебзухова Ирина Гусейновна, ³Хамукова Лиана Амурбековна*
^{1,3}*Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия*
²*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, нальчик, Россия*
¹aslkbsu@yandex.ru
²irina.shebzukhova@mail.ru
³khamuk@mail.ru

УДК 678.742.2

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ СИЛЬНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ СЖАТИИ

Ахматов З.А., Куготова А.М., Хачетлова С.А., Кунижев Б.И.

Разработка конструкций и установок из полимерных материалов, подверженных сильным тепловым и динамическим нагрузкам, требует оценки термодинамических параметров материалов в различных состояниях. Для решения подобных задач применяются полуэмпирические модели уравнений состояния, где форма функциональных связей в форме ударных адиабат

(например, зависимость давления от плотности или скорости ударной волны от массовой скорости) определяется на основе теоретических представлений о поведении материалов в экстремальных условиях [1]. Важно подчеркнуть, что на сегодняшний день достигнуто значительное развитие в моделировании поведения металлов, в том числе тонких металлических фольг, высокоэнтروпийных сплавов, ионных кристаллов и других материалов при высоких давлениях и температурах [2]. Менее исследованными остаются полимеры и полимерные композиты, представляющие собой материалы с уникальными физическими свойствами [3].

Фундаментальные характеристики органических соединений, определяющие их поведение в разных фазах, представлены термодинамическими функциями. Одной из таких важнейших функций является энтропия системы. Кроме того, энтропия и энергия Гиббса используются для определения термодинамических свойств поверхностей [4]. Поэтому расчет этих функций является актуальным и представляет научный и практический интерес.

Процесс динамического сжатия основан на сохранении массы, импульса и энергии, что приводит к образованию диссипации в виде температуры и энтропии. Учитывая, что термодинамику можно настраивать в значительной степени, динамические эксперименты могут быть разработаны для исследования конкретных научных вопросов при заданных давлениях P и температурах T .

В данной работе исследован полиэтилен высокой плотности, полученный под высоким давлением $\rho_0 = 920 \text{ кг/м}^3$, широко используемый в различных конструкциях, подверженных воздействию мощных тепловых и силовых нагрузок. Используя теоретическую модель твердого тела на принципах Ми-Грюнайзена, единой ударной адиабаты и диаграммы состояния полиэтилена в экстремальных условиях, разработанной по моделям А. Молодца и К. Хищенко [3, 5], оценена величина изменения энтропии. Полученные результаты могут быть применены для приближенного описания термодинамических свойств полимеров при низких давлениях в диапазоне 1–5 ГПа.

Список источников

1. Бушман А.В., Фортов В.Е. Модели уравнений состояния веществ // УФН, 1983. Т. 140, № 2. С. 177–232.
2. Wan C.K. et al. Dynamic compression of dendritic high-entropy alloy Al 0.5 CoCrFeNi with various microstructures: Experiments and constitutive modeling. // Materials Science & Engineering A, 2025. V. 930. P. 1–11.
3. Ахриев А.С., Гайтукиева З.Х., Кунижев Б.И. Исследование функции Грюнайзена и полиэтилена при ударно-волновом нагружении. // Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Ростов-на-Дону. 2005. № 8. С. 3–13.

4. Hafskjold B., Bedeaux D., Kjelstrup S. Theory and simulation of shock waves: Entropy production and energy conversion // Phys. Rev. E. 2021. V. 104. P. 1–18.

5. Цечоева А.Х. и др. Функция Грюнайзена некоторых полимеров и их композитов // Глобальный научный потенциал. СПб., 2013. Т. 23, № 2. С. 27–31.

Сведения об авторах

¹*Ахматов Зариф Ануарович*, ²*Куготова Асият Мухамедовна*,
³*Хачетлова Саида Аладиновна*, ⁴*Кунижев Борис Иналович*

^{1,2,3,4}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова*

¹ahmatov1993@yandex.ru

²kam-02@mail.ru

³hachetlovasaida@gmail.com

⁴b.kunizhev51@mail.ru

УДК 519.6

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бурчаков А.В., Смольков М.И., Фролов М.А.

В настоящее время в различных областях науки и техники активно изучаются и используются пористые структуры, созданные на основе трижды периодических (ТПП) поверхностей с различными топологическими и геометрическими параметрами. Пористые структуры на основе ТПП могут быть хорошей базой для создания так называемых композитов на основе взаимопроникающих фаз (ИСР), а также метаматериалов.

В недавнем исследовании [1, 2] мы предложили новый подход к созданию пористых структур на основе ТПП, основанных на топологическом представлении атомных сеток кристаллов, в частности цеолитов и металл-органических каркасов (МОК).

Этот подход позволяет генерировать ТПП и соответствующие им пористые структуры с использованием программного пакета ToposPro [3]. После придания поверхности определенной толщины, ее можно изготовить с помощью 3D-печати, а ее физические свойства можно рассчитать с помощью программ для компьютерного моделирования, таких как ANSYS, или исследовать экспериментально.

В настоящей работе проведено сравнительное исследование пористых структур, полученных на основе 15 трижды периодических Р-поверхностей.

P-поверхности сгенерированы путем топологического представления атомных сеток цеолитов и МОК и имеют названия соответствующих цеолитов. Проведено численное моделирование механических свойств пористых структур. Обнаружены структуры, которые являются более упругими и прочными по сравнению с материалом, из которого они изготовлены. Так предел текучести пористой структуры CGF, изготовленной из пластика PLA+, превышает предел текучести самого материала при сжатии вдоль одной из осей примерно на 10 %. Предел прочности пористой структуры HEU превышает предел прочности исходного материала примерно на 8 %. Пористые структуры CGF, HEU и SAS были изготовлены методами аддитивных технологий из пластика PLA+ и исследованы экспериментально. Результаты экспериментов по измерению механических свойств образцов хорошо согласуются с результатами численного моделирования и подтверждают выводы о наличии эффектов упрочнения по сравнению с исходным материалом (*рисунок 1*).

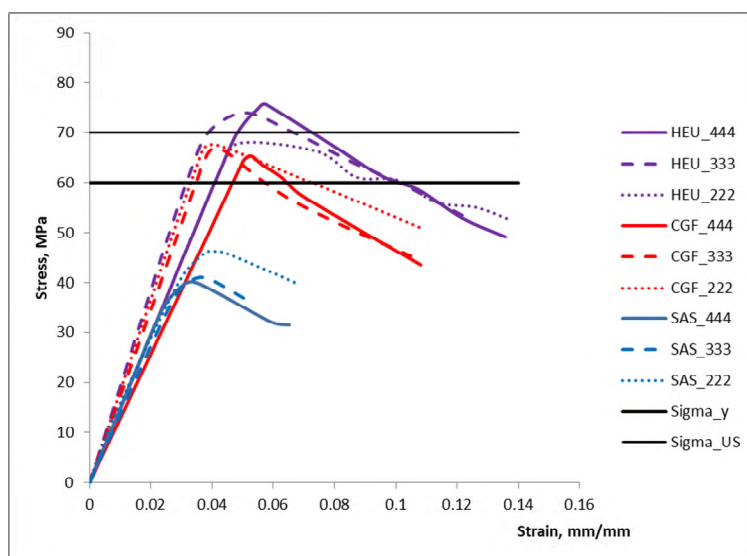


Рисунок 1 – Кривые нагружения каркасов HEU, CGF, SAS, изготовленных из пластика PLA+

Примечание: образцы имеют разное количество элементарных ячеек по трем ортогональным направлениям. Верхние три кривые – HEU, нижние – SAS, остальные – CGF. На *рисунке* отмечены пределы текучести и прочности PLA+.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-23-00123.

Список источников

1. Smolkov M.I. et al. // Acta Cryst. A. 78. 327–336. (2022) [An electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.1107/S2053273322004545>.

2. Eremin A.V. et al. Mech. Adv. Mat. Struct. 31(29). 11320–11336. (2024) [An electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.1080/15376494.2024.2303724>

3. Blatov V.A., Shevchenko A.P., Proserpio D.M. Cryst. Growth Design. 14. 3576–3586. (2014). DOI: 10.1021/cg500498k.

Сведения об авторах

¹*Бурчаков Александр Владимирович*, ²*Смольков Михаил Игоревич*,
³*Фролов Михаил Александрович*

^{1,2,3}*Самарский государственный технический университет (Сам-ГТУ), Самара, Россия*

¹*av-burchakov@yandex.ru*

²*m.smolkov97@gmail.com*

³*panasonig@mail.ru*

УДК 539.3

МАГНИТОУПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ ТОКОНЕСУЩИХ ПЛАСТИН В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Индиаминов Р.Ш., Нематов Ш.У., Хакбердиев С.Н.

Современное развитие технологий, особенно в области микро- и наноэлектроники, авиационно-космической техники, сенсорных систем и робототехники, требует всё более глубокого понимания поведения конструктивных элементов в условиях воздействия различных физических полей. Одним из таких сложных и актуальных процессов является магнитоупругое взаимодействие – явление, при котором механическое поведение токонесущих упругих тел определяется не только внешними нагрузками, но и внутренними электромагнитными процессами. Токонесущие пластины – это конструкции, способные проводить электрический ток, и одновременно участвовать в механических колебаниях. В реальных условиях такие пластины часто подвергаются воздействию переменных магнитных полей, создающих индукционные токи и электромагнитные силы. Это приводит к появлению дополнительных напряжений, деформаций и температурных эффектов, связанных с Джоулевым нагревом. Указанные явления необходимо учитывать при проектировании надёжных и долговечных электронных и механических компонентов, особенно в условиях высоких скоростей, частот и температур.

Научный интерес также обусловлен тем, что описываемые процессы требуют решения сопряжённых задач: уравнений механики деформируемого твёрдого тела, уравнений электромагнитного поля (уравнений Мак-

свелла), а также уравнений теплопроводности. Все эти уравнения нелинейны и сильно связаны между собой, что делает задачу математического моделирования особенно сложной, но необходимой для точного описания поведения систем.

В большинстве работ взаимодействие упругого тела с электромагнитным полем рассматривается без учета ортотропии проводящих свойств. В процессе деформации пластины происходит изменение формы его поверхности, что приводит к изменению направления тока, то есть изменяется электромагнитное поле оболочки, возникают вихревые токи, которые, взаимодействуя с внешним магнитным полем, приводят к появлению сил электромагнитного происхождения, называемых силами Лоренца. Эти силы изменяют состояние тела и электромагнитное поле в нем [1].

Будем рассматривать токопроводящие гибкие пластины находящиеся под действием нестационарных электромагнитных, температурных и механических полей. Пренебрегая влиянием процессов поляризации и намагничивания, предполагаем, что к пластине подводится переменный электрический ток от внешнего источника. Упругие свойства материала пластины считаются ортотропными, главные направления упругости которого совпадают с направлениями соответствующих координатных линий, электромагнитные же свойства материала характеризуются тензорами электрической проводимости S_{ij} , магнитной проницаемости m_j , диэлектрической проницаемости e_{ij} .

При этом, исходя из кристаллофизики, для рассматриваемого класса проводящих ортотропных сред с ромбической кристаллической структурой считаем, что тензоры S_{ij} , e_{ij} и m_j принимают диагональный вид. В этом случае на оболочку действует комбинированное нагружение, состоящее из пондеромоторной силы Лоренца и механической силы [2].

В данной работе рассматривается математическое моделирование и численное исследование поперечных магнитоупругих колебаний тонких токонесущих пластин, находящихся в переменном магнитном поле. Сформулирована задача с учётом электромагнитного взаимодействия, геометрической нелинейности и внешнего переменного тока. Разработана система уравнений, включающая уравнения движения, уравнения Максвелла и уравнение теплопроводности с источниками Джоулева тепла. Для численного решения применены метод конечных разностей (схема Нью-марка) и дискретная ортогонализация. Получены графики распределения напряжений и деформаций, проведён анализ влияния частоты магнитного поля и внешнего тока на поведение системы. Работа имеет значение для проектирования надёжных элементов в микроэлектронике, авиации и прецизионной механике.

Список источников

1. Григоренко Я.М., Мольченко Л.В. Основы теории пластин и оболочек с элементами магнитоупругости (укр): учебник. Киев: ИПЦ «Киевский университет», 2010.

2. Mol'chenko L.V., Loss I.I., Indiaminov R.SH. Determining the Stress State of Flexible Orthotropic Shells of Revolution in Magnetic Field // Int. Appl. Mech. New York, 2008. Vol. 44, No.8. P. 882–891.

Сведения об авторах

¹*Индиаминов Равшан Шукурович*, ²*Нематов Шухрат Уктамович*,
³*Хакбердиев Султон Нурмуродович*

¹*Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Самарканд, Узбекистан*

²*Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова*

¹*r_indiaminov@mail.ru*

²*shuhratnematov19811981@gmail.com*

³*khakberdiyevsulton@gmail.com*

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОКОНЕСУЩЕЙ ОБОЛОЧКИ

Индиаминов Р.Ш., Нематов Ш.У., Юсупов Н.З.

Электротехнические материалы характеризуется определенными свойствами по отношению к электромагнитному полю и используются в технологиях.

На практике разные материалы сталкиваются с воздействием как электрических, так и магнитных полей, а также с их комбинацией.

В последнее время условия, при которых используются материалы в электрических устройствах, радиоэлектронной аппаратуре и средствах автоматизации, стали значительно жесткими. Во многих электронных устройствах требуется создание компонентов маленьких размеров и размещение множества компонентов в очень ограниченных объемах (миниатюризация и микроминиатюризация), что также требует преодоления больших трудностей, но иного порядка, в частности использование материалов с низким углом потерь, так как уменьшение массы и габаритов изделий в микроминиатюрном виде связано с минимизацией мощности устройства в целом.

В последние годы открыты новые виды диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых и магнитных материалов, обладающих особыми, ранее неизвестными или малоизученными свойствами. На основе этих материалов могут быть изготовлены принципиально новые электротехнические устройства и радиоэлектронные аппараты.

Среди них можно выделить многочисленные полупроводниковые приборы; различные твердые схемы; разнообразные нелинейные конденсаторы и резисторы с параметрами, регулируемые бесконтактными способами; различные сегнетоэлектрические, пьезоэлектрические и пирозэлектрические устройства; выпрямители, усилители, стабилизаторы напряжения, преобразователи энергии, запоминающие ячейки; электретные и фотоэлектретные приборы; устройства электрографии, электролюминесцентные приборы; квантовые генераторы и усилители-лазеры и др.; жидкие кристаллы; ферритные устройства, в том числе устройства для изменения плоскости поляризации волны в технике сверхвысоких частот; датчики Холла; термоэлектрические генераторы с высоким КПД; аппаратура голографии и многие другие аппараты, и приборы современной новой техники.

Несмотря на большое число проведенных исследований, задача взаимодействия тонкостенных элементов, таких как оболочки и пластины с электромагнитным полем еще не решена окончательно. Будущие исследования в этой области, безусловно, позволят обнаружить новые эффекты.

В большинстве работ взаимодействие упругих тел с электромагнитным полем рассматривается в линейной постановке без учета анизотропной электропроводности, магнитной и диэлектрической проницаемости.

В электромеханике описание деформирования твердых тел основывается на различных физических механизмах и моделях взаимодействия электромагнитного поля с механическими деформациями.

При анализе изменений деформированного состояния под воздействием механических, электрических и магнитных факторов необходимо учитывать механические уравнения теории деформирования [1–5] в сочетании с уравнениями электромагнитного поля.

Исследовано поведение токонесущей оболочки в зависимости от изменения внешнего нормального составляющего магнитной индукции B_{z0} . Показано, что с изменением внешней нормальной составляющей магнитной индукции, происходит существенное изменение напряженного состояния оболочки и ее электромагнитного поля.

Выявлено, что с увеличением магнитной индукции прогиб оболочки уменьшается. Увеличение индукции внешнего магнитного поля приводит к уменьшению величины механических напряжений оболочки.

Список источников

1. Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред. М.: Мир, 1991. 560 с.
2. Mol`chenko L.V., Loss. I.I., Indiaminov R.SH. Stress-Strain State of Flexible Ring Plates of Variable Stiffness in a Magnetic Field // International Applied Mechanics. 2009. Vol. 45, No.11. P. 1236–1242.
3. Mol`chenko L.V., Loss. I.I., Indiaminov R.SH. Determining the Stress State of Flexible Orthotropic Shells of Revolution in Magnetic Field // International Applied Mechanics. 2008. Vol. 44, N. 8. P. 882–891.
4. Indiaminov R.SH. On the absence of the tangential projection of the Lorenz force on the ax symmetrical stressed state of current-carrying conic shells // International Journal Computational Technologies. 2008. Vol. 13, N. 6. P. 66–78.

Сведения об авторах

¹*Индиаминов Р.Ш.*, ²*Нематов Ш.У.*, ³*Юсупов Н.З.*

^{1,3}*Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми, Самарканд, Узбекистан*

²*Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова, Самарканд, Узбекистан*

¹*r_indiaminov@mail.ru*

²*shuhratnematov19811981@gmail.com*

³*yusupovnuriddin25041993@gmail.com*

УДК 517.956.45

ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СРЕД И МЕТОДЫ ИХ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА

Ошхунов М.М.

Посвящается памяти моего учителя, выдающегося специалиста в области прочности, профессора мехмата МГУ Быкова Дмитрия Леонидовича

Аннотация. В работе дается обзор известных физически нелинейных моделей механики деформируемых сред, анализируются условия их корректности, в частности, исследуются условия сходимости итерационных процессов для решения возникающих нелинейных задач.

Ключевые слова: физически нелинейные модели, условия минимума потенциальной энергии и дополнительной работы, метод упругих решений, метод переменных параметров упругости, тензорные полиномы

Рассмотрим проблемы расчета на прочность конструкций, выполненных из материалов с явно выраженными физически нелинейными свойствами, т.е. материалов, для которых закон Гука нарушается даже при малых деформациях. Дадим краткий обзор существующих теорий.

Главная квазилинейная теория упругости. В этом случае связь между тензором напряжений и деформаций дается формулой

$$s_{ij}(t) = \int_0^t \Gamma(t-\tau) e_{ij}(\tau) d\tau - \int_0^t \Gamma_\phi(t-\tau) \phi(\theta, e) e_{ij}(\tau) d\tau,$$

$$\sigma(t) = \int_0^t \Gamma_1(t-\tau) \theta(\tau) d\tau - \int_0^t \Gamma_\psi(t-\tau) \psi(\theta, e) \theta(\tau) d\tau.$$

Стационарные физически нелинейные модели. Модель А.А. Ильюшина является, по-видимому, первой моделью в СССР для описания пластических свойств металлов. В этом случае модуль сдвига отклоняется от упругого значения по закону

$$G^* = G(1 - \mathcal{W}(e)),$$

где e – интенсивность деформаций.

Двухинвариантная модель Д.Л. Быкова. В этом случае определяющие законы имеют вид

$$\sigma_{ij} = K^* \left(1 - \phi(\theta, e) \right) (\theta - 3\alpha I) \delta_{ij} + 2G^* (1 - \psi(\theta, e)) \left(\varepsilon_{ij} - \frac{\theta}{3} \delta_{ij} \right)$$

Условия сходимости методов последовательных приближений были получены в работе [1].

Трехинвариантные модели Ошихунова М.М. В этом случае связь между тензором напряжений и деформацией в виде полинома имеет вид

$$\sigma_{ij} = \varphi_0 \delta_{ij} + \varphi_1 e_{ij} + \varphi_2 e_{ik} e_{kj} + \dots \quad i, j, k = 1, 2, 3.$$

Условия корректности общей полиномиальной связи для построения физически нелинейных моделей, получены в работе [2].

Список источников

1. Быков Д.Л. Некоторые методы решения нелинейных задач пластичности // Упругость и неупругость. 1975. № 4. С.78–82.
2. Oshkhunov M.M., Ozden S. The condition of minimum potential energy and Castiliano`s functional in non-linear media // International jornal. «Non-linear mechanics». 38 (2003). P. 71–77.

Сведения об авторе

Ошхунов Муаед Музафарович

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия, muaed@inbox.ru

СЕКЦИЯ 5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОМЕХАНИКЕ, ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.6:004.942

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕНАЖЕРНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЯЮЩЕГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Хацукова М.М., Яхутлов М.М., Черкесов Т.Ю.

Математическое моделирование и компьютерные технологии стали неотъемлемой частью современного спорта, играя значительную роль в повышении эффективности тренировочного процесса, развитии спортивных навыков и улучшении результатов соревнований. Математическое моделирование позволяет анализировать и прогнозировать спортивные процессы, оптимизировать тренировочные нагрузки и создавать индивидуализированные программы для каждого спортсмена.

Компьютерные программы облегчают сбор и обработку данных, позволяют визуализировать результаты тренировок, улучшать технику выполнения упражнений и способствуют более точному контролю за физическими показателями спортсменов. Кроме того, использование компьютерных программ в спорте способствует инновационному развитию и повышению конкурентоспособности в спортивной сфере.

Цель исследования: повышение эффективности тренировки в условиях тренажерного устройства управляющего силового воздействия за счет применения программного обеспечения, разработанного на основе математической модели движения его узлов и механизмов, а также индивидуальных особенностей занимающихся

Задачи исследования:

1. Разработать математическую модель физической нагрузки создаваемой тренажерным устройством управляющего силового воздействия [1, 2] с учетом его применения в различных двигательных действиях.

2. На основе математической модели разработать программное обеспечение для оптимизации процесса применения переменных режимов сопротивления тренажерного комплекса.

Результаты исследования. Построенные математические модели узлов переменного сопротивления тренажерного устройства управляющего силового воздействия путем решения нелинейного дифференциального уравнения, позволяют, в зависимости от целей тренировки выбирать тип

узла переменного сопротивления и нужный режим задаваемого силового воздействия тренажерным устройством, а также количественно оценить возможные параметры нагрузок на человека в процессе выполнения упражнений.

Разработанная компьютерная программа предназначена для оптимизации процесса применения тренажерного устройства управляющего силового воздействия.

Программа дает возможность организовать индивидуальный тренировочный процесс с применением различных переменных режимов сопротивления, создаваемых тренажерным устройством управляющего силового воздействия. Она наглядно представляет положение рычага (рычагов) узла переменного сопротивления, входящего в конструкцию тренажерного устройства, который позволяет изменять режим выполнения упражнений. Программное обеспечение также выдает рекомендации по режиму создаваемого сопротивления в зависимости от антропометрических данных занимающегося и выбранного упражнения. Программа позволяет вести индивидуальный дневник тренировки, отражающий количество повторений упражнений, выполненную работу, мощность на одной тренировке и цикле тренировок, а также отслеживать динамику тренировочного процесса.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований РАН № FMFR-2024-0040

Список источников

1. Черкесов Ю.Т. и др. Устройство для тренировки тяжелоатлетов. Авторское свидетельство SU 1673142 A1, 30.08.1991. Заявка № 4676636 от 14.02.1989

2. Черкесов Ю.Т. и др. Безынерционная машина управляющего воздействия для прыжковых и тяжелоатлетических упражнений // Российский журнал биомеханики. 2004. Т. Н. С.187.

Сведения об авторах

¹*Хацукова Марита Мухамедовна, ²Яхутлов Мартин Мухамедович, ³Черкесов Тимур Юрьевич*
^{1,2,3}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

Автор, ответственный за переписку: Яхутлов Мартин Мухамедович, martin_yah@mail.ru

СЕКЦИЯ 6

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 51.33

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ МНОГОЭТАПНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СОКА НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ

Абдихалилов Улмасжон Улфат угли

Одной из важнейших задач современности является обеспечение сельскохозяйственной безопасности населения через развитие и совершенствования аграрного сектора и обеспечения населения качественной сельскохозяйственной продукцией. Важным вопросом остается реализация инвестиционных проектов, направленных на максимальную переработку сельскохозяйственной продукции, строительство перерабатывающих заводов, оснащенных современным высокотехнологичным оборудованием для производства полуфабрикатов, готовых пищевых продуктов и упаковочных материалов, а также реконструкция и модернизация существующих предприятий [1].

В статье изучен рабочий процесс плодоперерабатывающего завода «Дармон Фарм» в Кашкадарьинском Яккабогском районе, используемые при производстве соков [2, 3]. Изучена технология производства соков и компотов. Технология производства сока состоит из следующих операций: приемка урожая, промывка, проверка, отжим, очистка сока, температурная обработка, фильтрация, розлив, укупорка, стерилизация, маркировка, хранение (см. *рисунок 1*).

При приемке плодов прежде всего оценивается качество урожая, состояние и размер плодов. Для анализа используется средняя проба (4–15 кг). Существуют механизированные системы для выгрузки и транспортировки фруктов.

На этапе промывки сырья плоды подвергаются очистке от минеральных или органических поверхностных загрязнений. Большая часть загрязнений происходит из-за пыли, а также химикатов, используемых при выращивании фруктов. Необходимо эффективно удалить механические загрязнители, микроорганизмы и пестициды с поверхности плодов. Плоды и овощи поступают на переработку в контейнерах, ящиках или грузовых автомобилях и помещаются в приемный бункер, заполненный на 1/3 во-

дой. В бункере плоды промываются и очищаются от случайно попавших тяжелых частиц, таких как камни, комки земли и т. п.).

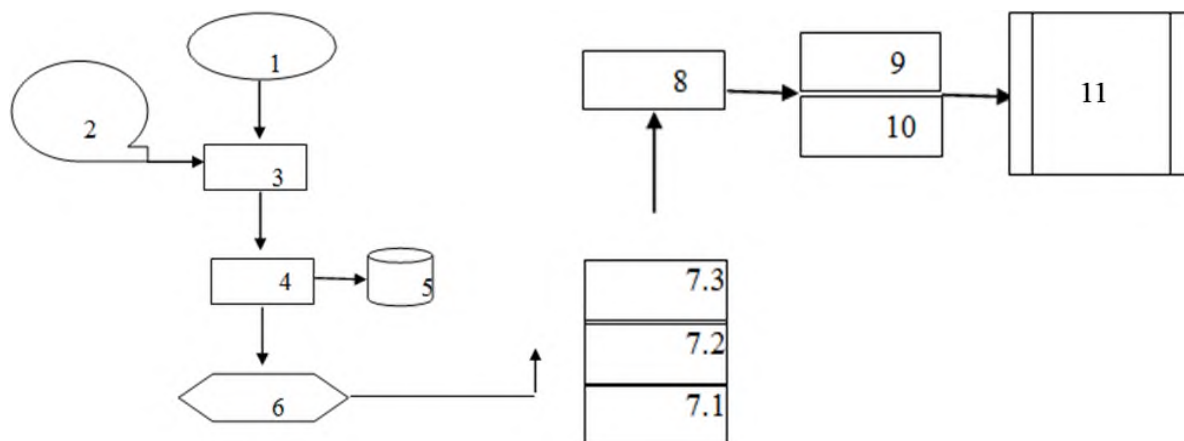


Рисунок 1 – Алгоритм выполнения процесса производства яблочного сока на заводе:

1 – прием фруктового урожая; 2 – вода; 3 – мойка; 4 – контроль состояния фруктов; 5 – остаточные отходы; 6 – экстракция ($P=1-2,5$ МПа); 7.1 – температурная стабильность ($t_n=800$ °С, $t_{ох}=150-200$ °С), 7.2 – период фильтрации $t=10$ °С, 7.3 – полуфабрикаты; 8 – запросы; 9 – стерилизация; 10 – маркировка (ярлык); 11 – хранение

Основным методом получения фруктовых соков на производстве является метод прессования – как периодического, так и непрерывного [2].

Во время прессования плоды подвергаются постепенно увеличивающемуся давлению, в результате чего выделяется сок. Платформа с сырыми фруктами помещается под компактор, где применяется гидравлический поршень, постепенно наращивающий давление. Оно повышается до 2,5 МПа и удерживает его в течение 5 мин. За 10 мин до выделения сока платформа убирается для разгрузки, а общее время прессования составляет 15–20 мин.

Жидкая фаза продукта разделяется на химические и физические коллоидные свойства. Для того чтобы изделие стало более гладким и мягким, его необходимо обработать физико-механическими свойствами. К ним относятся фильтрация, отстаивание, центробежное центрифугирование, электросепарация и обработка ферментами бентонитовой глины. Биохимические и физико-химические изменения сока происходят под воздействием, обработка продукта с изменением температуры и как она изменяется под влиянием температуры, учитываются, то есть включаются термические методы (немедленный нагрев, замораживание и оттаивание). Химические реагенты обогащают сок натуральными веществами. Продукцию упаковывают в хорошо вымытую (банку) тару. При этом каждая из

них заполняется фиксированным количеством продукта (нормативная норма измерения допускается менее 2 %...) [4].

При розливе в 3-литровые банки температура сока составляет 90–95 °С. Приведены условия и сроки хранения готового продукта, которые должны соответствовать стандартам. Условия и сроки хранения продукции зависят от вида плода и вида тары.

Список источников

1. Экпёньонг Э.Э., Пиотровский Д.Л. Исследование и выбор технических характеристик автоматизации процесса производства ананасового сока.

2. Экпёньонг Э.Э., Пиотровский Д.Л. // Научный журнал КубГАУ. Краснодар: КубГАУ.

3. Экпёньонг Э.Э., Пиотровский Д.Л. Математическая модель процесса нарезки ананасов элементарным // Известия высших учебных заведений. Пищевые технологии.

4. Гафуров Ю., Якубов М.С. Автоматизация процессов производства стекольной промышленности и уменьшение финансовых потерь // Модернизация систем местного управления: зарубежный опыт и реформы в Узбекистане: сборник материалов международной научно-практической конференции. Ташкент, 2017 год, 14 июня. С. 301–305.

Сведения об авторе

^{1,2}*Абдихалилов Улмасжон Улфат угли*

¹*Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан, almazjonulfatov@gmail.com*

²*Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми, Ташкент, Узбекистан*

УДК: 519.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛОБАЛЬНЫЕ ПО СНИЖЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ ОСЕДАЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Виндижева А.О., Бекалдиева З.С., Тохова Д.У.

В работе дается анализ экономической оценки эффективности мероприятий по снижению токсичности автомобильных двигателей при использовании новой техники и технологии. Экономическая оценка этих ме-

роприятий заключается в соизмерении результатов, достигнутых для предотвращения ущерба от загрязнения атмосферы выбросами автомобилей, с необходимым санитарно-гигиеническим эффектом при минимальных затратах на его достижение [1].

Годовой экономический эффект от создания и внедрения техники с улучшенными токсическими показателями в соответствии с методикой, определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \left[\mathcal{Z}_1 \cdot \frac{a_2 \cdot b_2}{a_1 \cdot b_1} \cdot \frac{p_1 + E_n}{p_2 + E_n} + \frac{(u'_1 - u''_1) - E_n \cdot (k''_2 - k'_1)}{p_2 + E_y} - \mathcal{Z}_2 \right], \quad (1)$$

где $\mathcal{Z}_1$ и $\mathcal{Z}_2$ – приведенные затраты на производство базового (индекс 1) снижения токсичности, руб.

В свою очередь, приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$\mathcal{Z} = C + E_n \cdot K, \quad (2)$$

где C – себестоимость единицы продукции (работы), руб.; K – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности ($E_n = 0,15$).

Экономическая эффективность от снижения токсичности двигателей оценивается как разница между предотвращенным ущербом и затратами на его устранение:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \Delta Y_i - I(\mathcal{Z} + \Delta K \cdot E_n) \pm \Delta H I, \quad (3)$$

где ΔY – снижение годового ущерба от ограничения выбросов в атмосферу, руб.;

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n Y_{ydi} - (G_i^1 - G_i^2), \quad (4)$$

где G_i^1 и G_i^2 – годовые выбросы каждого компонента до и после внедрения средств снижения токсичности, тонн в год; Y_{ydi} – сумма снижения годового ущерба от ограничения выбросов в атмосферу для населенных мест каждой тонны i -го токсичного компонента, руб.

Несмотря на разнообразие и глубину методов качественного анализа математических моделей, их применение достаточно ограничено. Обычно

это либо простые, в основном линейные модели, либо отдельные фрагменты, более сложных, в том числе нелинейных моделей [2], [3]. Единственным универсальным способом исследования моделей является применение численных методов для нахождения приближенного решения поставленной задачи с помощью компьютерного моделирования.

Имея исходные данные можно рассчитать экономический эффект от снижения токсичности с помощью компьютерной модели. В ходе исследования построены модели для экономической оценки, эффективности мероприятий по снижению токсичности автомобильных двигателей, а также оценки этих мероприятий с использованием новых технологий и оборудования [3].

Для повышения наглядности и поддержки принятия решения была разработана компьютерная модель. Все необходимые данные для расчетов вводятся в форму, на основе которых вычисляются основные технико-экономические показатели. В рамках работы был выполнен вычислительный эксперимент. Эта компьютерная модель может быть применена на практике, а также использоваться в спецкурсах.

Список источников

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнений атмосферы. Л., 1985.
2. Вавилин В.А. Моделирование – метод исследования при решении задач регионального мониторинга. Л.: Гидрометиздат, 1987.
3. Тхабисимова М.М. и др. Применение информационных технологий при моделировании уровня загрязненности атмосферы выбросами из низких источников. Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 15.09.2020 г.

Сведения об авторах

¹*Виндижева Альбина Олеговна*, ²*Бекалдиева Залина Султановна*,
³*Тохова Динара Умарбековна*

^{1,2,3}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

¹*vindig1980@mail.ru*

³*Zalia-777@yandex.ru*

⁴*dinara07tohova@gmail.com*

КОМПЛЕКС ОНЛАЙН-КУРСОВ ДЛЯ МЕНЕДЖЕРОВ

Казиев В.М., Казиева Б.В.

В работе анонсируется комплекс онлайн-курсов, разработанный для MBS Московской Бизнес Школы (www.mbschool.ru) на протяжении двух лет.

В частности, разработаны следующие курсы:

Управление изменениями в цифровой организации.

ИТ в бизнесе.

Информационно-аналитическое обеспечение безопасности бизнеса.

Информационная поддержка принятия решений руководством.

Информационная безопасность бизнес-компании и ее обеспечение.

Продвижение бизнеса в социальных сетях.

Инструменты оценки эффективности ИТ-решений.

e-Commerce (B2C, B2B).

Введение в риск-менеджмент.

Введение в системный бизнес-инжиниринг.

Каждый курс структурирован следующим образом: Введение, Главы (с делением на параграфы), Заключение и Список источников (использованная и рекомендуемая для чтения). Контент курсов рассчитан на высоконагруженное обучение и включает примеры и иллюстрации, созданные авторами, или с использованием сервиса «Шедевр» от Яндекса, а также из gif-стоков свободного доступа.

В качестве примера рассмотрим содержание курса 1, охватывающих 51 страницу и рассчитанное на 10–12 часов изучения.

Глава 1. Парадигмы управления цифровыми изменениями организации.

Базовые принципы управления трансформациями в организации

Базовые парадигмы Agile, SMART, Lean, Data*, Crowd*, KPI

Глава 2. Подсистемы системы управления цифровой системой.

Управление человеческим и интеллектуальным капиталом

Управление временем и персоналом

Управление инновациями и финансами

Управление маркетингом

Управление инфраструктурой

Ниже приведены фрагменты курса из параграфа 1.2 (Data*).

Разнообразие множества данных, а также их метрик могут, как помочь, так и затруднить диагностику сложных процессов. Упорядочить

данные могут специалисты в области Data Scientist.

Пример. Data Mining – добыча связей, отношений в данных, не лежащих на поверхности, Big Data – большие данные, массивы структурированных или неструктурированных данных, получаемых из различных источников, баз данных с различным форматом. Data Analytics – аналитика данных, методология актуализации (анализа) данных. Data Engineer готовит тестовые данные (датасет) из хранилищ, чтобы дата-аналитик исследовал их, затем дата-инженер масштабирует лучшее решение на «мощный» набор данных.

Дата Engineer должен обладать соответствующими компетенциями и инструментами (рисунки 1).

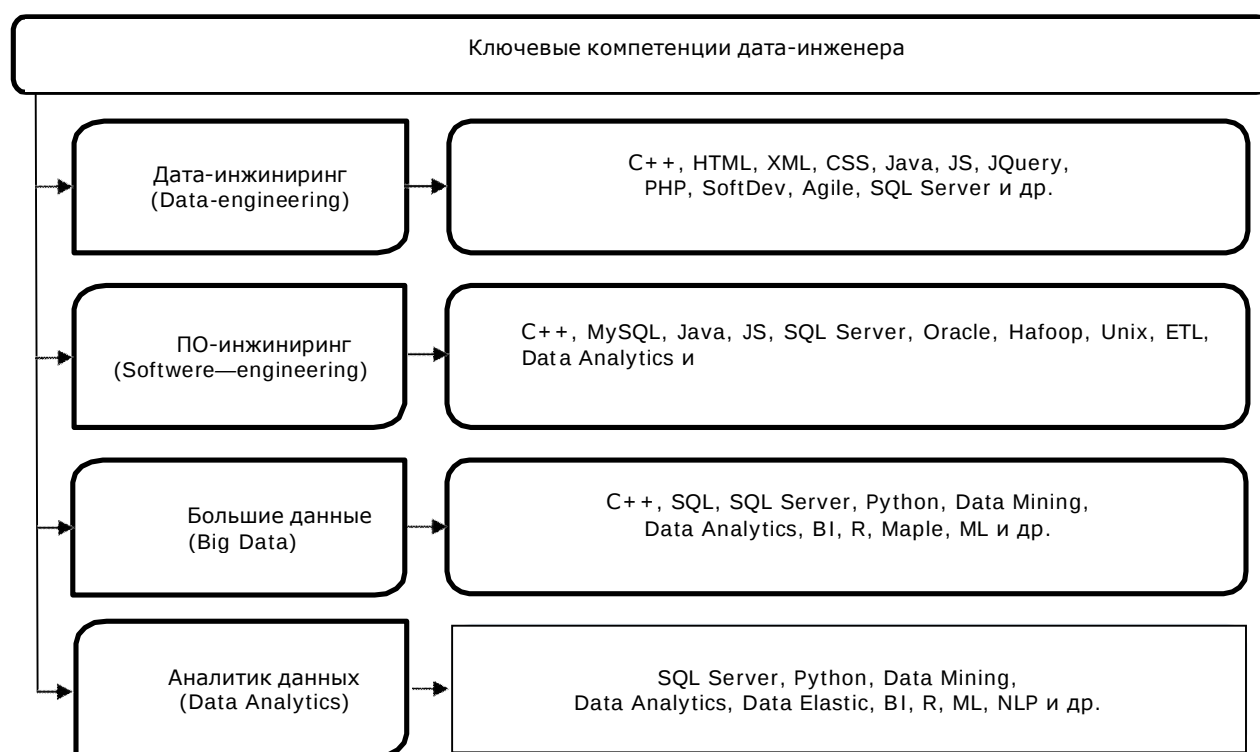


Рисунок 1 – Компетенции дата-инженера (авторский рисунок)

Сведения об авторах

¹Казиев Валерий Муаедович, ²Казиева Бэлла Валерьевна

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М.

Бербекова, Нальчик, Россия

¹studkvm@mail.ru

²bella_kazieva@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ЗАЕМЩИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Киселева И.А., Трамова А.М.

Технологический прогресс и изменяющиеся потребности клиентов ставят перед коммерческими банками новые задачи, требующие пересмотра и улучшения методов предоставления их услуг. Большинство финансовых операций в настоящее время осуществляется через электронные системы и онлайн-платформы, что открывает новые возможности для сбора, хранения и анализа больших данных, повышает эффективность и точность оценки кредитоспособности, тогда как традиционные методы оценки, основанные на финансовой истории и кредитных отчетах, имеют свои ограничения и не всегда дают полную картину о заемщике.

Использование цифровых технологий также сокращает время и снижает затраты на оценку кредитоспособности. Автоматизация сбора и анализа данных ускоряет процесс. Ожидается, что дальнейшее развитие алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта поможет создать более точные модели оценки кредитоспособности, учитывающие различные факторы, что позволит предсказать будущую платежеспособность заемщиков и рассчитывать кредитные риски [2].

Существует два способа оценки кредитного риска заемщиков, а именно – качественный и количественный. Первый опирается на знания и опыт аналитиков банка и включает методы, основанные на интуиции (экспертные оценки), а второй предполагают получение объективной количественной оценки риска с использованием статистических данных, данных о хозяйственной деятельности конкретных заемщиков. Выбор метода оценки связан с кредитной стратегией и приоритетными требованиями банка к моделям оценки.

Используется комбинированный метод, состоящий из нескольких качественных и количественных методов, при этом современные цифровые технологии значительно расширили перечень инструментов, использование которых позволяет определить возможности потенциальных заемщиков.

Современные банковские системы оценки кредитоспособности заемщиков представляют собой сложный технологический комплекс, где каждая методика занимает определенную нишу в зависимости от типа кредитного продукта и характеристик заемщика (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Современные инструменты оценки кредитоспособности заемщика

Технология	Характеристика	Практическое применение
Скоринг	Статистическая модель, основанная на линейных алгоритмах, присваивающая заемщику числовой балл на основе финальных параметров	Используется для первичной оценки риска при массовом кредитовании (например, кредитные карты, экспресс-кредиты)
Андеррайтинг	Комплексный анализ финансового состояния заемщика с применением экспертных правил и регламентов	Применяется в корпоративном кредитовании, ипотеке и других сложных продуктах с высокими суммами
Big Data	Обработка больших массивов структурированных и неструктурированных данных из альтернативных источников (соцсети, транзакции, геоданные)	Позволяет ценивать платежеспособность клиентов с недостаточной кредитной историей
Кредитный конвейер	Автоматизированная система последовательной обработки заявок с интеграцией скоринга, АML-проверок и документооборота	Оптимизирует процесс рассмотрения заявок, сокращая время принятия решений
Нейронные сети	Алгоритмы глубокого обучения, способные выявлять сложные нелинейные зависимости в данных	Используются для прогнозирования дефолтов на основе исторических данных макроэкономических факторов

В свою очередь, нейросетевые алгоритмы и методы машинного обучения, безусловно, представляют собой наиболее совершенный инструмент для прогнозирования кредитных рисков, способный выявлять сложные нелинейные зависимости. Их практическое применение сталкивается с рядом ограничений, включая необходимость наличия обширных исторических данных для обучения моделей и высокие требования к вычислительным ресурсам. Data mining, в свою очередь, предлагает более доступные методы выявления скрытых закономерностей, которые могут быть успешно применены для сегментации клиентской базы и выявления потенциально проблемных заемщиков даже в условиях ограниченного объема данных.

В последние годы цифровая трансформация играет решающую роль в изменении динамики кредитного рынка: внедрение новых технологий и развитие финтех-сектора значительно упростили процесс получения кредитов и управления финансами, что способствует росту доступности кредитования. К современным инструментам кредитоспособности заемщиков относят: Скоринг; Андеррайтинг; Big Data; Кредитный конвейер; Нейронные сети [3].

Список источников

1. Кох Ю.В., Добромыслова В.А. Об организации кредитования в условиях цифровизации экономики // Неделя науки СПбГМУ. 2021. № 1–1.
2. Маркова О.М. Трансформация деятельности банков в парадигме экосистем: риски и возможности финансовых технологий // Банковские услуги. 2023. № 6. С. 21–28.
3. Мишин Н.В. Скоринговая оценка кредитоспособности заемщика // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 33. С. 767–771.

Сведения об авторах

¹*Киселева Ирина Анатольевна*, ²*Трамова Азиза Мухамадияевна*

^{1,2}*РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия*

¹*Kia1962@list.ru*

²*G.tramova@yandex.ru*

УДК 330.322

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ

*Кудаева Ф.Х., Бишенов А.А., Нораллиев Н.Х.,
Романченко О.В., Куковица Е.Н.*

В распоряжении имеются данные о фактических инвестициях по отраслям экономики Кабардино-Балкарии за 2018, 2019, 2020 годы, которые должны быть распределены между отраслями экономики, таким образом чтобы увеличить поступление налогов и платежей в консолидирующий бюджет РФ на территории КБР.

Каждый из отраслей экономики O_i , $i=1,2,...,m$ при вложении в него инвестиций INV_i , $i=1,2,...,m$ приносит доход, зависящий от x , который

представляется функцией $f_i(x)$, $i=1,2,...,m$, и определяется по формуле

$$f_i(x) = k_i * INV_i, \quad i=1,2,...,m, \quad k_i = \frac{N_i}{INV_i}, \quad i=1,2,...,m, \quad (1)$$

где N_i , $i=1,2,...,m$ – налоги, k_i – функция эффективности вложения инвестиции в i -й сектор экономики.

Допустим, что S – управляемая система [1] (инвестиции), которые распределяются между отраслями экономики КБР, определяемая по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n INV_i, \quad (2)$$

где n – количество инвестиций, совпадающее с количеством отраслей экономики.

Состояние системы S перед каждым этапом характеризуется одним числом – количеством нераспределенных инвестиций. Требуется найти такую совокупность чисел $x_1, x_2, ..., x_m$, т. е. количество инвестиций, направляемых в различные сектора экономики. Эти инвестиции должны быть распределены в зависимости от величины вложений инвестиций так, чтобы максимизировать доход, то есть увеличить поступления налогов и платежей в консолидирующий бюджет РФ по КБР.

Таким образом, математическая модель распределения инвестиций для максимизации общей суммы налогов, поступающих в бюджет РФ по КБР, имеет вид

$$W = \sum_{i=1}^m k_i x_i \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_i \in S, \quad S = \sum_{i=1}^n INV_i; \quad (4)$$

$$x_i \geq 0, \quad i=1,...,n, \quad (5)$$

где $f_i(x) = k_i * INV_i$, $i=1,2,...,m$, $k_i = \frac{N_i}{INV_i}$, $i=1,2,...,m$, N_i , $i=1,2,...,m$ –

налоги, k_i – функция эффективности вложения инвестиции в i -й сектор экономики, m – количество секторов экономики, W – общая сумма налогов, поступающая в бюджет РФ по КБР от всех отраслей экономики.

Будем считать, что функция эффективности неубывающая, поэтому перед распределением инвестиций проводим сортировку данных по возрастанию. Далее предлагаемый вариант распределения округляем до ближайшего целого [2–4]. Распределение инвестиций осуществляется по правилу обратных приоритетов. В соответствии с данным механизмом распределение инвестиций осуществляется по формуле [5]

$$x_i = \min\{INV_i, g \frac{k_i}{INV_i}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

где g – параметр, который играет роль нормировки, подбирается таким образом, чтобы при исходных данных и функциях приоритета весь ресурс распределялся полностью, и определяется из условия

$$\sum_{i=1}^n x_i = S, \quad (7)$$

откуда

$$g = \frac{S}{\sum_{i=1}^n x_i}. \quad (8)$$

Наряду с размерами распределенных инвестиций INV_i , $i = 1, 2, \dots, m$, при распределении учитываются приоритеты каждого сектора экономики, который определяется числом k_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

Максимум достигается в точке, являющейся решением уравнения

$$INV_{i \max} = \sqrt{g k_i}. \quad (9)$$

Таким образом, получаем

$$INV_{1 \max} = \sqrt{g k_1}, \quad INV_{2 \max} = \sqrt{g k_2}, \dots, INV_{n \max} = \sqrt{g k_n}. \quad (10)$$

Из (10) следует

$$x_1 = INV_{1 \max}, \quad x_2 = INV_{2 \max}, \dots, x_n = INV_{n \max}. \quad (11)$$

Вычислим теперь константу g :

$$S = \mathop{\mathring{a}}\limits_{i=1}^n x_i = \mathop{\mathring{a}}\limits_{i=1}^n INV_{i \max} = \mathop{\mathring{a}}\limits_{i=1}^n \sqrt{g k_i} . \quad (12)$$

Из (12) имеем

$$\sqrt{g} = \frac{S}{\mathop{\mathring{a}}\limits_{i=1}^n \sqrt{k_i}} . \quad (13)$$

Оптимальное распределение инвестиций получается по формуле

$$x_i^* = g \sqrt{x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n . \quad (14)$$

Далее налоговые поступления вычисляем по формуле

$$N_i^* = x_i^* k_i, \quad i = 1, 2, \dots, n . \quad (15)$$

Общая сумма налоговых поступлений определяем по формуле

$$W_{\max} = \mathop{\mathring{a}}\limits_{i=1}^n N_i^* . \quad (16)$$

Результаты расчета показали, что при вложении инвестиций в размере 59752,2 млрд руб., вместо 45299,4 млрд руб. в консолидирующий бюджет РФ на территории КБР поступит 68707,16 млрд руб, что на 23407,76 млрд руб. больше, чем до распределения.

Список источников

1. Шохина А.В. Механизмы прямых и обратных приоритетов распределения денежных средств на этапе планирования размещения заказов // Вестник Российской таможенной академии. 2012. № 3. С.118–124.
2. Морозов В.В. Теория игр и исследование операций. М.: ВМК МГУ. С. 144.
3. Мицель А.А. Методы оптимизации: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. 68 с.
4. Панкратов Е.Л., Булаева Е.А., Болдыревский П.Б. Введение в экономико-математическое моделирование: учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 113 с.
5. Левченко С.П., Зимин В.В., Кулаков С.М. Применение принципа обратных приоритетов для распределения ресурсов при управлении жизненным циклом ИТ-сервисов. 2009. С. 201–204.

Сведения об авторах

¹*Кудаева Фатимат Хусейновна*, ²*Бишенов Азрет Алиевич*,
³*Нораллиев Нурилла Хайдаралиевич*, ⁴*Романченко Ольга Викторовна*,
⁵*Куковица Елена Николаевна*

^{1,2}*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия*

³*Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Узбекистан*

^{4,5}*РЭУ им. Г.В. Плеханова, Россия, Москва, Россия*

Автор, ответственный за переписку: Кудаева Фатимат Хусейновна, kfatimat@yandex.ru

УДК 004.057.2

МЕХАНИЗМЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ БАНКОВ РФ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Овчаренко А.А.

Актуальность. Современные санкционные ограничения и волатильность геополитической среды ставят перед российскими банками задачу обеспечения технологической устойчивости. По оценкам Банка России, на начало 2025 г. отечественные решения покрывали лишь 60–70 % критически важных сервисов, тогда как значительная часть инфраструктуры продолжает функционировать на базе зарубежного ПО, что повышает системные риски [3]. Учитывая тенденцию ужесточения экспортного контроля и возможных перебоев с поддержкой иностранных продуктов, импортозамещение становится ключевым фактором обеспечения непрерывности банковских операций и информационной безопасности.

При исследовании поставленной задачи был использован интегративный подход. Впервые в рамках одного исследования объединены три группы источников: научные публикации, отраслевые аналитические отчёты и нормативно-правовые акты, что позволило дать многоаспектную оценку проблематики.

Для выявления реального вклада технических, организационных и нормативных барьеров применён метод триангуляции, объединяющий данные из трёх независимых источников [1, 2, 4].

Разработана авторская блок-схема (рисунки 1) пятиэтапного алгоритма перехода на отечественные решения: диагностика, стратегия, модернизация, обучение кадров, мониторинг и адаптация.



Рисунок 1 – Схема пятиэтапного алгоритма перехода на отечественные решения

Основная цель исследования – сформировать целостную модель механизмов и препятствий импортозамещения ИТ-инфраструктуры российских банков и на её основе выработать практические рекомендации, способные ускорить цифровую трансформацию и повысить технологическую независимость финансового сектора.

Рекомендации. Ввести единые отраслевые стандарты совместимости ключевых компонентов ИТ-инфраструктуры. Запустить государственно-частные образовательные программы для подготовки профильных специалистов по отечественному ПО. Установить поэтапное ужесточение требований к локализации ПО с учётом отраслевых рисков и возможностей банков.

Список источников

1. Импортозамещение трещит по швам из-за банков и древних инфраструктурных объектов // CNews. 06.09.2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2024-09-06_proval_vserossijskih_masshtabov
2. Петрова Ю. Банки попросили отложить отказ от зарубежного софта // Forbes.ru. 17.04.2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/finansy/510648-banki-poprosili-otlozit-otkaz-ot-zarubeznogo-softa>

3. НТЦ ИТ Роса. ОС Роса запустила первую программу подготовки специалистов для отечественного программного обеспечения. Официальный сайт НТЦ ИТ Роса, 22.05.2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosa.ru/os-rosa-zapustila-pervuyu-programmu-pod gotovki-specialistov-dlya-otechestvennogo-programmnogo-obespecheniya/](https://rosa.ru/os-rosa-zapustila-pervuyu-programmu-pod-gotovki-specialistov-dlya-otechestvennogo-programmnogo-obespecheniya/)

4. Газпромбанк, Rubytech. Импортозамещение ИТ-инфраструктуры в одном из крупнейших банков России. Global CIO, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://globalcio.ru/projectoftheyear/ list/44561/](https://globalcio.ru/projectoftheyear/list/44561/)

Сведения об авторе

Овчаренко Андрей Александрович

Университет «Синергия», Москва, Россия, ovcharenko@krot.name

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ
МАТЕМАТИКИ, ИНФОРМАТИКИ И МЕХАНИКИ**

**Сборник научных статей
VI Международной научной конференции**

Нальчик, «Каб.-Балк. ун-т», 2025.

Редактор *М.А. Ашхотова*
Компьютерная верстка *Н.И. Золотаревой*
Корректор *М.А. Ашхотова*

В печать _____ 2025. Формат 60х84 ¹/₁₆.
27,20 усл.п.л. 24,0 уч.-изд.л. Тираж 100 экз.
Кабардино-Балкарский государственный университет.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.