

ISSN 1694-6065

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ, АВТОМАТИКИ И
ГЕОМЕХАНИКИ НАН КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КОМИТЕТ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ КЫРГЫЗСТАНА



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ, ГЕОМЕХАНИКИ,
ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 60(2), 2025 г.

БИШКЕК-2025

Журнал издается с
января 2001 года

Выходит 4 раза в год

Учредители:
Институт
машиноведения,
автоматики и
геомеханики
НАН КР и ОО
“Комитет по
теоретической и
прикладной
механики
Кыргызстана”

Адрес редакции:
Кыргызская
Республика,
г. Бишкек,
ул. Скрыбина 23

тел:

+996 312 541 115,
+996 312 541 113,
+996 312 562 785,
+996 555 62 40 68

факс:

+996 312 541117

Журнал
зарегистрирован в
Министерстве
юстиции КР
Свидетельство
№ 2179 от 10.10.2024

ISSN 1694-6065

Подписано в печать
27.06.2025 г.

Тираж 200 экз.

Заказ

Отпечатано в
типографии
КГТУ им. И.
Раззакова

Рецензируемое научно-периодическое издание

Редакционная коллегия:

Главный редактор

Кожоголов К.Ч., академик НАН КР, д.т.н.,
профессор, k.kozhogulov@mail.ru

Ответственный секретарь:

Орозобекова А.К., к.ф.-м.н., с.н.с.,
oakk43@gmail.com

Члены редколлегии

Ахметов Б.С. - д.т.н., профессор (РК);

Бримкулов У.Н. - чл.-корр. НАН КР, д.т.н.,
профессор (КР);

Воробьев А.Е. - д.т.н., профессор (Россия).

Тлебаев М.Б. – д.т.н., профессор (РК)

Бийбосунов Б.И. - д.ф.-м.н., профессор (КР);

Рычков Б.А. - д.ф.-м.н., профессор (КР);

Жаманбаев М.Ж. - д.ф.-м.н., профессор (КР);

Чормонов М. Б. - д.ф.-м.н., профессор (КР);

Ершина А.К., -д.ф.-м.н., профессор (РК)

Бийбосунов А.И. - д.ф.-м.н. (КР);

Кабаева Г.Д. - д.ф.-м.н., профессор (КР);

Никольская О.В. - д.т.н. (КР);

Рыбин А.К. - д.ф.-м.н. (КР);

Абдиев А.Р. - д.т.н.

Тажибаев К.Т. - д.т.н., профессор (КР);

Курбаналиев А.Ы. - д.ф.-м.н. (КР)

Сулайманова С. М. - д.ф.-м.н., профессор

Материалы напечатаны с оригиналов авторов.
Журнал индексируется в библиографической
базе РИНЦ.

УДК 531

ББК 22.25

© Институт машиноведения, автоматике и
геомеханики НАН КР и Комитет по
теоретической и прикладной механике
Кыргызстана, 2025

УДК:371.693

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Сулайманова¹ С.М., Ишенбек кызы² М., Имирова³ М.

¹КНУ им. Ж.Баласагына, ² Министерство просвещения КР, ³Школа-комплекс «Давха»

Рассматриваются нейросетевые методы прогнозирования климатических временных рядов, включающих среднюю температуру воздуха, атмосферные осадки и выбросы CO₂, на примере Кыргызской Республики. Для прогнозирования использованы модели LSTM, GRNN, а также алгоритм XGBoost в целях сравнительного анализа. Построены прогнозы климатических показателей до 2050 года и выполнено сопоставление сценариев, формируемых различными моделями.

Ключевые слова: климатические временные ряды, нейросетевые методы, прогнозирование климата, LSTM, GRNN, XGBoost.

КЛИМАТТЫК УБАКЫТ КАТАРЛАРЫН НЕЙРОНДУК ТОРЧОЛОР МЕТОДДОРУ АРКЫЛУУ БОЛЖОЛДОО (КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МИСАЛЫНДА)

Сулайманова¹ С.М., Ишенбек кызы² М., Имирова³ М.

¹Ж.Баласагын атындагы КУУ, ² КР Агартуу министирлиги, ³«Давха» комплекс-мектеби

Кыргыз Республикасынын мисалында абанын орточо температурасын, атмосфералык жаан-чачынын көлөмүн жана CO₂ эмиссиясын камтыган климаттык убакыт катарларын болжолдоо үчүн нейрондук торчолор методдору каралат. Болжолдоо үчүн LSTM, GRNN моделдери, ошондой эле салыштырмалуу талдоо максатында XGBoost алгоритми колдонулган. Климаттык көрсөткүчтөрдүн 2050-жылга чейинки

болжолдоолору түзүлүп, ар кандай моделдер тарабынан түзүлгөн сценарийлер салыштырылды.

Баштапкы сөздөр: климаттык убакыт катарлары, нейрондук тармак ыкмалары, климатты болжолдоо, LSTM, GRNN, XGBoost.

NEURAL NETWORK METHODS FOR FORECASTING CLIMATE TIME SERIES (CASE STUDY OF THE KYRGYZ REPUBLIC)

Sulaimanova¹ S.M., Ishenbek² k M., Imirova³ M.

¹Kyrgyz National University named of J.Balasagyn, Ministry of Education of the Kyrgyz Republic, Davkha School Complex

Neural network methods for forecasting climate time series are examined using the Kyrgyz Republic as a case study. The study focuses on time series of mean air temperature, atmospheric precipitation, and CO₂ emissions. LSTM and GRNN models, as well as the XGBoost algorithm, are applied for comparative analysis. Forecasts of climate indicators up to 2050 are obtained, and the scenarios produced by different models are compared.

Keywords: climate time series, neural network methods, climate forecasting, LSTM, GRNN, XGBoost.

I. Изменение климата является одной из наиболее актуальных глобальных проблем, оказывающих существенное влияние на природные и социально-экономические системы. Для стран Центральной Азии, включая Кыргызскую Республику, характерна высокая климатическая чувствительность, проявляющаяся в росте средней температуры воздуха, изменении режимов атмосферных осадков и усилении климатической изменчивости.

Прогнозирование климатических временных рядов представляет собой сложную научную задачу вследствие их нелинейного характера, наличия структурных сдвигов и высокой межгодовой вариабельности. Традиционные статистические методы нередко оказываются недостаточно эффективными при моделировании таких процессов. В этой связи всё более широкое распространение получают нейросетевые и машинно-обучающие подходы, способные выявлять скрытые зависимости в данных без явного задания физической модели.

Настоящая работа направлена на исследование возможностей нейросетевых методов прогнозирования климатических временных рядов

на примере Кыргызской Республики. В рамках исследования выполнено построение и сравнение прогнозов средней температуры воздуха, атмосферных осадков и выбросов CO₂ с использованием моделей LSTM, GRNN и XGBoost, а также проведён анализ различий между полученными сценариями.

Вопросы анализа и прогнозирования климатических временных рядов, включая среднюю температуру воздуха, атмосферные осадки и выбросы парниковых газов, широко представлены в отечественных и зарубежных исследованиях. В фундаментальных работах по проблематике изменения климата отмечается устойчивая тенденция роста температуры воздуха и трансформация режимов осадков в условиях глобального потепления [1,2].

Ряд исследований посвящён анализу климатических изменений в регионах Центральной Азии, в том числе на территории Кыргызской Республики. В этих работах подчёркивается повышение среднегодовой температуры, рост климатической изменчивости и наличие региональных особенностей атмосферных осадков, что существенно осложняет задачи долгосрочного прогнозирования [3,4].

Отдельное направление исследований связано с анализом динамики выбросов CO₂ и их роли в формировании климатических изменений. В работах [5,6] показано, что временные ряды выбросов характеризуются структурными сдвигами, обусловленными социально-экономическими факторами, что требует применения методов, устойчивых к нестационарности данных.

В последние годы активно развиваются методы машинного обучения для прогнозирования климатических временных рядов. В исследованиях [6–8] показана эффективность алгоритмов градиентного бустинга и нейросетевых моделей при анализе нелинейных зависимостей временных рядов. Отмечается, что такие методы позволяют повысить точность прогноза по сравнению с традиционными статистическими подходами.

Обобщённые регрессионные нейронные сети (GRNN) рассматриваются как инструмент построения сглаженных прогнозов и оценки инерционной динамики временных рядов [8]. Преимуществом GRNN является отсутствие итеративного обучения и высокая устойчивость к шуму, однако данные модели обладают ограниченными возможностями экстраполяции долгосрочных трендов.

Таким образом, анализ существующих публикаций показывает, что, несмотря на значительное количество исследований, остаётся актуальной задача сравнительного анализа различных методов машинного обучения

применительно к региональным климатическим данным. Это определяет целесообразность использования и сопоставления моделей XGBoost, LSTM и GRNN для формирования альтернативных сценариев изменения климатических показателей, что и реализовано в настоящей работе.

Целью настоящей работы является построение и сравнение прогнозов средней температуры воздуха, атмосферных осадков и выбросов CO₂ с использованием алгоритмов XGBoost, LSTM и GRNN, а также анализ различий между полученными сценариями.

II. В работе использованы временные ряды средней температуры воздуха, годовых сумм атмосферных осадков и выбросов CO₂. Данные охватывают период длительностью около 100 лет для температуры и осадков и период с конца 1970-х годов для выбросов CO₂.

На этапе предварительной обработки выполнены:

- проверка данных на пропуски и аномальные значения;
- приведение данных к единому временному шагу;
- агрегация помесечных значений в среднегодовые показатели;
- нормализация данных для нейросетевых моделей.

Для прогнозирования временных рядов использован лаговый подход, при котором входной вектор формируется из нескольких предыдущих значений ряда.

III. Алгоритм XGBoost. XGBoost относится к классу ансамблевых методов градиентного бустинга над деревьями решений. Модель строится в виде суммы базовых моделей:

$$\hat{y} = \sum_{k=1}^K f_k(x_i),$$

где $f_k \in F$ — отдельные деревья решений.

Для повышения устойчивости долгосрочного прогноза выбросов CO₂ применён аддитивный подход, при котором временной ряд разлагается на трендовую и остаточную компоненты. Линейный тренд рассчитывается по последнему периоду наблюдений, а модель XGBoost используется для прогнозирования остаточной составляющей.

Модель LSTM. Долгая краткосрочная память (Long Short-Term Memory, LSTM) представляет собой рекуррентную нейронную сеть, предназначенную для работы с последовательными данными. Архитектура LSTM включает управляющие элементы (входные, выходные и забывающие ворота), что позволяет учитывать долгосрочные зависимости во временных рядах.

LSTM применяется для прогнозирования температурных рядов и позволяет моделировать нелинейные зависимости, однако чувствительна к объёму данных и параметрам обучения.

Обобщённая регрессионная нейронная сеть (GRNN). GRNN основана на методе ядерной регрессии и аппроксимирует условное математическое ожидание выходной переменной:

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \exp\left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2}\right)}{\sum_{i=1}^N \exp\left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2}\right)},$$

где σ — параметр сглаживания (ширина ядра).

GRNN не требует итеративного обучения и формирует сглаженные прогнозы, отражающие инерционную динамику системы.



Рис. 1 – Прогноз средней годовой температуры воздуха в Кыргызской Республике по модели XGBoost с линейной трендовой составляющей

IV. Рисунок 1 иллюстрирует динамику средней температуры воздуха и её прогноз до 2050 года. Полученные результаты свидетельствуют об устойчивом росте температуры, что согласуется с глобальными климатическими тенденциями.

Рисунок 2 показывает прогноз температуры, полученный моделью LSTM. Прогнозная кривая отражает нелинейный характер изменения температуры и демонстрирует более сглаженную динамику по сравнению с линейными методами.

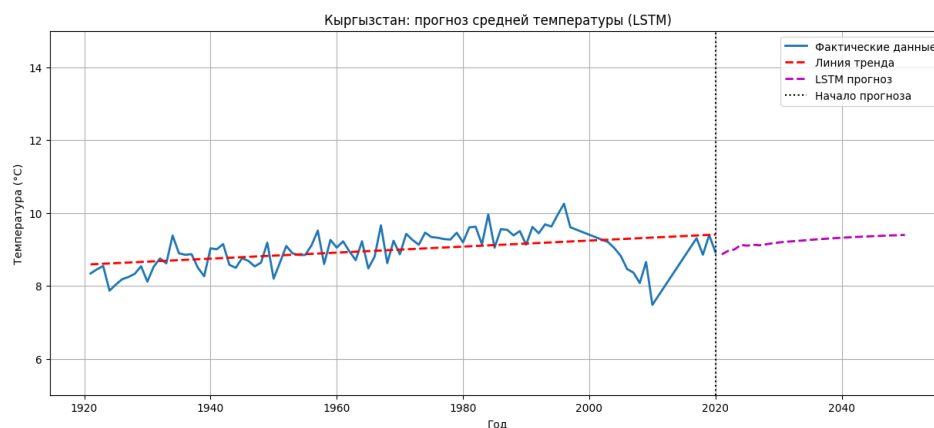


Рис. 2 – Прогноз средней годовой температуры воздуха в Кыргызской Республике по модели LSTM

На рисунке 3 представлено сопоставление прогнозных оценок средней годовой температуры воздуха, полученных с использованием моделей XGBoost и LSTM. Сравнение моделей показывает, что обе методики подтверждают сохранение повышенного температурного уровня в будущем, при этом XGBoost воспроизводит более выраженную межгодовую вариабельность, тогда как LSTM формирует более сглаженный прогноз.

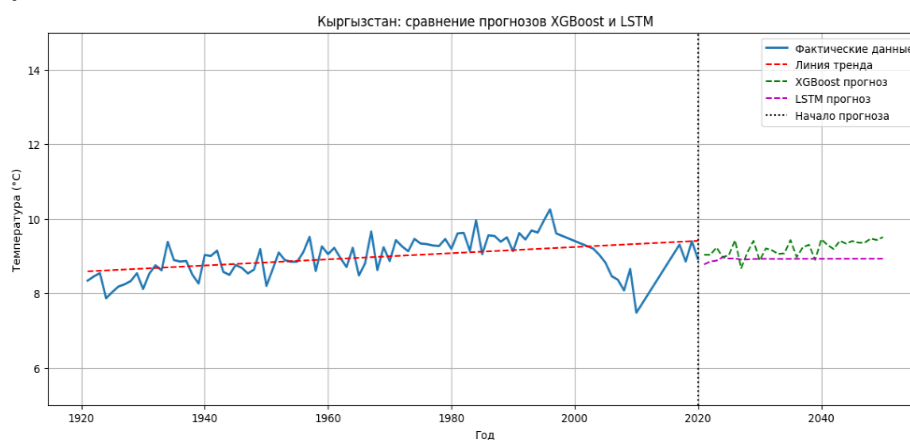


Рис. 3 – Сравнение прогнозов средней годовой температуры воздуха в Кыргызской Республике, полученных с использованием моделей XGBoost и LSTM

На рисунках 4,5 показаны динамика средней годовой температуры воздуха в городе Бишкек за исторический период наблюдений и прогноз до середины XXI века, полученный с использованием моделей **XGBoost** и **LSTM**.

Полученные результаты демонстрируют сохранение повышенного температурного уровня в прогнозируемом интервале при сглаженной межгодовой вариабельности.



Рис. 4 – Прогноз средней годовой температуры воздуха в городе Бишкек по модели XGBoost с линейной трендовой составляющей

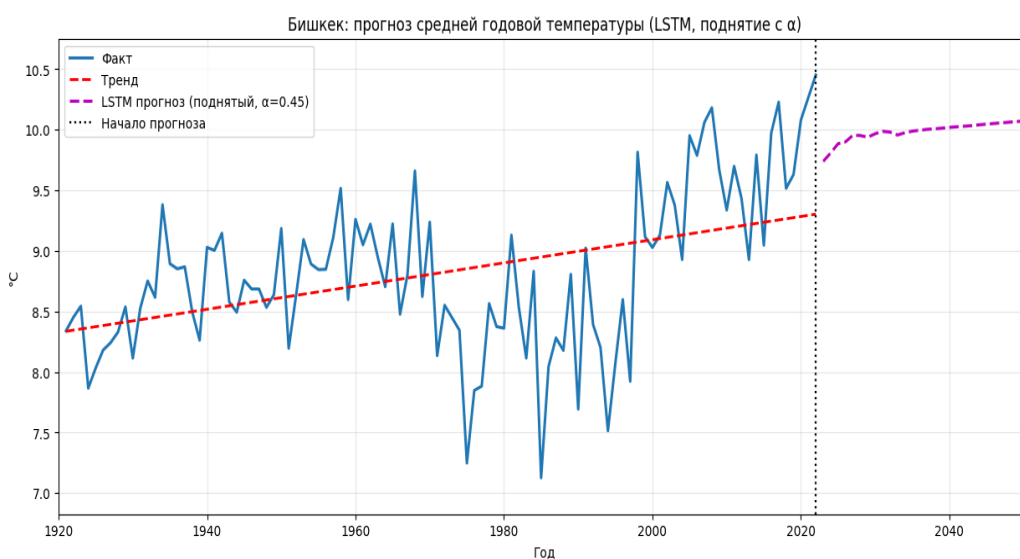


Рис. 5 – Прогноз средней годовой температуры воздуха в городе Бишкек по модели LSTM с корректировкой трендовой составляющей

На рисунках 6,7 представлены динамика годовой суммы атмосферных осадков в городе Бишкек за период наблюдений и прогноз до середины XXI века, полученный с использованием моделей XGBoost и **LSTM**. Прогноз LSTM демонстрирует сглаженный характер изменения осадков и тенденцию к увеличению годовых сумм в прогнозируемом интервале, что отражает особенности работы рекуррентной нейронной

сети при долгосрочной экстраполяции временных рядов. Полученные результаты указывают на сохранение выраженной межгодовой изменчивости осадков в будущем при отсутствии устойчивого долгосрочного тренда роста или снижения.



Рис. 6 – Прогноз годовой суммы атмосферных осадков в городе Бишкек по модели XGBoost



Рис. 7 – Прогноз годовой суммы атмосферных осадков в городе Бишкек по модели LSTM

Сопоставление прогнозов годовой суммы атмосферных осадков в городе Бишкек, рассчитанных с использованием моделей XGBoost и LSTM. Сравнение моделей показывает различие в характере прогнозов: XGBoost воспроизводит колебательный режим осадков без выраженного долгосрочного тренда, тогда как LSTM формирует более сглаженный

прогноз с тенденцией к увеличению годовых сумм осадков, что отражает особенности экстраполяции рекуррентной нейронной сети.

В целом анализ свидетельствует о том, что в Бишкеке наблюдается **устойчивое потепление климата**, которое в последние десятилетия **не сопровождается компенсирующим ростом атмосферных осадков**. Это приводит к усилению климатической контрастности и потенциальному росту засушливости региона, что требует учёта при долгосрочном планировании водных и природных ресурсов.

Согласно результатам моделирования с использованием LSTM, среднегодовая температура воздуха на территории Кыргызской Республики к 2050 году может увеличиться примерно на **0.5 °C** по сравнению с уровнем начала 2020-х годов. Средний темп роста температуры составляет порядка **0.15–0.2 °C за десятилетие**, что указывает на устойчивый, но умеренный тренд потепления.

Прогнозирование временного ряда выбросов CO₂ до 2050 года с использованием XGBoost и GRNN

На рисунке 8 представлена динамика фактических выбросов CO₂, линейный тренд, рассчитанный по последним 20 годам наблюдений, а также прогноз до 2050 года, полученный методом XGBoost с аддитивным учётом трендовой компоненты.

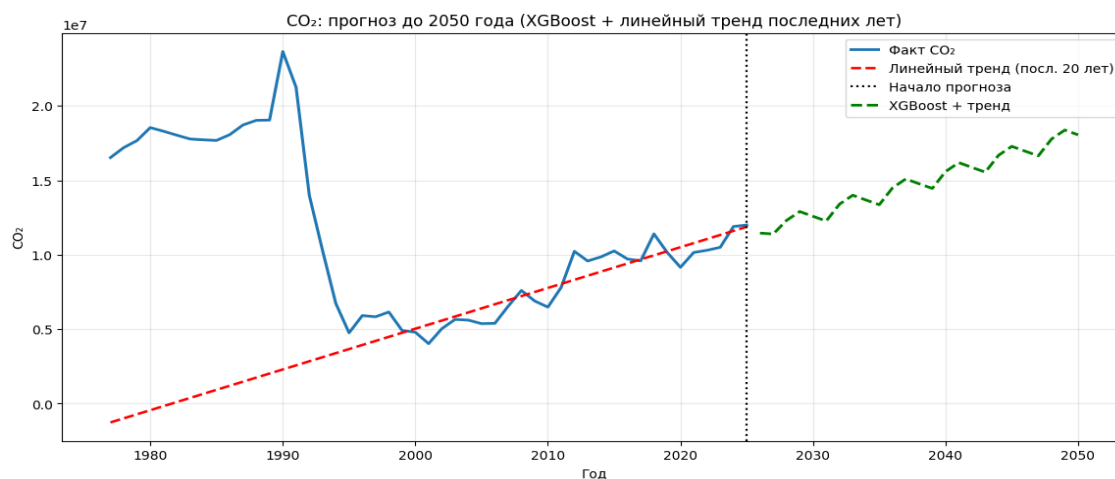


Рис. 8 — Прогноз выбросов CO₂ до 2050 года с использованием XGBoost и линейного тренда последних лет

Использование тренда, рассчитанного по актуальному периоду, позволяет устранить влияние структурного разрыва начала 1990-х годов и сформировать реалистичный сценарий дальнейшего роста выбросов. Прогноз XGBoost демонстрирует устойчивую возрастающую траекторию,

отражающую сохранение текущей тенденции при отсутствии радикальных структурных изменений.

На рисунке 9 показан прогноз выбросов CO₂, полученный с помощью обобщённой регрессионной нейронной сети (GRNN). После 2022 года прогнозная кривая стабилизируется и колеблется вблизи средних значений последних лет. Такое поведение обусловлено особенностями GRNN, которая аппроксимирует локальные закономерности временного ряда и стремится к сглаживанию, а не к экстраполяции тренда. Полученный прогноз может интерпретироваться как инерционный сценарий, предполагающий отсутствие существенного ускорения роста выбросов.

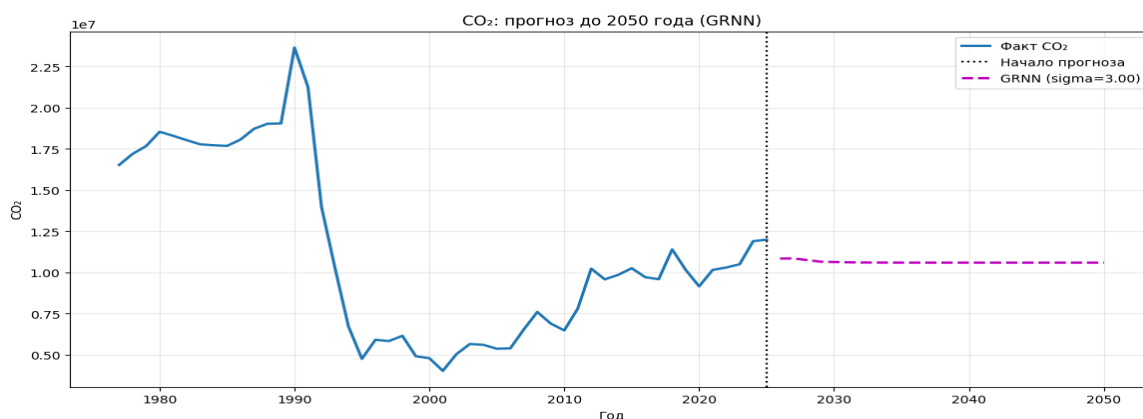


Рис. 9 — Прогноз выбросов CO₂ до 2050 года с использованием GRNN

Сравнительный анализ показал, что модели машинного обучения формируют различные сценарии развития климатических показателей. XGBoost с учётом тренда ориентирован на продолжение выявленных тенденций и формирует более «жёсткий» сценарий. GRNN, напротив, сглаживает динамику и отражает инерционное развитие системы. LSTM занимает промежуточное положение, учитывая нелинейные зависимости во временных рядах.

Совместное использование нескольких моделей позволяет оценить диапазон возможных изменений климатических параметров и повысить надёжность выводов.

В работе показана эффективность применения методов машинного обучения для прогнозирования климатических временных рядов. Полученные результаты свидетельствуют о продолжающемся росте средней температуры воздуха и выбросов CO₂, а также о высокой вариабельности атмосферных осадков. Использование ансамбля моделей XGBoost, LSTM и GRNN позволяет сформировать

альтернативные сценарии и может быть рекомендовано для задач оценки климатических рисков и разработки адаптационных мер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подрезов О.А. Изменение современного климата Северного, Северо-Западного Кыргызстана (температура и осадки 1930–2010 гг.) / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2017. 324 с.
2. Ю.А. Подрезова, О.А. Подрезов. Изменения климата Бишкека за столетие 1930–2030 гг. /Вестник КРСУ. 2021. Том 21. № 12. С.192-198.
3. Сулайманова С.М., Абдрасакова А.Б. Анализ климатических данных с помощью нейронных сетей / Вестник КГУСТА, Вып. 77 (3), Бишкек, 2022г. – С.1217 – 1222. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49803702>
4. Абдрасакова А.Б., Сулайманова С.М. Применения рекуррентных нейронных сетей LSTM для прогнозирования временных рядов среднемесячной температуры воздуха /МУИТ. Наука и инновационные технологии. №4, 2023г. – С.5 – 7. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=61486574>
5. Определяемый на национальном уровне вклад Кыргызской Республики ОНУВ3.0, г.Бишкек, 2025 г. 99 стр. Подготовлено при поддержке Программы развития ООН в Кыргызской Республике в рамках проекта ПРООН «Климатическая перспектива». https://unfccc.int/sites/default/files/2025-10/NDC3.0_Kyrgyzstan_Russian_30-09-2025.pdf
6. A Hybrid ARIMA-LSTM-XGBoost Model with Linear Constraints for Transformer Oil Temperature Forecasting (2025, Energies MDPI)
7. Li, Z. Extracting spatial effects from machine learning model using local interpretation method: An example of shap and xgboost. Comput. Environ. Urban Syst. 96, 101845. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2022.101845> (2022).
8. Liu, W., Liu, W. D. & Gu, J. Predictive model for water absorption in sublayers using a joint distribution adaption based xgboost transfer learning method. J. Petrol. Sci. Eng. 188, 106937. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.106937> (2020).

УДК 004.9:303.62

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСОВ

**Бийбосунова С. К., Ниязбеков Т. К.,
Мукудин уулу К., Дуйшөналы уулу Р.
КГУ им. И. Арабаева**

Задача и цель данной работы обусловлены необходимостью объединить все этапы социологического исследования в единую электронную среду, поскольку в современной практике подготовка анкет и шкал, а также сбор и координация данных, как правило, осуществляются с использованием различных методов и, порой, разных инструментов. SurveyOps Studio реализовано в виде локального веб-приложения на базе Node.js, HTML, CSS и JavaScript, а также включает функцию постоянного хранения данных в формате JSON. Использование SurveyOps Studio со всеми его функциями вполне возможно в рамках одного приложения даже при относительно простой конфигурации программного и аппаратного обеспечения. Таким образом, это идеальный вариант для внедрения новых методологий в образовательную программу, в рамках организации для разработки новых исследовательских концепций или в рамках проекта в качестве инструмента для тестирования методологий социологических исследований.

Ключевые слова: Социологический опрос, цифровизация исследований, аналитика данных, экспорт CSV.

СОЦИАЛДЫК СУРАМЖЫЛООЛОР УЮШТУРУУ ЖАНА ЖҮРГҮЗҮҮ ҮЧҮН ЖЕРГИЛИКТҮҮ МААЛЫМАТ СИСТЕМАСЫНЫН ДОЛБООРУ

**Бийбосунова С. К., Ниязбеков Т. К.,
Мукудин уулу К., Дуйшөналы уулу Р.
И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети**

Долбоордун максаты жана милдеттери социологиялык изилдөөнүн бардык этаптарын бирдиктүү санариптик чөйрөгө бириктирүү зарылдыгынан келип чыгат, анткени учурдагы практикада анкеталарды жана шкалаларды даярдоо, ошондой эле маалыматтарды чогултуу жана координациялоо адатта ар кандай ыкмалар жана кээде ар башка куралдар колдонуу менен жүргүзүлөт. SurveyOps Studio Node.js, HTML, CSS жана JavaScript негизиндеги жергиликтүү веб-колдонмо катары ишке ашырылган жана JSON форматында туруктуу маалыматтарды сактоо функциясын камтыйт. Ал өзүнүн бардык функцияларын бир эле колдонмодо, салыштырмалуу жөнөкөй программалык жана аппараттык конфигурация менен да толук колдонууга мүмкүнчүлүк берет. Ошондуктан ал билим берүү программасына жаңы методологияларды киргизүү, уюм ичинде жаңы изилдөө концепцияларын өнүктүрүү же долбоордо социологиялык изилдөө методологияларын сыноо куралы катары идеалдуу чечим болуп саналат.

Баштапкы сөздөр: Социологиялык сурамжылоо, изилдөөлөрдү санариптештирүү, маалыматтарды талдоо, CSV форматында экспорттоо.

DESIGNING A LOCAL INFORMATION SYSTEM FOR ORGANIZING AND CONDUCTING SOCIOLOGICAL SURVEYS.

**Biibosunova S. K., Niyazbekov T.K., Mukudin uulu K.
Duishonaly uulu R.**

Kyrgyz State University named after I. Arbaeva

The objective and purpose of this project stem from the need to integrate all stages of sociological research into a single digital environment, since in current practice, the preparation of questionnaires and scales, as well as data collection and coordination, are typically carried out using various methods and, at times, different tools. SurveyOps Studio is implemented as a local web application based on Node.js, HTML, CSS, and JavaScript, and includes a feature for persistent data storage in JSON format. Using SurveyOps Studio with all its features is entirely possible within a single application, even with relatively simple software and hardware configuration. Thus, it is an ideal option for introducing new methodologies into an educational program, developing new research concepts within an organization, or testing sociological research methodologies within a project.

Keywords: Sociological survey, digitalization of research, data analytics, CSV export.

Введение

Современные социологические исследования, проводимые в современных условиях, часто используют электронные средства для сбора, анализа и обработки данных. Эти инструменты обеспечивают не только сбор первичных данных, но и организацию всего исследовательского процесса. В рамках такой платформы должна быть предусмотрена возможность разработки, администрирования и управления опросом в рамках единого приложения, которое способно включать, например, создание вопросника, планирование опроса, а также сбор, хранение и анализ данных в рамках единой электронной среды. Практически все исследовательские мероприятия, проводимые в реальных жизненных ситуациях, предполагают использование специализированных программных приложений и инструментов, необходимых для разработки, администрирования и анализа исследования и, следовательно, формирования исследовательской группы, а проводимые исследования, как правило, являются сложными, дорогостоящими в проведении и, соответственно, несовместимы с единством организации. исследовательская среда, предусмотренная интегрированным инструментом обследования [1].

В этом контексте локальные веб-системы представляют интерес благодаря своей способности обеспечивать независимую работу, наглядность базовой архитектуры и служить инструментом для педагогических и экспериментальных применений. Такие системы в большей степени адаптируются к потребностям конкретного сценария применения и могут использоваться в качестве демонстрационных или прототипных систем.

В статье рассматриваются структура, функции и применение локальной системы SurveyOps Studio для проведения опросов общественного мнения. В статье представлены и проанализированы структура, архитектура, функциональные компоненты, методы контроля доступа, хранения данных и анализа, а также обсуждаются возможности и ограничения системы.

Основная цель этого проекта: устранить 'разделение' между цифровыми инструментами социологического исследования. Основная часть повседневной работы на рабочем месте исследователя выполняется с использованием различных программ, которые почти всегда "теряют друг друга из виду" и не взаимодействуют друг с другом. Возникают вопросы относительно того, как будет проводиться исследование в рамках конкретного проекта (будь то аудиторное задание

или базовый научный проект): исследование обычно охватывает целый комплекс мероприятий – создание теста, сбор данных, подсчет и дальнейший анализ ответов и т.д. Это особенно актуально в преподавании, в небольших исследовательских группах, при проведении пилотного исследования или во время лабораторных занятий, где не должно быть чрезмерных объяснений или необходимости создания крупномасштабной инфраструктуры [1, 2].

В рамках этого проекта мы решили следующие задачи: - Локальная веб-система для повышения эффективности опроса; - Инструмент для создания и сохранения анкет; - Различные уровни доступа пользователей (администратор, модератор, принимающий и т.д.); - Элементарные методы описательного анализа; - Вывод данных для дополнительной обработки в других аналитических инструментах.

Материалы и методы

Эта система была создана в контексте дисциплины прикладной программной инженерии и реализована с использованием HTML, CSS, JavaScript для клиентской части. Что касается серверной части, мы решили реализовать логику, используя облегченную платформу разработки, "серверную" среду программирования, разработанную компанией Node.js, используя встроенные функции для обработки HTTP-запросов. Отказавшись от использования сторонних модулей и сохранив структуру системы и ее внутренние компоненты простыми, мы смогли сохранить небольшие системные зависимости, а структуру и внутреннюю работу прозрачной и понятной [3].

Этот формат называется JSON. Структура этого формата JSON кодирует информацию об исследованиях, анкетах, вопросах анкет, ответах пользователей, комментариях к анализу и метаданных. Выбор формата JSON для локального прототипа обусловлен удобочитаемостью, простотой работы с форматом в простом текстовом редакторе и тем, что этот формат подходит для небольшого объема демонстрационных данных, которые будут использоваться.

Были проведены тесты с использованием визуальных интерфейсов, анализирующие действия, выполняемые пользователями в системном браузере, с использованием сценариев и автоматизированных тестов с целью создания повторяющихся скриншотов и проверки основных вариантов использования разработанной системы.



Рис.1. Экран ввода в систему и ввода кода доступа

Архитектура системы

SurveyOps Studio построена с использованием архитектуры, имитирующей локальное веб-приложение, со строгим разделением уровней пользовательского интерфейса на уровни презентации, бизнеса и данных. Уровень представления: представление пользовательского интерфейса клиенту в зависимости от ролей пользователей и прав доступа, навигация между различными модулями SurveyOps Studio и взаимодействие с сервером survey. Бизнес-уровень: аутентифицирует пользователей, управляет вопросами опроса и ответами на них, проверяет правильность ответов, создает анимированные презентации и позволяет экспортировать данные. Уровень данных: хранилище исторических данных опросов и постоянно растущего объема знаний, которые с течением времени извлекаются из опросов [4, 5, 6].

Такая система позволяет сохранить логическую структуру системы и продолжить ее разработку. Это очень экономичное решение, и оно охватывает все компоненты управленческого цикла полного социологического исследования [11].

Ознакомьтесь с функциональной структурой. Система состоит из нескольких функциональных модулей или подмодулей, таких как: - Авторизация: вход в систему и назначение ролей пользователей. В обзоре отображаются сводки текущих, завершенных и ожидающих рассмотрения исследований, а также краткая информация о состоянии дел в портфолио исследований. Конструктор анкет — это инструмент для создания

нескольких типов анкет с одним и несколькими вариантами ответов, включая рейтинговые и открытые вопросы.

Модуль координации в полевых условиях Для планирования квот и организации каналов сбора данных для интерфейса респондента в полевых условиях для прямого ввода ответов в анкету, модуль анализа для первоначального простого описания распределения ответов на закрытые вопросы и выдержек из ответов на открытые вопросы в виде текста, модуль экспорта для сохранения собранных данных в формате PDF. Формат CSV и, следовательно, для дальнейшей обработки в офисных приложениях, статистическом и аналитическом программном обеспечении [8, 9, 10, 12].

Система охватывает стадию проведения опроса, а также стадию подготовки к опросу и стадию обработки данных.

Одной из основных функций этой системы является управление доступом на основе ролей. Для функций системы определены и распределены четыре роли в соответствии с их соответствием каждой роли: администратор исследования, интервьюер, аналитик и респондент. Каждая роль имеет функции, соответствующие возложенным на нее задачам. Это позволяет избежать ненужного беспорядка на экране и в то же время поддерживает целостность компьютерной среды.

Управление доступом осуществляется на двух уровнях. Некоторые разделы интерфейса становятся недоступными на стороне клиента путем их скрытия или создания препятствий для доступа. Проверка прав на выполнение предусмотренных в системе защищенных операций осуществляется на стороне сервера (создание анкет, отправка ответов, доступ к отчетам, экспорт данных). Такая двухуровневая защита делает систему более стабильной и более полно соответствует реалиям прикладной социологической практики [6, 7].

Управление данными и аналитическая обработка

Все определения опроса и ответы респондентов хранятся локально, и, таким образом, опрос всегда запоминает состояние данных между запусками и не нуждается во внешней базе данных. Вся информация о каждом ответе (дата и время, роль или идентификатор пользователя и сам ответ) записывается для каждого вопроса. Полученные данные используются аналитической частью для построения простейших моделей распределения вероятностей и отображения всех индивидуальных ответов на вопросы, что позволяет пользователю оценить скорость сбора данных для текущего опроса.

Важно: Текущая версия допускает только описательный тип анализа, который не является логическим выводом. Это в точности соответствует цели демонстрационной и обучающей платформы, которая заключается в предоставлении начального инструмента для исследований, а не в проведении полного статистического анализа.

Экспорт данных в формат CSV расширяет функциональность системы. Большинство программ постобработки работают с данными в формате CSV, поэтому экспорт в формат CSV очень полезен. В дополнение к манипулированию данными в рамках системы сбора, социологическая работа чаще всего требует анализа первичных и полуобработанных наборов данных, которые извлекаются из основной системы сбора.

The screenshot displays the 'SURVEY BUILDER' interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: 'CURRENT SESSION' (Research Admin, Documentation Admin, Survey overview, Survey builder, Fieldwork control, Live data collection, Analytics, CSV export, Sign out), 'Overview', 'Survey Builder' (highlighted), 'Fieldwork', 'Live Survey', and 'Analytics'. The main area is titled 'Create a questionnaire draft'. It contains fields for 'Survey title' (Community Cohesion Barometer), 'Research objective' (Assess how residents evaluate belonging, trust, and solidarity across neighborhoods), 'Audience' (Residents aged 18+ across all districts), and 'Collection method' (Mixed mode). Below these is an 'Add question' section with a 'Prompt' (How strongly do you trust local media?), 'Type' (Single choice), and 'Options' (Very high, High, Neutral, Low, Very low). A 'Save survey draft' button is at the bottom. On the right, a 'DRAFT PREVIEW' section shows the 'Questionnaire structure' with three questions: Q1 (How connected do you feel to people in your neighborhood?), Q2 (Which local spaces help build a sense of community?), and Q3 (How safe do you feel walking in your area after dark?).

Рис.2. Конструктор опросов с загруженным шаблоном.

SURVEY MANAGEMENT PLATFORM

SurveyOps Studio

Run a server-backed survey workflow with role-based access, persistent storage, and export-ready results.

CURRENT SESSION

Research Admin

Documentation Admin is connected to the local backend session.

Survey overview

Survey builder

Fieldwork control

Live data collection

Analytics

CSV export

Sign out

Signed in as Research Admin

Overview

Survey Builder

SURVEY BUILDER

Create a questionnaire draft

Survey title

Community Cohesion Barometer

Research objective

Assess how residents evaluate belonging, trust, and solidarity across neighborhoods.

Audience

Residents aged 18+ across all districts

Collection method

Mixed mode

Add question

Use standard sociological formats for a balanced instrument.

Prompt

How strongly do you trust local media?

Type

Multiple choice

Options

Very high, High, Neutral, Low, Very low

Add question to draft

Save survey draft

Load civic trust template

Question added to the draft.

DRAFT PREVIEW

Questionnaire structure

Q1. How connected do you feel to people in your neighborhood?

Single choice question

- Very connected
- Connected
- Neutral
- Disconnected
- Very disconnected

Q2. Which local spaces help build a sense of community?

Multiple choice question

- Schools
- Markets
- Parks
- Religious spaces
- Cultural centers

Q3. How safe do you feel walking in your area after dark?

Five-point scale question

Рис.3. Конструктор опросов с добавлением пользовательского вопроса

Respondent

Survey Participant is connected to the local backend session.

Survey overview

Live data collection

Sign out

Signed in as Respondent

Overview

Survey Builder

Fieldwork

Live Survey

Analytics

RESEARCH PRIORITIES

- Track public opinion shifts
- Monitor quota balance during fieldwork
- Export clean data for downstream analysis

Q1. How connected do you feel to people in your neighborhood?

Not very connected

Not confident at all

Q2. Which online services do you use most often?

Healthcare portals

Utility payments

Education platforms

Banking apps

Government forms

Q3. How reliable is your home internet connection for important tasks?

Select a score

Q4. What prevents wider digital participation in your household?

Enter respondent comment

Submit response

Clear answers

Response stored successfully. Analytics have been updated.

Рис.4. Статус успешной отправки опроса

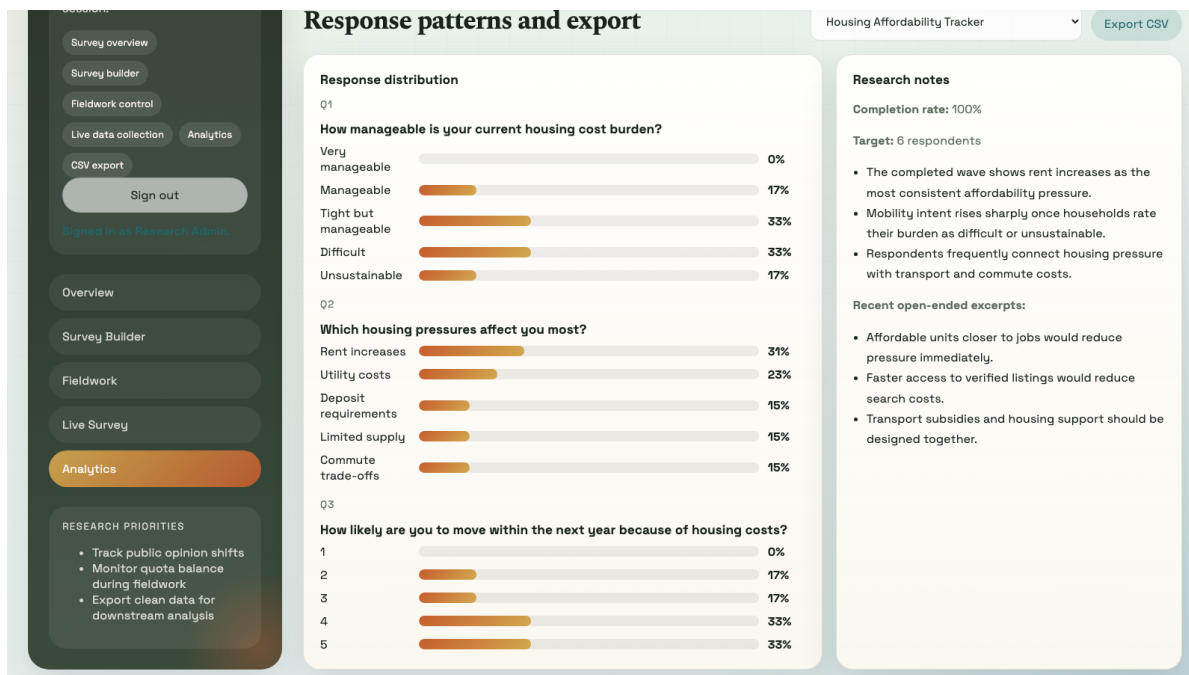


Рис.5. Завершенное аналитическое исследование о доступности жилья

Заключение

Разработанная система может применяться в нескольких направлениях. Прежде всего, она представляет интерес, как учебный инструмент при проведении занятий по прикладной социологии, методам опроса и информационным системам в социальных исследованиях. Кроме того, ее можно использовать как прототипную платформу для исследовательских групп, работающих над более сложными проектами. Наконец, система служит наглядным примером того, как все основные этапы опросного процесса могут быть объединены в рамках одного локального решения.

Для проверки работоспособности системы были проведены тестирование основных сценариев, анализ серверных маршрутов, проверка защищенных действий, экспорт данных и подготовка сопроводительной документации. Это позволяет рассматривать разработанное решение не просто, как концептуальное описание, а как реально функционирующий программный продукт.

Практическая ценность выполненной разработки заключается в ее наглядности, воспроизводимости и применимости в учебной, экспериментальной и пилотной деятельности. Созданная система выступает не только как программный продукт, но и как пример цифровизации социологической работы. В рамках локальной и

управляемой среды она позволяет наглядно представить основные этапы опросного процесса и тем самым демонстрирует возможности современной цифровой организации социологических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Babbie E. R. The Practice of Social Research. 14th ed. Boston, MA : Cengage Learning, 2016.
2. Groves R. M., Fowler F. J., Couper M. P., Lepkowski J. M., Singer E., Tourangeau R. Survey Methodology. 2nd ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2009.
3. Dillman D. A., Smyth J. D., Christian L. M. Internet, Phone, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method. 4th ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2014.
4. Couper M. P. Web Surveys: A Review of Issues and Approaches // Public Opinion Quarterly. 2000. Vol. 64, no. 4. P. 464–494. DOI 10.1086/318641.
5. Patten M. Questionnaire Research: A Practical Guide. 4th ed. New York : Routledge, 2016.
6. Sandhu R. S., Coyne E. J., Feinstein H. L., Youman C. E. Role-Based Access Control Models // IEEE Computer. 1996. Vol. 29, no. 2. P. 38–47. DOI 10.1109/2.485845.
7. Bray T. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format [Электронный ресурс]. RFC 8259. 2017. Доступ из официального архива IETF. Дата обращения: 21.03.2026.
8. Shafranovich Y. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files [Электронный ресурс]. RFC 4180. 2005. Доступ из официального архива IETF. Дата обращения: 21.03.2026.
9. Node.js Documentation. HTTP [Электронный ресурс]. Доступ из официальной документации Node.js. Дата обращения: 21.03.2026.
10. WHATWG. HTML Standard [Электронный ресурс]. Доступ из официальной спецификации HTML. Дата обращения: 21.03.2026.
11. Fetch API [Электронный ресурс] // MDN Web Docs. Дата обращения: 21.03.2026.
12. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 8th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2014.

УДК 517.928

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ О НЕПРЕРЫВНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ДИСКРЕТНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Аскар к. Л, Бейшебаева Ж. К., Саатбек к. А., Маматшарип у. Д.
Кыргызский Национальный университет им. Ж. Баласагына,

В статье рассматриваются методы приближённого решения задач о непрерывных объектах на дискретных вычислительных устройствах. Вводятся понятия вычислительной и доказательной устойчивости, а также используются методы интервального анализа. Получены результаты о существовании и устойчивости решения интегрального уравнения первого рода с аналитической правой частью и разработаны алгоритмы приближенного решения.

Ключевые слова: непрерывные объекты, дискретные вычислительные устройства, приближённое решение, вычислительная устойчивость, доказательные вычисления, интервальный анализ, машинные интервалы, интегральное уравнение первого рода, аналитические функции.

ДИСКРЕТТИК ЭСЕПТӨӨЧҮ ТҮЗМӨЛӨРДӨГҮ ҮЗГҮЛТҮКСҮЗ ОБЪЕКТТЕРДИН МАСЕЛЕЛЕРИНИН БОЛЖОЛДУУ ЧЕЧИМИ

Аскар к. Л, Бейшебаева Ж. К., Саатбек к. А., Маматшарип у. Д.
Ж. Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук университети

Бул макалада дискреттик эсептөө түзүлүштөрүндөгү үзгүлтүксүз объектилер менен байланышкан маселелердин болжолдуу чыгаруунун ыкмалары каралат. Эсептөө жана далилдөө туруктуулугу түшүнүктөрү киргизилет жана интервалдык анализ ыкмалары колдонулат. Аналитикалык оң жактары бар биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелердин чыгарылыштары бар экендиги жана туруктуулугу боюнча

жыйынтыктар алынат жана болжолдуу чыгарылыштар үчүн алгоритмдер иштелип чыгат.

Баштапкы сөздөр: үзгүлтүксүз объектилер, дискреттик эсептөө түзүлүштөрү, болжолдуу чыгарылыш, эсептөө туруктуулугу, далилдөөгө негизделген эсептөөлөр, интервалдык анализ, машина аралыктары, биринчи түрдөгү интегралдык теңдеме, аналитикалык функциялар.

APPROXIMATE SOLUTION OF PROBLEMS OF CONTINUOUS OBJECTS ON DISCRETE COMPUTING DEVICES

Askar K. L., Beyshebaeva Zh. K., Saatbek K. A., Mamatsharip U. D.

Kyrgyz National University named after. Zh. Balasagyn

This article examines methods for approximate solutions to problems involving continuous objects on discrete computing devices. The concepts of computational and proof stability are introduced, and interval analysis methods are used. Results are obtained on the existence and stability of solutions to integral equations of the first kind with analytic right-hand sides, and algorithms for approximate solutions are developed.

Keywords: continuous objects, discrete computing devices, approximate solution, computational stability, proof-based computations, interval analysis, machine intervals, integral equation of the first kind, analytic functions.

Введение

Современная наука и техника имеют дело с объектами и процессами непрерывной природы: движением тел, распространением тепла, электромагнитными полями, течением жидкостей, экономической динамикой и многими другими явлениями. Эти объекты описываются непрерывными величинами и, как правило, математическими моделями в виде дифференциальных и интегральных уравнений [5-7].

Однако вычислительные устройства, используемые для анализа и моделирования таких процессов, являются дискретными по своей природе: они оперируют конечным набором чисел с ограниченной точностью и выполняют алгоритмы, разбитые на отдельные шаги. В результате возникает фундаментальная задача — как приближённо решать задачи о непрерывных объектах на дискретных вычислительных устройствах [1-4].

1. Классификации применения компьютеров

При строгой (математической) постановке задачи на поиск непрерывного объекта (функции вещественной переменной, фигуры, кривой), ответ, данный дискретным вычислительным устройством - компьютером (результат работы программы), может

- заведомо совпадать с истинным;
- иметь гарантированную связь с истинным (в тех случаях, когда истинный ответ нельзя изобразить средствами компьютера);
- иметь нестрогую (статистическую) связь с истинным.

Строгие доказательства теорем для непрерывных объектов на компьютере (в том числе и найденных по предыдущему методу) можно неформально подразделить следующим образом:

- дающие истинные результаты - эвристически-логические методы; символьные преобразования (включая символьное дифференцирование, интегрирование); точные вычисления (с целыми числами и построенными из них объектами);
- обеспечивающие гарантированную связь с истинными результатами - разработанные, в том числе в Кыргызстане доказательные вычисления («далил боло алуучу эсептөө», «validating computations», «reliable computations»).

Как и другие комбинированные человеко-машинные методы, этот метод содержит схемы (предназначенные для человека) сведения различных задач к нескольким стандартным и алгоритмы (для компьютера) решения этих задач.

Вследствие того, что основной объект математического анализа - вещественное число - не имеет конструктивных представлений, точные результаты для непрерывных объектов (функций, геометрических фигур) можно получить на компьютере только в особых случаях. Это и вызвало развитие приближенных методов, которые имеют такие широкие приложения к практическим задачам.

2. Методы и результаты

Для более точной формулировки результатов вычислений мы предлагаем следующее определение, обобщающее известные понятия вычислительной математики:

Пусть имеется метрическое пространство $\{G, \rho\}$, набор конечных множеств $\{M_k: k \in N\}$ и набор отображений-интерпретаций $\{F_k \in M_k \rightarrow G: k \in N\}$.

О п р е д е л е н и е 1. Некоторый способ (алгоритм) получения последовательности $\{Z_k \in M_k: k \in \mathbb{N}\}$ будем называть абсолютно вычислительно устойчивой аппроксимацией объекта $Z \in G$, если

$$\lim \{\rho(Z, F(Z_k)): k \rightarrow \infty\} = 0. \quad (1)$$

Практически для описания вычислительных алгоритмов в качестве множеств M_k берут не конечные, а конечномерные пространства вещественных чисел или векторов (хотя вещественное число не имеет конструктивных представлений), в качестве отображений F

- сплайн-функцию или кусочно-линейную функцию по элементам Z_k , если они интерпретируются, как значения искомой функции в некоторых точках;
- сумму отрезка ряда Фурье или Тейлора по элементам Z_k , если они интерпретируются, как коэффициенты ряда, представляющего искомую функцию.

Отмеченное явление в литературе иногда называется вычислительной устойчивостью, хотя мы считаем, что наша формулировка более точная, поскольку реальная вычислительная устойчивость должна учитывать вычислительные погрешности. Известно множество случаев, когда соотношение (1) формально выполняется, но реальные вычисления с конечной точностью дают результаты, заведомо далекие от истинного при любых значениях параметров.

В теоретических исследованиях отмеченный недостаток (наличие только статистической связи между точным и приближенным результатом) дает возможность применять вычислительные методы только для эвристического поиска закономерностей, которые потом устанавливаются дедуктивно [8-10].

Для формулировки теорем доказательных вычислений используются построения конструктивного математического анализа. В нем в рамках введены определения односторонне псевдовычислимого числа как предела ограниченной монотонной алгоритмически заданной последовательности рациональных чисел и конструктивно устойчивого предиката, обобщающие свойства, называемые в различных разделах математики «грубость».

Определение 2. Доказательные вычисления – это вычисления, организованные таким образом, что полученные (числовые) результаты, интерпретируемые, как континуальные множества, гарантированно содержат истинные.

Соответственно, в Определении 1 значениями функции F_k должны быть не элементы, а (ограниченные) множества пространства G , и основное предельное соотношение (1) - иметь вид

$$Z \in F(Z_k), \lim \{diam F(Z_k): k \rightarrow \infty\} = 0.$$

Практически полученные на компьютере результаты представляются в виде наборов рациональных (или, более узко, машинных вещественных- непосредственно представимых в компьютере в силу его конструкции, по терминологии программирования) чисел.

Для сочетания математической строгости и удобства работы на компьютере был разработан интервальный анализ.

О п р е д е л е н и е 3. Интервальным числом (ниже коротко – интервалом) называется замкнутый отрезок $A=[a_-, a_+]$ (эта терминология несколько расходится с принятой в других разделах математики). Если числа a_- и a_+ – машинно представимые, то A называется машинным интервалом.

Величина $wid(A) := a_+ - a_-$ называется шириной интервала. Шириной интервального вектора называется максимум ширин его компонент.

О п р е д е л е н и е 4. Если число (или другой объект) f находится в интервале (соответственно в интервальном векторе или другом интервальном объекте) A , то A называется внешним представлением объекта f (аналогично – машинным внешним представлением).

В частности, внешним представлением комплексного числа может быть пара интервалов для его действительной и мнимой частей – комплексный интервал. Чем меньше ширина интервального объекта, тем лучшим является внешнее представление.

Над интервалами определены арифметические действия (в числе других двуместных и одноместных функций) по формуле

$$F(X, Y) = [\min \{f(x, y): x \in X, y \in Y\}; \max \{f(x, y) : x \in X, y \in Y\}].$$

Если результат арифметического действия над границами машинных интервалов не является машинным числом, то для обеспечения доказательности нижние границы интервалов округляются с недостатком, а верхние – с избытком.

Над интервалами также производятся действия: пересечения двух интервалов (если оно не пусто), внешнего представления двух интервалов, разбиения интервала на два.

Основным преимуществом интервального анализа является то, что действия только над границами интервалов (конечным набором чисел) дают гарантированный результат (теорему) о бесконечных множествах чисел или других объектов, находящихся в этих границах, причем такие действия легко выполнить на компьютере. Если такие интервалы (интервальные векторы) образуют конечное покрытие заданной

компактной области, то вычисления по их границам доказывают теорему о всех точках этой области.

О п р е д е л е н и е 5. Алгоритм, который по любому (машинному) интервалу X , входящему в область $G \subset \mathbf{R}$ определения функции $f: G \rightarrow \mathbf{R}$, дает такой (машинный) интервал F , что

F1) из $x \in X$ следует $f(x) \in F(X)$ {внешнее представление};

F2) из $X_1 \subset X_2$ следует $F(X_1) \subset F(X_2)$ {монотонность по вложению};

F3) (для любых интервалов) $\lim\{F(X): X \rightarrow [x, x]\} = [f(x), f(x)]$ {точечность}; для машинных интервалов $F([x, x])$ должен быть достаточно узким, называется (машинным) интервальным расширением функции f .

Аналогично определяется интервальное расширение функции нескольких переменных.

При программировании последовательности вида $\{Z_k\}$ обычно вводится малый параметр (например, шаг сетки) или большой параметр (например, количество шагов). Не умаляя общности, будем считать, что такими параметрами являются $(\frac{1}{k})$ и k . Будем также считать, что множества $\{M_k\}$ составлены из машинных чисел. Из вычислительной практики следует

О п р е д е л е н и е 6. Некоторый алгоритм получения последовательности $\{Z_k \in M_k: k \in \mathbf{N}\}$ будем называть вычислительно устойчивой аппроксимацией объекта $Z \in G$, если $\rho(Z, F(Z_k))$ уменьшается и становится достаточно малым с увеличением k , пока малый параметр не становится близким к разности соседних машинных чисел. (Соответственно - доказательно устойчивой аппроксимацией, если $\text{diam } F(Z_k)$ уменьшается и становится достаточно малым с увеличением k).

По нашему опыту, возможны случаи, когда неустойчивая вычислительная схема применительно к корректной задаче дает сначала сходимость, а потом - расходимость. Поэтому предлагаем

О п р е д е л е н и е 7. Некоторый алгоритм получения последовательности $\{Z_k \in M_k: k \in \mathbf{N}\}$ будем называть ограниченно вычислительно устойчивой аппроксимацией объекта $Z \in G$, если $\rho(Z, F(Z_k))$ уменьшается и становится достаточно малым с увеличением k , но потом увеличивается, при этом малый параметр не становится близким к разности соседних машинных чисел.

Т е о р е м а. Если функция $f(x): \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ - целая аналитическая экспоненциального типа по своим переменным с вещественными коэффи-

циентами, то существует такое же целое аналитическое решение скалярного интегрального уравнения первого рода

$$J(x; w(s): s) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-b(x - \xi)^2) w(\xi) d\xi = f(x). \quad (2)$$

Это решение выражается формулой

$$\begin{aligned} w(x) = J^{-1}(x; f(s): s) &= \sqrt{\frac{b}{\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! (4b)^k} (-1)^k f^{(2k)}(x) = \\ &= \sqrt{\frac{b}{\pi}} \exp\left(-\frac{1}{4b} \frac{d^2}{dx^2}\right) f(x). \end{aligned} \quad (3)$$

Оно устойчиво по $f(x)$ в пространстве A_{+v} .

Д о к а з а т е л ь с т в о. Имеем из (3)

$$w^{(p)}(x) = \sqrt{\frac{b}{\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! (4b)^k} (-1)^k f^{(2k+p)}(x), \quad p \in \mathbf{N}_0. \quad (4)$$

Отсюда

$$\begin{aligned} |w^{(p)}(0)| &\leq \sqrt{\frac{b}{\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! (4b)^k} |f^{(2k+p)}(0)| \leq \\ &\leq \sqrt{\frac{b}{\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! (4b)^k} \|f\|_{+v} v^{2k+p} = \sqrt{\frac{b}{\pi}} \|f\|_{+v} \exp\left(\frac{v^2}{4b}\right) v^p; \\ \|w\|_{+v} &= \sup\{|w^{(p)}(0)| v^{-p} : p \in \mathbf{N}_0\} = \sqrt{\frac{b}{\pi}} \|f\|_{+v} \exp\left(\frac{v^2}{4b}\right). \end{aligned}$$

Таким образом, обратный оператор ограничен. Его операторная норма

$$\|J^{-1}\|_{+v} \leq \sqrt{\frac{b}{\pi}} \exp \frac{v^2}{4b}. \quad (5)$$

Теорема доказана.

Алгоритмы приближенных решений скалярных интегральных уравнений первого рода

Из формулы (3) получаем

$$w(x) = \sqrt{\frac{b}{\pi}} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{4bn} \frac{d^2}{dx^2}\right)^n f(x). \quad (6)$$

Обозначим оператор сдвига на h аргумента функции через D_h .

В свою очередь, аппроксимируя вторую производную через разделенную разность, получим

$$w(x) \approx \sqrt{\frac{b}{\pi}} \left(1 - \frac{1}{4bn} \frac{1}{h^2} (D_h - 2D_0 + D_{-h})\right)^n f(x),$$

где $n \in \mathbf{N}$ достаточно велико, и $h \in \mathbf{R}_{++}$ достаточно мало.

Из теории приближенных методов для уравнения теплопроводности известно, что (для знака (+) в скобке) этих условий еще недостаточно для получения приемлемых результатов, необходимо согласование n и h . Поэтому в изучаемом случае были рассмотрены различные согласования.

Была составлена программа и решен контрольный пример. В результате расчетов найдено явление ограниченной вычислительной устойчивости.

Заключение

Построено программное обеспечение для устойчивого решения конкретных линейных и нелинейных интегральных уравнений первого рода. Обнаружено явление ограниченной вычислительной устойчивости по параметру - шагу сетки.

Полученные результаты можно использовать для построения приближенного решения обратных задач математической физики. Построенное программное обеспечение с соответствующими модификациями можно использовать для приближенного решения различных интегральных уравнений первого рода, причем обнаруженное явление ограниченной вычислительной устойчивости будет косвенно подтверждать корректность таких уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамар Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа / Ж. Адамар. - Москва: Наука, 1978.
2. Арсенин В.Я. О решении некоторых интегральных уравнений первого рода типа свертки методом регуляризации / В.Я.Арсенин, В.В. Иванов // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1968. - Т. 8, №2.
3. Арсенин В.Я. О применении метода регуляризации к интегральным уравнениям первого рода типа свертки / В.Я.Арсенин, Т. И. Савелова // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1969,9, №6.
4. Арсенин В.Я. Об одном способе приближенных решений интегральных уравнений первого рода типа свертки / В.Я.Арсенин // Труды МИАН СССР, 1973, том 133.
5. Аскар кызы Л. Класс интегральных уравнений первого рода, имеющих решение при любой правой части / Кененбаева Г.М., Аскар кызы Л. //

Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики: труды Международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Г. И. Марчука, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. - Новосибирск: Абвей, 2015. - С.321-325.

6. Аскар кызы Л. Эффекты и явления в теории динамических систем / Кененбаева Г.М., Аскар кызы Л. //Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке. Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы: КазНПУ имени Абая, 2015. -С.340-343.
7. Аскар кызы Л. Поиск эффектов / Г.М., Кененбаева, Л. Аскар кызы // Вестник КРСУ. Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений: Том 1, Бишкек, 2013. –С. 187-191.
8. Askar kyzy L. Conditions of positivity of solutions of integral equations of the first kind in the space of analytical functions / L. Askar kyzy // Abstracts of the V International Scientific Conference “Asymptotical, Topological and Computer Methods in Mathematics” devoted to the 85 anniversary of Academician M. Imanaliev / Ed. by Academician A.Borubaev. - Bishkek, 2016. – P. 35.
9. Аскар кызы Л. Корректность решения двумерного интегрального уравнения первого рода с аналитическими функциями / Л.Аскар кызы // Проблемы современной науки и образования, 2016, № 21(63). - Иваново: изд. Олимп. – С. 6-9. (РИНЦ)
10. Аскар кызы Л. Условия существования положительных решений линейных интегральных уравнений первого рода / Л. Аскар кызы // Вестник ЖАГУ, 2016, № 1 (32). – С.24-29.

УДК 553.411.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АКТЮЗКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ВЛИЯНИЯ ИХ РАЗРАБОТОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Кожогулов М.Б.¹ Малюкова Н.Н.²

¹ Институт геологии им. акад. Адышева НАН КР

² Кыргызско-Российский Славянский Университет

В статье рассмотрены особенности геологического строения редкоземельных месторождений Актюзкого рудного поля. Приведены структуры, зональность и минерало-геохимические параметры этих месторождений с точки зрения влияния их разработки на геоэкологию региона.

Ключевые слова: геология, редкоземельные месторождения, минеральный состав руд.

АКТҮЗ РЕНД КЕНИНИН СЕЙРЕК ЖЕР КЕНДЕРИНИН ГЕОЛОГИЯЛЫК ТҮЗҮЛҮШҮНҮН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ ЖАНА АЛАРДЫ ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮН АЙЛАНА-ЧӨЙРӨГӨ ТААСИРИ

Кожогулов М.Б.¹, Малюкова Н.Н.²

¹Адышев атындагы Геология институту, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы,

² Кыргыз-Орус Славян университети

Бул макала Актюз кен талаасындагы сейрек кездешүүчү металлдардын кен орундарынын геологиялык өзгөчөлүктөрүн талкуулайт. Анда бул кен орундарынын түзүлүштөрү, зоналдашуусу, минералогиялык жана геохимиялык параметрлери аймактын геоэкологиясына тийгизген таасири жагынан сүрөттөлөт.

Баштапкы сөздөр: геология, сейрек кездешүүчү металлдардын кен байлыктары, рудалардын минералдык курамы.

FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF RARE-EARTH DEPOSITS OF THE AKTYUZ ORE FIELD AND THE IMPACT OF THEIR DEVELOPMENT ON THE ENVIRONMENT.

Kozhogulov M.B.¹ Malyukova N.N.²

¹ Adyshev Institute of Geology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, ² Kyrgyz-Russian Slavic University

The article discusses the geological features of rare earth deposits in the Aktyuz ore field. It describes the structures, zoning, and mineralogical and geochemical parameters of these deposits in terms of their impact on the geoeology of the region.

Keywords: geology, rare earth deposits, mineral composition of ores.

Современное развитие высокотехнологичных отраслей, таких как альтернативная энергетика, производство сверхпроводников, лазерной техники, электронных компонентов, военной и аэрокосмической промышленности, невозможно без устойчивого сырьевого обеспечения редкоземельными и редкими металлами. В условиях растущего мирового спроса на редкоземельные элементы (РЗЭ), придается особой значимости осуществлению поисков и комплексной оценке месторождений, содержащих эти элементы. [1 – 3]

Актюзское рудное поле, расположенное на северо-востоке Кыргызской Республики, является одним из ключевых рудоносных узлов Северного Тянь-Шаня. Его стратегическое значение обусловлено не только разнообразием полезных ископаемых, включая свинец, цинк, серебро, редкие и редкоземельные металлы, но и его расположением в структуре Срединного Тянь-Шаня — важного тектонического элемента региона.

Общие ресурсы Актюзского рудного поля определяются месторождениями Куперлисай, Кутессай, Актюз и Калесай [4] на рис 1. Показано геологическая карта рудного поля. Актюзская группа месторождений после открытия имеет длительную геологическую историю изыскания и освоения, и представлены оруденением сложного состава в лейкократовых гранитах с промышленным редкоземельно – редкометально полиметаллическим оруденением в гранофирах и эксклюзивных брекчиях. [4 – 7]

Геологическое строение Актюзского рудного поля указывает на наличие двух типов рудоконтролирующих структур трубообразных

брекчированных тел линейных трещинных зон в метаморфических породах. К первым приурочены штоки гранофиоров с торий - цирконий – редкоземельно – полиметаллической минерализации на месторождениях Актюз, Кутессай II, Кутесай III (внутриинтрузивная группа). Особенностью этих месторождений является наличие кольцевых структур, подчеркиваемых дуговидной в плане формой даек и разломов, опоясывающих трубчатые тела. Столь же характерно для них концентрически – зональное кольцообразное или близко к нему в плане распределения оруденения. [5]

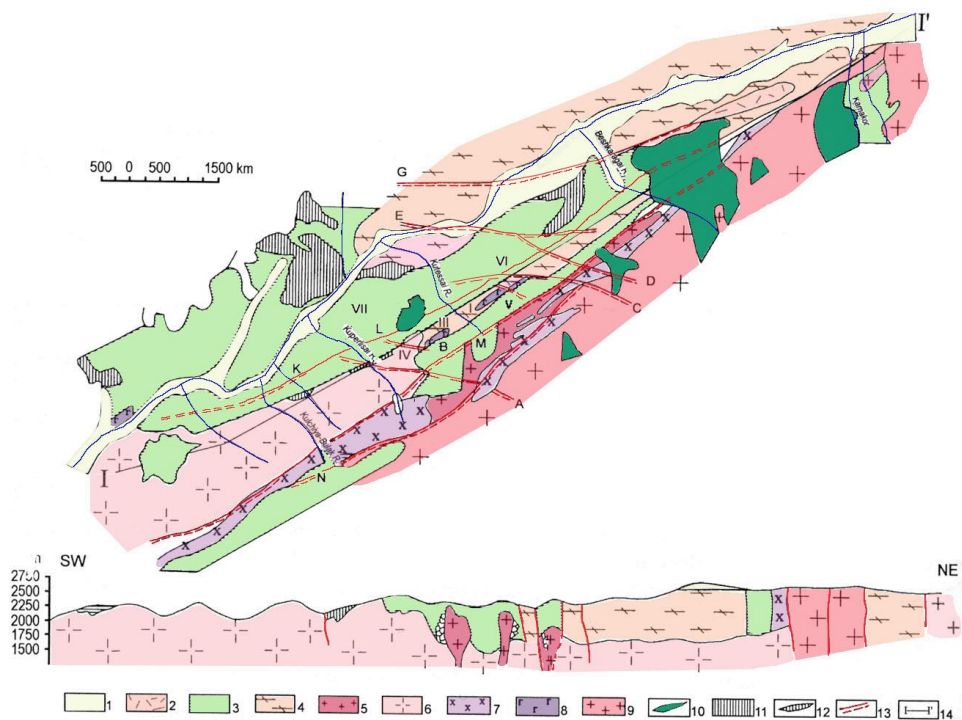


Рис.1. Геологическая карта Актюзского рудного поля. Составили: Ким В.Ф. и др. 2001:

Породы Актюзского рудного поля – мраморы, гнейсы, эклогиты, кварциты, офиолиты актюзской и куперлисайской свит – антиколитовые зеленые сланцы, амфиболиты, являющиеся фрагментами древней океанической коры, обдуцированы на континентальные блоки, и мигматиты тегементинской свиты, фуксий содержащие кварц – карбонатные породы. [8] Тегементинская свита, авторами [9] преобразована в две составляющие: Кокбулакскую (мигматиты с метапелитовым субстратом) и капчигайскую (мигматиты с metabазитовым субстаратом). Куперлисайская свита рассматривается как аккреционный клин внешней дуги во фронте надвигающейся плиты. Уран – свинцовое датировано по циркону мигматитов Кеминской группы определяется цифрой 2200 ± 50 млн. лет. [10]

Дизъюнктивные нарушения Актюзского рудного поля разбивают площадь на ряд блоков и образуют Актюзскую ослабленную зону шириной порядка двух километров, контролирующих внедрение каледонских и герцинских магматических пород.

С юга рудное поле ограничивается двумя субпараллельными сближенными разломами севера – восточной ориентировки (Южным и Сиенитовым), образующими зону тасакеминского взброса, характеризующуюся неоднократным подновлением. [5]

Основные крупные месторождения (Актюз, Кутесай, Куперлисай) расположены вдоль той зоны на пересечении разломов субмеридиального и северо-восточной направления рис. 2. Месторождения приурочены к саттелитам купной трещинной Кичи-келинской интрузии субщелочных лейкократовых гранитов и к гребневидным выступам гранофировых штоков и эксплозивных трубчатых тел. [5]



Рис.2. Карьер и расположение известных месторождений Актюзского рудного поля.

Главной особенностью геологического строения редкоземельных месторождений Актюзского рудного поля заключается в том, что рудные тела расположены вблизи поверхности земли, а некоторые даже выходят на ее поверхность рис.3. Все это определило, то, что разработка месторождений велась и будут вестись в будущем открытым способом.

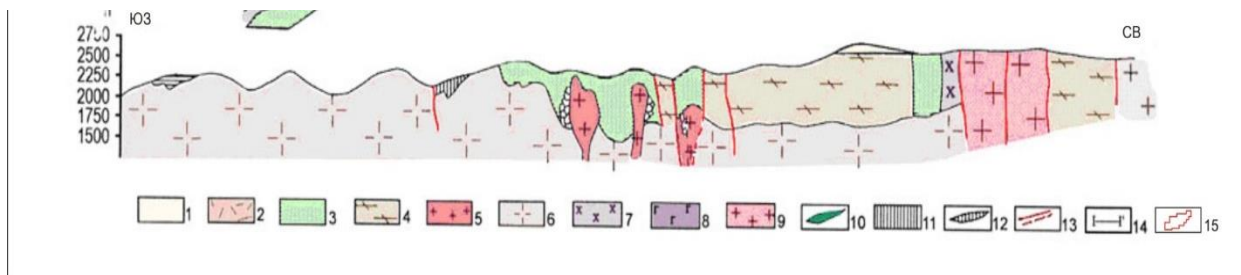


Рис.3 Геологический разрез

При этом открытые горные разработки и предприятия, которые занимаются добычей полезных ископаемых неразрывно связаны с экологией и ее компонентами: воздухом, водой и почвой. Причем необходимо стремиться к нанесению наименьшего вреда для окружающей среды.

Поэтому, в каждом случае необходимо проводить правильную оценку воздействия разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду для уменьшения при этом экологического вреда наносимого окружающей среде.

Горнодобывающая промышленность имеет огромное влияние на окружающую среду и в результате таких неблагоприятных последствий как истощение и загрязнение водных ресурсов, развитие опасных геологических явлений, изменения в ландшафте и загрязнение воздуха, сохранение окружающей среды требует комплекса мер для рационального использования и управление природой с целью улучшения окружающей среды

Геологические исследования должны обеспечивать существенной информацией соответствующие государственные органы для создания планов и решений об охране окружающей среды. Непринятие во внимание геологической информации может привести к опасным геологическим катастрофам, например, оползням, оседанию земной поверхности и наводнениям. Если геологическая информация правильно использована, то развитие опасных гравитационных процессов может быть предотвращена и приняты соответствующие профилактические и предупредительные меры.

Знание расположения минеральных ресурсов помогает в планировании их добычи, включая и охрану будущих ресурсов. Геологическая информация может также минимизировать загрязнение воздуха и риск загрязнения воды, и она является одним из главных факторов в планировании борьбы с негативными явлениями. Таким

образом, роль геологии при охране окружающей среды существенна и имеет отношение к человеческому благосостоянию и здоровью

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелентьев Г. Самоков А. Мировой и российский рынок редкоземельных металлов // Kanamori H. Earthquake prediction.
2. Мелентьев Г. Б. Воробьев А.Е. Шамшиев О.Ш. Редкометальный потенциал Кыргызстана: состояние и перспективы// Вестник РУДН, серия инженерные исследования, 2015 №4, с. 139 – 145
3. Осмонбетов К.О. Состояние и перспективы развития минерально – сырьевой базы редкоземельных металлов Кыргызстана // Kanamori H. Earthquake prediction.
4. Дженчураева Р.Д. Актюз – Боодинский золото – редкометально – редкоземельно – полиметаллический рудный район в Северном Тянь-Шане (геодинамика, металлогения и модель формирования) // Крупные рудные провинции Центральной Азии. Доклады геологов стран ЦАР в Осло на МГК-33, Алматы, 2008 г. с 272- 283
5. Дженчураева Р.Д. Малюкова Н.Н. Редкоземельные месторождения Кыргызстана Бишкек, 2024-204с.
6. Дженчураева Р.Д. Малюкова Н.Н. Особенности образования структур и зонального распределения рудной минерализация на месторождениях Актюзского рудного поля // вестник КРСУ, 2022, т.22, N 12
7. Малюкова Н.Н. Ким В.Ф. Перспективы комплексного использования недр и минерального сырья месторождения Актюзского рудного поля// Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоение недр М. 2004.
8. Бакиров А.Б. Тагира М. [и др.] Нижний докембрий Тянь – Шаня и его геодинамические условия его формирования // Геотектоника 2003, №5, с. 27-40
9. Kim V. Malyukova N. Raibault L. The Ak – Tyuz rare – metal ore field // Geodynamics and Gold Deposits in Kyrgyz Tien Shan // IGCP 373 International Field Conference, Bishkek and Kyrgyz Tien Shan, Kyrgyz Republic, IAGOD Guidebook series: Natural History Museum London, 2001, p. 115 – 124
10. Киселев В.В. Уран – свинцовая (по цирконам) геохронология магматических проявлений Северного Тянь – Шаня // Известия НАН КР. Проблемы геологии и географии в Кыргызстане, 1999. С. 21 – 33

УДК 004.93

СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ: ТЕОРИЯ, МЕТРИКИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Бийбосунова С. К., Ли Гуанчже, Ши Сянтао
КГУ им. И. Арабаева

В статье представлен системный анализ эволюции методов распознавания образов – от классических подходов, основанных на ручном проектировании признаков, до современных архитектур глубокого обучения. Рассматриваются теоретические основы представления объектов в виде признаковых пространств. Результаты исследования демонстрируют полный жизненный цикл разработки интеллектуальных систем и обосновывают выбор конкретных методов в зависимости от условий эксплуатации и доступных вычислительных ресурсов.

Ключевые слова: Распознавание образов, классификация, метрики качества, нейронные сети.

ОБРАЗДАРДЫ ТААНУУНУН ЗАМАНБАП ПАРАДИГМАЛАРЫ: ТЕОРИЯ, МЕТРИКАЛАР ЖАНА ПРАКТИКАДА КОЛДОНУЛУШУ

Бийбосунова С. К., Ли Гуанчже, Ши Сянтао
И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Макалада образдарды таануу методдорунун эволюциясына – белгилерди кол менен долбоорлоорго негизделген классикалык ыкмалардан баштап, терең окутуунун заманбап архитектураларына чейинки системалуу талдоо берилген. Объекттерди белгилер мейкиндиги түрүндө көрсөтүүнүн теориялык негиздери каралат. Изилдөөнүн жыйынтыктары интеллектуалдык системаларды иштеп чыгуунун толук жашоо циклин көрсөтөт жана эксплуатациялоо шарттарына, ошондой эле жеткиликтүү эсептөө ресурстарына жараша конкреттүү методдорду тандоону негиздейт.

Баштапкы сөздөр: Образдарды таануу, классификациялоо, сапат метрикалары, нейрондук тармактар.

CURRENT PARADIGMS IN IMAGE RECOGNITION: THEORY, METRICS AND PRACTICAL APPLICATIONS.

Biibosunova S. K., Li Guangzhe, Shi Xiangtao

Kyrgyz State University named after I. Arbaeva

This article presents a systematic analysis of the evolution of image recognition methods – from classical approaches based on manually designed features to modern deep learning architectures. The theoretical foundations of representing objects as feature spaces are examined. The research results demonstrate the full life cycle of intelligent system development and justify the selection of specific methods based on operating conditions and available computational resources.

Keywords: Pattern recognition, classification, quality metrics, neural networks.

Введение

Теория распознавания образов представляет собой одно из ключевых направлений современной информатики, искусственного интеллекта и прикладной математики. Ее задача состоит в том, чтобы по наблюдаемым данным выявить свойства объекта, отнести его к определенному классу, обнаружить структуру или принять решение в условиях неопределенности. В прикладном смысле это означает автоматическое понимание изображений, текстов, аудиосигналов, биометрических характеристик и множества других типов данных, которые ранее анализировались человеком вручную.

Актуальность темы объясняется сразу несколькими факторами. Во-первых, цифровые данные генерируются в огромных объемах, и ручная обработка становится экономически нецелесообразной. Во-вторых, развитие вычислительной техники и графических ускорителей сделало возможным обучение сложных моделей на больших выборках. В-третьих, распознавание образов уже стало основой для интеллектуальных сервисов в промышленности, медицине, транспорте, безопасности, банковской сфере и пользовательских приложениях [1].

Современный этап развития распознавания образов характеризуется переходом от жестко заданных правил и ручного

выделения признаков к данным-ориентированным методам, где система самостоятельно извлекает информативные представления из примеров. При этом классические методы не утратили своей значимости: они сохраняют ценность там, где объем данных ограничен, требуется высокая интерпретируемость или существуют жесткие вычислительные ограничения.

Цель данного текста заключается в том, чтобы системно рассмотреть современные методы теории распознавания образов, показать их место в общей структуре интеллектуальных систем и обосновать практическую разработку сервиса, демонстрирующего сравнение классического и нейросетевого подходов на задаче анализа изображений [1, 2].

Теоретические основы распознавания образов

Под образом в теории распознавания понимается совокупность признаков, описывающих некоторый объект или явление. Объектом может быть фотография изделия, дорожный знак, отпечаток пальца, голосовая команда, фрагмент текста или результат медицинского исследования. Для того чтобы объект мог быть обработан машиной, его необходимо представить в числовой форме. Такое представление называют вектором признаков или пространством признаков описаний [3].

Центральная идея распознавания образов состоит в том, что объекты одного класса обладают общими характеристиками, а объекты разных классов различаются по значимым признакам [4, 5, 6].

В реальных приложениях важен не только выбор алгоритма, но и качество данных, корректность разметки, согласованность признакового пространства, устойчивость к шуму и способность модели обобщать знания на новые примеры.

Основные этапы решения задачи распознавания

Независимо от конкретного алгоритма практическая система распознавания образов обычно строится по этапам. Сначала происходит сбор данных: формируется корпус изображений, сигналов или иных объектов, на которых будет обучаться и проверяться модель. На этом шаге критически важны полнота выборки, баланс классов и соответствие данных реальным условиям эксплуатации.

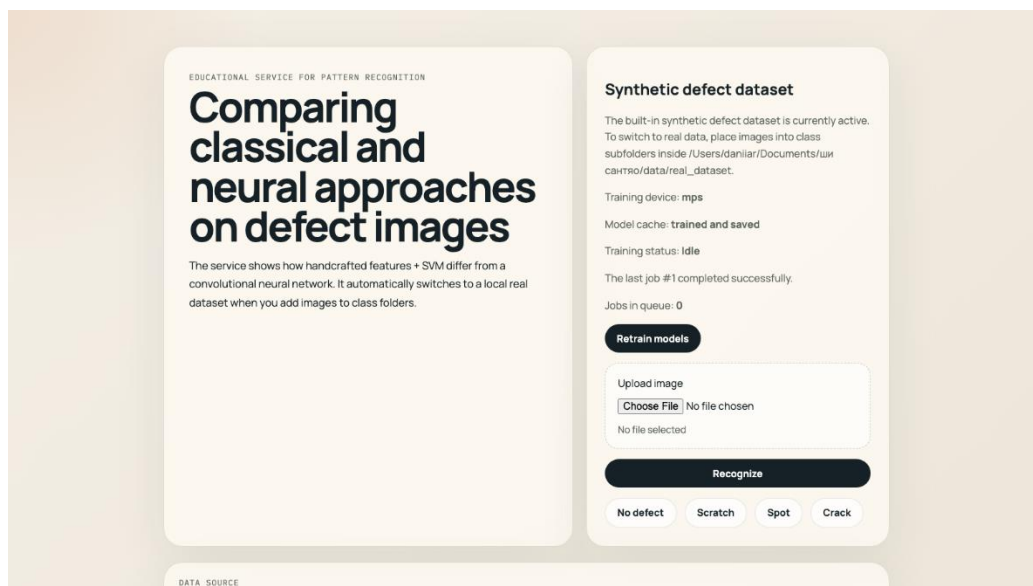


Рис.1. Интерфейс учебного веб-сервиса для сравнительного анализа классического и нейросетевого подходов

Далее выполняется предварительная обработка. Для изображений это может быть изменение размера, перевод в оттенки серого, нормализация яркости, фильтрация шумов, выравнивание контраста, выделение интересующей области. Цель этапа состоит в том, чтобы уменьшить влияние случайных факторов и привести объекты к единому формату, удобному для дальнейшего анализа.

Следующий этап связан с извлечением признаков. В классических системах признаки проектируются человеком: текстурные характеристики, градиенты, гистограммы интенсивности, контурные дескрипторы, геометрические моменты. В современных нейросетевых подходах признаки формируются самой моделью автоматически в процессе обучения. Это принципиальное отличие определило скачок в качестве систем компьютерного зрения и распознавания речи.

После этого происходит обучение модели и ее валидация. Набор данных делят на обучающую, валидационную и тестовую части. На обучающей выборке модель подбирает параметры, на валидационной настраиваются гиперпараметры, а тестовая часть используется для независимой оценки качества. Завершающий этап связан с внедрением: модель интегрируется в сервис, получает новые данные от пользователя и формирует прогноз с указанием класса, вероятности и дополнительных диагностических сведений.

Классические методы распознавания образов

Классические методы сформировали фундамент распознавания образов задолго до распространения глубокого обучения. Их сильная

сторона заключается в прозрачной логике работы и сравнительно невысоких требованиях к вычислительным ресурсам. Наиболее простым методом является k-ближайших соседей, при котором решение для нового объекта принимается на основе сходства с уже известными примерами. Метод интуитивно понятен, однако чувствителен к выбору метрики и масштабу признаков [4].

Широкое распространение получили методы линейной и нелинейной классификации. Логистическая регрессия подходит для случаев, когда классы можно разделить с помощью почти линейной границы, в то время как SVM (машина опорных векторов) может обучаться более сложным границам принятия решений с помощью ядерных функций. SVM часто используются при работе с многомерным пространством признаков и относительно небольшим количеством образцов. Раньше типичный рабочий процесс в компьютерном зрении включал извлечение признаков, их нормализацию и классификацию с помощью SVM.

Особый интерес представляют также деревья решений, случайные леса и градиентный бустинг. Они очень эффективны при работе с табличными данными, позволяют ранжировать важность признаков и часто используются в контексте гибридного подхода, при котором извлекаются признаки изображения и применяется метод ансамблевой классификации. Для анализа текстуры часто используются признаки, основанные на дескрипторах HOG, LBP, признаках типа Haar, локальной статистике и моментах изображения.

Классические методы имеют серьезный недостаток, заключающийся в том, что качество модели напрямую зависит от качества признаков, выбранных инженером.

Если признаки недостаточно выразительны, алгоритм не сможет компенсировать это автоматически. Именно поэтому с ростом сложности данных и требований к точности все большую роль стали играть методы глубокого обучения, которые строят представление объектов из самих данных [6].

Современные методы и глубокое обучение

Современный этап развития распознавания образов связан прежде всего с искусственными нейронными сетями и глубоким обучением [7]. Их главное преимущество заключается в способности автоматически выделять иерархию признаков: от простых локальных контуров и текстур до сложных абстрактных структур. В результате модель самостоятельно формирует внутреннее представление объектов, которое оказывается

более устойчивым и информативным, чем заранее заданные вручную дескрипторы.

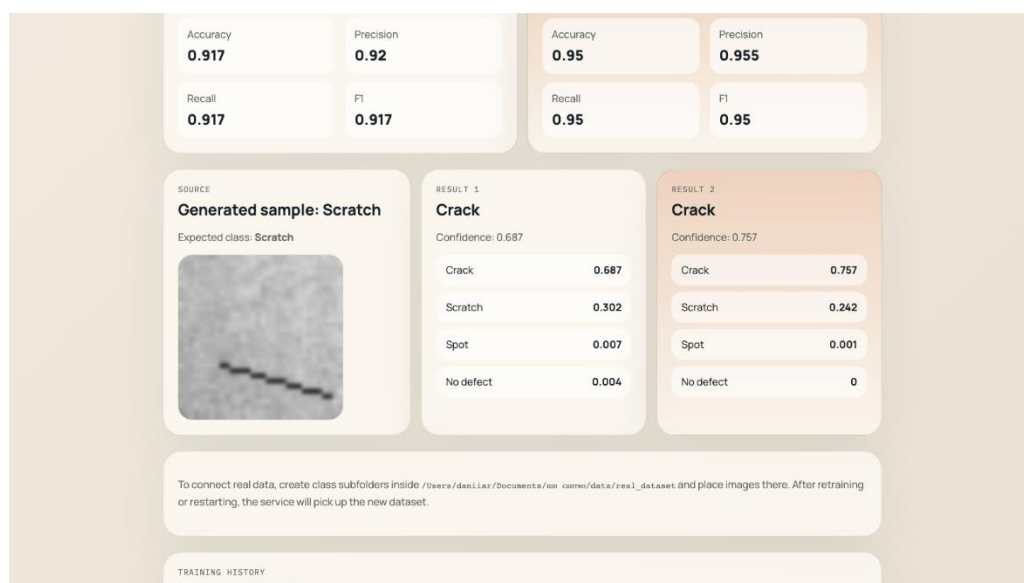


Рис.2. Результаты инференса моделей и сравнительный анализ метрик качества классификации.

Для обработки изображений особенно важны сверточные нейронные сети. Они используют локальные фильтры, общие веса и операции подвыборки, благодаря чему эффективно выявляют пространственные закономерности. Классические архитектуры семейства LeNet, AlexNet, VGG, ResNet, EfficientNet и их производные стали основой большинства практических решений в компьютерном зрении. В задачах классификации сеть определяет класс изображения, в задачах детектирования она дополнительно локализует объект, а в задачах сегментации выделяет пиксели интересующей области [8].

Большое значение имеет transfer learning, то есть дообучение уже подготовленной модели на новой предметной области.

При этом окончательное решение в ответственных сценариях остается за специалистом, а сама модель выступает в роли инструмента поддержки принятия решений [9, 10].

В транспортных и городских системах распознавание образов применяется для обнаружения дорожных знаков, контроля полос движения, распознавания номеров, мониторинга трафика и предотвращения инцидентов. В сфере безопасности используются методы идентификации лиц, анализа поведения, обнаружения запрещенных предметов и поиска аномалий на видеопотоке. В

пользовательских сервисах распознавание образов лежит в основе поиска по изображению, умных камер, фильтров, биометрической аутентификации и систем рекомендаций.

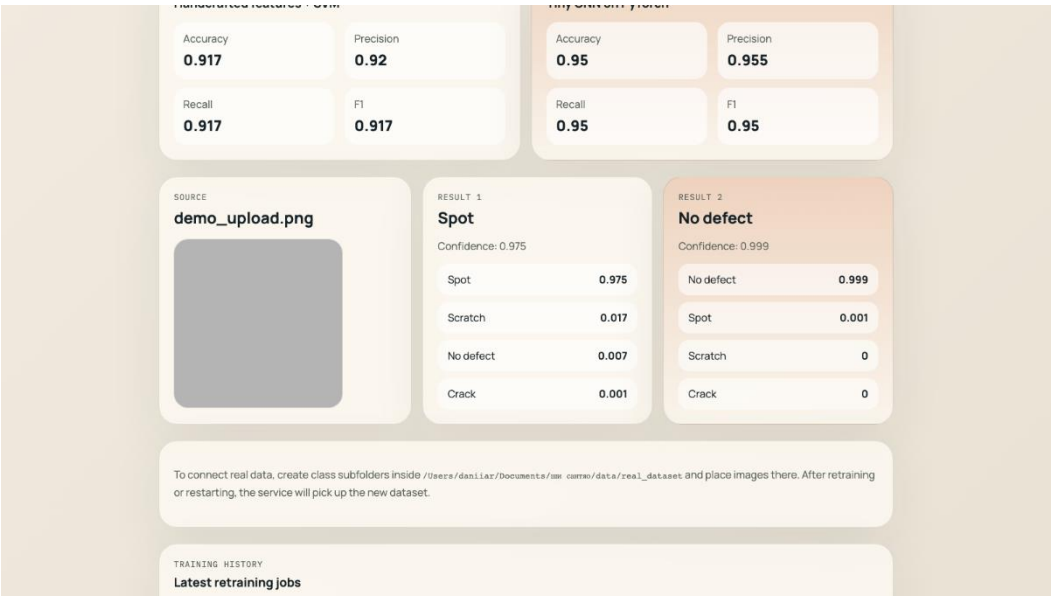


Рис.3. Интерфейс загрузки пользовательского изображения и сопоставление результатов классификации двумя контурами

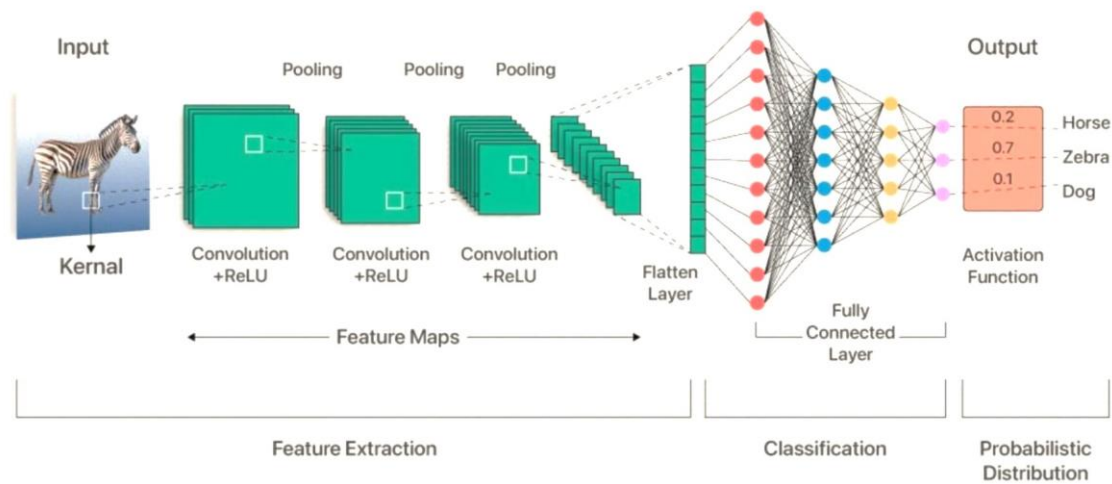


Рис.4. Типовая архитектура сверточной нейронной сети (CNN) и этапы обработки визуальных данных

Таким образом, практическая ценность распознавания образов определяется не только высокой точностью алгоритма, но и способностью встроиться в реальный бизнес-процесс. Хорошая система должна быть

понятной, устойчивой к шуму, измеримой по качеству, достаточно быстрой и экономически оправданной.

Концепция разрабатываемого сервиса

В качестве практической разработки целесообразно создать учебный веб-сервис, демонстрирующий сравнение двух подходов к распознаванию изображений: классического признакового алгоритма и нейросетевой модели. Такой сервис удобен как для изучения теории, так и для последующего расширения под реальную прикладную задачу, например контроль дефектов на производстве. Пользователь получает не абстрактное описание алгоритмов, а наглядный инструмент, в котором можно загрузить изображение, увидеть прогнозы двух моделей и сравнить их поведение.

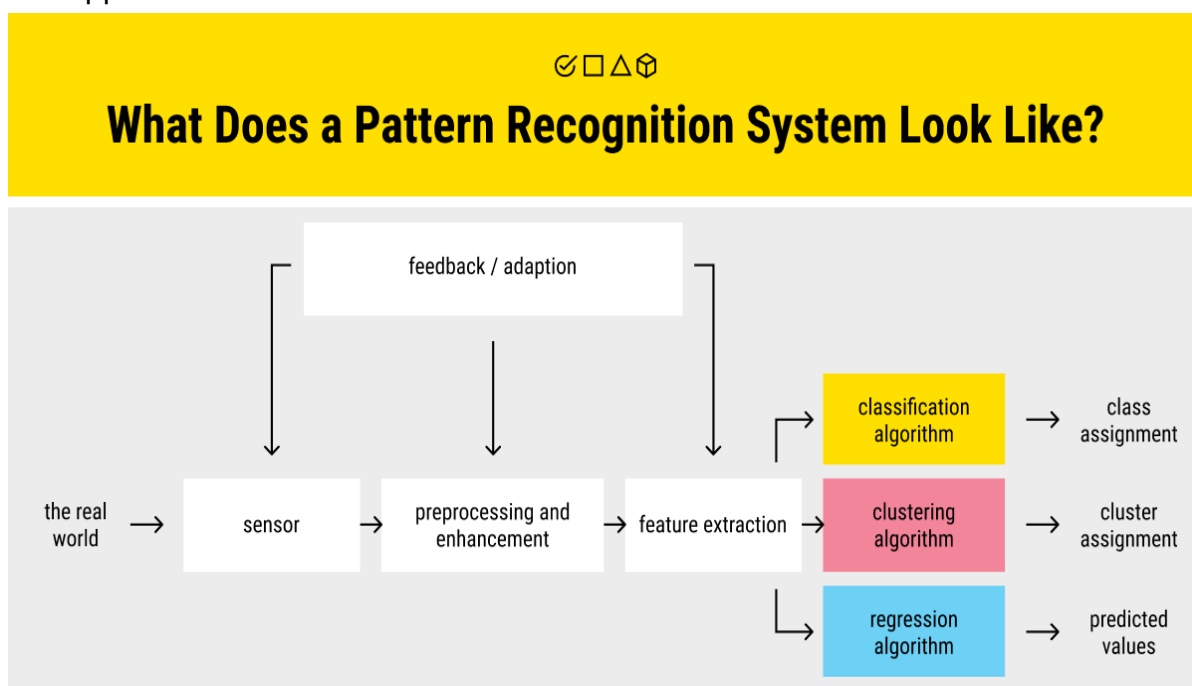


Рис.5. Обобщенная функциональная схема системы распознавания образов и основные этапы обработки данных

Архитектурно сервис должен включать модуль подготовки данных, модуль обучения, API для получения изображений от пользователя, блок вывода результатов и интерфейс с метриками качества. В учебном MVP допустимо использовать синтетический датасет изображений дефектов. Такой подход позволяет развернуть демонстрационную систему без внешних зависимостей и одновременно показать весь pipeline: генерацию данных, выделение признаков, обучение, валидацию и инференс.

Классический контур может быть построен на комбинации заранее вычисленных признаков и классификатора SVM. Конструкция нейронной сети должна представлять собой многослойный перцептрон или сверточную сеть, в зависимости от доступных ресурсов и библиотек. Она должна предоставлять показатели производительности моделей, вероятности классов для классификации, объяснение результатов, а также набор тестовых примеров, позволяющих пользователю проверить их.

Практическая значимость рассматриваемого сервиса заключается в двух аспектах. Во-первых, он служит обучающим набором для экспериментов по классификации изображений на основе глубокого обучения.

Заключение

Распознавание изображений находится на стыке математики, машинного обучения и инженерных дисциплин. Традиционно классическая математика использовалась для формального описания элементов и характеристик изображений, а также для поддержки процессов принятия решений. Однако математика нейронных сетей выводит эту область в новое измерение: компьютеры могут видеть, слышать и извлекать информацию из обширных баз данных изображений, демонстрируя выдающуюся эффективность в компьютерном зрении, обработке речи и мультимодальной обработке.

Распознавание изображений используется во многих областях: промышленной автоматизации, медицине, беспилотных автомобилях, системах безопасности, мобильной и бытовой электронике, а также в автоматизации дома и офиса. Поэтому выбор подходящего алгоритма распознавания изображений для конкретного приложения обычно сводится к сопоставлению требований приложения с характеристиками доступных алгоритмов. Критерии, которые следует учитывать в этом контексте, включают качество данных для обучения и оценки, скорость работы приложения, необходимость объяснения результатов и, наконец, уровень сложности приложения. Предлагая широкий спектр проверенных и современных алгоритмов, OpenCV облегчает выбор подходящего метода для каждого приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бишоп, К. Распознавание образов и машинное обучение = Pattern Recognition and Machine Learning [Текст] / К. Бишоп. – Springer, 2006. – 738 с.

2. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение = Deep Learning [Текст] / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. – М. : ДМК Пресс, 2018 (ориг. изд. MIT Press). – 652 с.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений = Digital Image Processing [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2012 (ориг. изд. Pearson). – 1104 с.
4. Хасты, Т. Элементы статистического обучения = The Elements of Statistical Learning [Текст] / Т. Хасты, Р. Тибширани, Дж. Фридман. – Springer, 2009. – 745 с.
5. Szeliski, R. Computer Vision: Algorithms and Applications [Text] / R. Szeliski. – Springer, 2010. – 812 p.
6. LeCun, Y. Deep learning [Text] / Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436–444.
7. Scikit-learn: Machine Learning in Python [Electronic resource] : official documentation. – URL: <https://scikit-learn.org> (date of access: 18.03.2026).
8. FastAPI framework [Electronic resource] : interactive API documentation. – URL: <https://fastapi.tiangolo.com> (date of access: 18.03.2026).
9. NumPy [Electronic resource] : fundamental scientific computing with Python. – URL: <https://numpy.org> (date of access: 18.03.2026).
10. Pillow (PIL Fork) [Electronic resource] : Python Imaging Library. – URL: <https://python-pillow.org> (date of access: 18.03.2026).

УДК 517.928

КОРРЕКТНОСТЬ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В МНОГОМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ

Аскар к. Л., Бейшебаева Ж. К., Солдатбек к. Б., Жуманалы к. Г.
Кыргызский Национальный университет им. Ж. Баласагына,

В статье исследуется корректность решения начальной задачи для уравнения теплопроводности с обратным временем в многомерном пространстве. Рассматриваются начальные данные в виде целых аналитических функций экспоненциального типа. Доказано существование и устойчивость аналитического решения в соответствующих функциональных пространствах, а также получены результаты для интегральных уравнений первого рода.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, обратное время, начальная задача, корректность, устойчивость решения, аналитические функции, целые функции, экспоненциальный тип, многомерное пространство, оператор дифференцирования, степенной ряд, интегральное уравнение первого рода.

АНАЛИТИКАЛЫК ФУНКЦИЯЛАР МЕНЕН КӨП ӨЛЧӨМДҮҮ МЕЙКИНДИКТЕ БАШТАПКЫ МАСЕЛЕНИ ЧЕЧҮҮНҮН КОРРЕКТҮҮЛҮГҮ

Аскар к. Л., Бейшебаева Ж. К., Солдатбек к. Б., Жуманалы к. Г.
Ж. Баласагына атындагы Кыргыз Улуттук университети

Бул макалада көп өлчөмдүү мейкиндиктеги тескери убакыт жылуулук теңдемеси үчүн баштапкы маселенин чыгарылышынын коррективдүүлүгү каралат. Баштапкы маалыматтар экспоненциалдык типтеги бүтүндөй аналитикалык функциялар катары каралат. Аналитикалык чыгарылыштын тиешелүү функция мейкиндиктеринде бар экендиги жана туруктуулугу далилденген жана биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелер үчүн жыйынтыктар алынган.

Баштапкы сөздөр: жылуулук теңдемеси, тескери убакыт, баштапкы маселе, чыгарылыштын туруктуулугу, аналитикалык функциялар, бүтүн функциялар, экспоненциалдык тип, көп өлчөмдүү мейкиндик, дифференциациялоо оператору, даражалык катар, биринчи түрдөгү интегралдык теңдеме.

CORRECTNESS OF THE SOLUTION TO THE INITIAL PROBLEM IN MULTIDIMENSIONAL SPACE WITH ANALYTICAL FUNCTIONS

Askar K. L., Beyshebaeva Zh. K., Soldatbek K. B., Zhumanaly K. G.
Kyrgyz National University named after. Zh. Balasagyn

This article examines the well-posedness of the solution to an initial-value problem for the inverse-time heat equation in a multidimensional space. The initial data are considered as entire analytic functions of exponential type. The existence and stability of the analytic solution in the corresponding function spaces are proven, and results are obtained for integral equations of the first kind.

Keywords: heat equation, inverse time, initial-value problem, well-posedness, stability of the solution, analytic functions, entire functions, exponential type, multidimensional space, differentiation operator, power series, integral equation of the first kind.

Введение. Нахождение возможно широких условий для корректности [4]- [9] решения начальной задачи [1] для уравнения теплопроводности в многомерном пространстве с аналитическими функциями, являющееся корректными, то есть имеющими устойчивое решение, определяет актуальность данной работы.

На основе использования эффекта аналитичности [2], [3], [5], [7] [10] построены новые классы корректных линейных и нелинейных интегральных уравнений первого рода с одной, двумя и многими переменными, являющихся корректными в соответствующих пространствах функций, построены приближенные методы для их устойчивого решения. Построены компьютерные программы для устойчивого построения приближенных решений некоторых типов таких уравнений.

Построенное программное обеспечение с соответствующими модификациями можно использовать для приближенного решения

различных уравнений, причем обнаруженный результат будет косвенно подтверждать корректность таких уравнений.

Методы и материалы.

Используются следующие обозначения:

A_v (для $v > 0$) – пространство целых аналитических функций экспоненциального типа с показателем v , то есть удовлетворяющих условию: $(\forall f(z) \in A_v)(\exists c > 0)(\forall z \in C)(|f(z)| < c e^{v|z|})$.

Норма в пространстве A_v : $\|f\|_v := \sup\{|f(z)| e^{-v|z|} : z \in C\}$.

A_{+v} – пространство целых аналитических функций $f(z)$ таких, что в некоторой точке (можно принять – в начале координат) последовательность их производных имеет скорость роста не выше степенного:

$(\forall f(z) \in A_{+v})(\exists c > 0)(\forall k \in N_0 = \{0, 1, 2, 3 \dots\})(|f^{(k)}(0)| \leq c v^k)$.

Норма в пространстве A_{+v} : $\|f\|_{+v} := \sup\{|f^{(k)}(0)| v^{-k} : k \in N_0\}$.

Соответственно, будем обозначать A_{2v} – пространство аналитических функций двух переменных с условием

$(|f(z, w)| < c e^{v(|z|+|w|)})$;

A_{n+v} – пространство аналитических функций n переменных с условием:

$\left| \frac{\partial^{|I|} f(0)}{\partial x^I} \right| < \text{const } v^{|I|}$ с нормой $\|f(x)\|_{n+v} := \sup \left\{ \left| \frac{\partial^{|I|} f(0)}{\partial x^I} \right| v^{-|I|} : I \in N_0^n \right\}$.

В пространстве A_{n+v} норма оператора частного дифференцирования D по одной из переменных (не умаляя общности, будем считать - по первой переменной). Временно введем обозначение «единичного» мультииндекса $E := (1, 0, \dots, 0)$.

$$\begin{aligned} \|Df(x)\|_{n+v} &= \left\| D \sum \left\{ \frac{1}{I!} D^I f(0) x^I : I \in N_0^n \right\} \right\|_{n+v} = \\ &= \left\| \sum \left\{ \frac{1}{I!} D^I f(0) i_1 x^{I-E} : I \in N_0^n, I \neq E \right\} \right\|_{n+v} = \\ &= \left\| \sum \left\{ \frac{1}{(I-E)!} D^I f(0) x^{I-E} : I \in N_0^n, I \neq E \right\} \right\|_{n+v} = \\ &= \left\| \sum \left\{ \frac{1}{I!} D^{I+E} f(0) x^I : I \in N_0^n \right\} \right\|_{n+v} = \\ &= \sup \left\{ \frac{1}{I!} |D^{I+E} f(0)| v^{-|I|} : I \in N_0^n \right\} \leq \sup \{ \|f\|_{n+v} v^{|I+E|} v^{-|I|} : I \in N_0^n \} = \\ &= \|f\|_{n+v} v. \end{aligned}$$

Таким образом, операторная норма

$$\|D\|_{n+v} \leq v. \quad (1)$$

Ограниченность оператора дифференцирования в пространстве A_{n+v} и обеспечивает корректность ряда задач, которые являются некорректными в других пространствах.

Результаты.

Рассмотрим многомерное уравнение теплопроводности с обратным временем в R^n

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial x} = -a \Delta u(t, x), (t, x) \in R_{++} \times R^n, a > 0 \quad (2)$$

с начальным условием

$$u(0, x) = \varphi(x), x \in R^n, \quad (3)$$

где $\varphi(z) \in A_{n+v}$ и принимает вещественные значения при вещественных значениях аргумента.

Формальный ряд для решения. Будем искать решение (2)-(3) в виде

$$u(t, x) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(x) t^k, \quad (4)$$

где $u_k(x)$ – искомые целые аналитические функции. (Сходимость этого ряда и рядов, получающихся из него дифференцированием по x и по t , пока не рассматривается).

Подставляя (4) в (3), получаем, что

$$u_0(x) = \varphi(x). \quad (5)$$

Подставляя (4) в (2) и также формально дифференцируя ряд почленно, получаем

$$\sum_{k=1}^{\infty} u_k(x) k t^{k-1} = -a \sum_{k=0}^{\infty} \Delta u_k(x) t^k. \quad (6)$$

Заменяя переменную суммирования в левой части ($k-1$ на k), имеем

$$\sum_{k=0}^{\infty} u_{k+1}(x) (k+1) t^k = -a \sum_{k=0}^{\infty} \Delta u_k(x) t^k.$$

Приравнявая сомножители при одинаковых степенях t^k , получаем соотношения

$$u_{k+1}(x) = -\frac{1}{k+1} a \Delta u_k(x), k \in N_0. \quad (7)$$

Из оценки (1) получаем: операторная норма

$$\|\Delta\|_{n+v} = n v^2. \quad (8)$$

Т е о р е м а 1. Если функция $\varphi(z)$ -целая аналитическая экспоненциального типа, то существует целое аналитическое решение задачи (2)-(3), которое выражается формулой:

$$u(t, x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} (-a)^k \Delta^k \varphi(x) t^k = \exp(-at \Delta) \varphi(x). \quad (9)$$

Д о к а з а т е л ь с т в о. Докажем, что этот ряд сходится (абсолютно). Для этого построим мажорирующий ряд.

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} a^k \|\Delta^k \varphi(x)\|_{n+v} t^k \leq \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} a^k (n v^2)^k \|\varphi(x)\|_{n+v} t^k =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} (atnv^2)^k \|\varphi(x)\|_{n+v} = \|\varphi(x)\|_{n+v} \exp(anv^2 t).$$

Так же доказывается сходимость рядов дифференцированием. Теорема доказана.

С л е д с т в и е. Для любых $T > 0, X > 0, Y > 0$ существует такая константа $\gamma > 0$, что в области $\{(t, x): 0 \leq t \leq T, \|x\| \leq X\}$ $|\Delta u(t, x)| \leq \gamma$; для любого $h > 0$ будет

$$|u(t+h, x) - (u(t, x) - ah\Delta u(t, x))| \leq \gamma h^2.$$

Д о к а з а т е л ь с т в о: для второй части. Перепишем (9) в виде

$$u(t, x) = \varphi(x) - a\Delta\varphi(x) + \sum_{k=2}^{\infty} \frac{1}{k!} (-a^2)^k \Delta^k \varphi(x) t^k;$$

$$|u(t, x) - (\varphi(x) - a\Delta\varphi(x))| = \left| t^2 \sum_{k=2}^{\infty} \frac{1}{k!} (-a^2)^k \Delta^k \varphi(x) t^{k-2} \right|.$$

Т е о р е м а 2. В условиях Теоремы 1

$$\lim\{u(t, x) - (E - at\Delta/m)^m \varphi(x): m \in \mathbf{N}\} = 0.$$

Д о к а з а т е л ь с т в о следует из того факта, что коэффициенты разложения $(1 + \frac{1}{m})^m$ стремятся к коэффициентам разложения $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}$ при $m \rightarrow \infty$ и имеют тот же знак, а также из абсолютной сходимости ряда (9).

Рассмотрим более общее уравнение:

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial x} = \Lambda u(t, x), (t, x) \in \mathbf{R}_{++} \times \mathbf{R}^n, \quad (10)$$

где Λ - линейный дифференциальный оператор с постоянными коэффициентами, с начальным условием (3).

Аналогично Теоремам 1 и 2 доказываются более общие

Т е о р е м а 3. Если функция $\varphi(z)$ -целая аналитическая экспоненциального типа, то существует целое аналитическое решение задачи (10)-(3), которое выражается формулой:

$$u(t, x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \Lambda^k \varphi(x) t^k = \exp(t\Lambda) \varphi(x), \quad (11)$$

ряд абсолютно сходится.

Т е о р е м а 4. В условиях Теоремы 3

$$\lim\{u(t, x) - (E + t\Lambda/m)^m \varphi(x): m \in \mathbf{N}\} = 0.$$

Зафиксируем некоторое $T > 0$ и обозначим $w(x) = u(T, x)$. Тогда получим в силу известной интегральной формулы для решения уравнения начальной задачи (3) для уравнения теплопроводности(2):

$$\varphi(x) = \frac{1}{(2\sqrt{Ta\pi})^n} \int_{\mathbf{R}^n} \exp\left(-\frac{|x - \xi|^2}{4aT}\right) w(\xi) d\xi.$$

Обозначим $b := \frac{1}{4aT}$, $f(x) := \left(\frac{\pi}{b}\right)^{\frac{n}{2}} \varphi(x)$. Тогда получим: $T := \frac{1}{4ab}$,

$$f(x) = \int_{\mathbf{R}^n} \exp(-b|x - \xi|^2) w(\xi) d\xi.$$

Отсюда следует

Т е о р е м а 5. Если функция $f(x): \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$ -целая аналитическая экспоненциального типа по своим переменным с вещественными коэффициентами, то существует такое же целое аналитическое решение интегрального уравнения первого рода

$$J_n(x; w(s): s) = \int_{\mathbf{R}^n} \exp(-b|x - \xi|^2) w(\xi) d\xi = f(x). \quad (12)$$

Это решение выражается формулой

$$\begin{aligned} w(x) = J_n^{-1}(x; f(s): s) &= \left(\frac{b}{\pi}\right)^{\frac{n}{2}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k! (4b)^k} (-1)^k \Delta^k f(x) = \\ &= \left(\frac{b}{\pi}\right)^{\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{4b} \Delta\right) f(x). \end{aligned} \quad (13)$$

Оно устойчиво по $f(x)$ в пространстве A_{n+v} .

Д о к а з а т е л ь с т в о. Подставляя в (9), получаем

$$\begin{aligned} w(x) &= \left(\frac{b}{\pi}\right)^{\frac{n}{2}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} (-a)^k \Delta^k f(x) \left(\frac{1}{4ab}\right)^k = \\ &= \left(\frac{b}{\pi}\right)^{\frac{n}{2}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k! (4b)^k} \Delta^k f(x). \end{aligned}$$

Заключение

Доказаны результаты о корректности решения задач с обратным временем для уравнения теплопроводности. Полученные результаты можно использовать для построения приближенного решения обратных задач математической физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамар Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа / Ж. Адамар. - Москва: Наука, 1978.
2. Аскар кызы Л. Эффекты и явления в теории динамических систем / Кененбаева Г.М., Аскар кызы Л. //Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке. Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы: КазНПУ имени Абая, 2015. -С.340-343.

3. Аскар кызы Л. Поиск эффектов / Г.М., Кененбаева, Л. Аскар кызы // Вестник КРСУ. Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений: Том1, Бишкек, 2013. –С. 187-191.
4. Askar kyzy L. Conditions of positivity of solutions of integral equations of the first kind in the space of analytical functions / L. Askar kyzy // Abstracts of the V International Scientific Conference “Asymptotical, Topological and Computer Methods in Mathematics” devoted to the 85 anniversary of Academician M. Imanaliev / Ed. by Academician A.Borubaev. - Bishkek, 2016. – P. 35.
5. Аскар кызы Л. Корректность решения двумерного интегрального уравнения первого рода с аналитическими функциями / Л.Аскар кызы // Проблемы современной науки и образования, 2016, № 21(63). - Иваново: изд. Олимп. – С. 6-9. (РИНЦ)
6. Аскар кызы Л. Условия существования положительных решений линейных интегральных уравнений первого рода / Л. Аскар кызы // Вестник ЖАГУ, 2016, № 1 (32). – С.24-29.
7. Аскар кызы Л. Корректность интегральных уравнений первого рода типа Гаммерштейна с аналитическими функциями / Л. Аскар кызы // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2017, № 5. - С. 78-80.
8. Панков П.С. Корректность обратной начальной задачи для уравнения теплопроводности с аналитическими данными / П. С. Панков, Х.С. Сабилова// Дифференциальные уравнения в частных производных и родственные проблемы анализа и информатики: Труды международной научной конференции. Том 1. – Ташкент, 2004. – С. 117-121.
9. Панков П.С. Применение метода сеток к обратной начальной задаче для уравнения теплопроводности с аналитическим начальным условием / П. С. Панков, Х. С. Сабилова // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына: серия 3. Естественно-технические науки. - Выпуск 3. Математические науки. Информатика и информационные технологии. – Бишкек, 2005. - С. 103-106.
10. Кененбаева Г.М. Теория и методика поиска новых эффектов и явлений в теории возмущенных дифференциальных и разностных уравнений. – Бишкек: Илим, 2012. - 204 с.

УДК 35:004

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСШТАБИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕТИЦИЙ: МОНОЛИТНЫЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ДЕМОКРАТИИ

Бийбосунова С. К., Цуй Чжичуань, Ли Мин

КГУ им. И. Арабаева

В эпоху цифровых технологий электронная петиция является одним из способов выражения гражданами своего мнения, жалоб или предложений по интересующим их вопросам или государственной службе. На самом деле, через международные веб-сайты, такие как Change.org и Avaaz.org и т.д. Нередко они не отвечают потребностям каждой страны, особенно в тех случаях, когда требуются гибкость, прозрачность и защита данных.

Здесь мы представляем разработку и оценку веб-системы, системы подачи электронных петиций, для местных жителей. Предлагаемая нами система реализована с использованием платформы Django и базы данных PostgreSQL. Предлагаемая нами система использует монолитный подход и пытается сохранить равновесие между простотой использования, надежностью и безопасностью, требуемыми в местной системе электронных петиций, с внедрением необходимых функций модерации для предотвращения неправильного поведения (злоупотреблений) во время сбора голосов местных жителей, а также мер по предотвращению любых возможных злоупотреблений от неместных пользователей, а именно от мошенничества и дополнительных аспектов, таких как защита данных граждан.

Платформа была протестирована путем загрузки системы имитируемой рабочей нагрузкой с использованием приложения Locust. Результаты подтверждают стабильность и надежность платформы. Например, при 100 одновременных пользователях среднее время отклика составило менее 200 мс, а загрузка процессора и оперативной памяти

была в допустимых пределах. Разработка системы проводилась в соответствии с требованиями GDPR и ФЗ-152. В заключительной части статьи мы представляем предлагаемую платформу для электронной демократии, которая может служить надежным инструментом для муниципалитетов, школ и неправительственных организаций для поддержки гражданской активности граждан и развития демократического общества на местном уровне.

Ключевые слова: электронная демократия, электронная петиция, веб архитектура, Django, PostgreSQL, монолитическая архитектура.

ЛОКАЛДАШТЫРЫЛГАН ЭЛЕКТРОНДУК ДЕМОКРАТИЯ ҮЧҮН МАСШТАБДАЛУУЧУ ЭЛЕКТРОНДУК ПЕТИЦИЯ ТУТУМУН ДОЛБОРЛОО ЖАНА ӨНДҮРҮМДҮҮЛҮГҮН БААЛОО: МОНОЛИТТИК АРХИТЕКТУРАГА НЕГИЗДЕЛГЕН ЫКМА

Бийбосунова С. К., Цуй Чжичуань, Ли Мин

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Санариптик технологиялардын заманбап доорунда электрондук петиция жарандарды мамлекеттик органдарга жана коомчулукка өздөрүнүн ойлору, даттануулары же сунуштары тууралуу маалымдоонун маанилүү каражаттарынын бири болуп калды. Азыркы учурда мындай мүмкүнчүлүк Change.org, Avaaz.org сыяктуу эл аралык платформалар. Бирок мындай платформалар ар бир өлкөнүн же жергиликтүү коомчулуктун муктаждыктарына толук жооп бере бербейт. Айрыкча, ийкемдүүлүк, ачыктык жана маалыматтарды коргоо маселелери биринчи планга чыкканда, жергиликтүү шарттарга ылайыкташтырылган чечимдерге болгон муктаждык күчөйт.

Бул макалада жергиликтүү колдонуу үчүн иштелип чыккан веб-петицияларды кабыл алуу системасынын натыйжалуулугун иштеп чыгуу жана баалоо каралат. Сунушталган система монолиттүү Архитектуралык ыкманы колдонуу менен осот платформасына жана Осо маалымат базасына негизделген. Системаны иштеп чыгууда колдонуунун оңойлугу, ишенимдүүлүгү жана коопсуздугу сыяктуу негизги талаптардын ортосундагы тең салмактуулукту сактоого басым жасалган.

Мындан тышкары, система добуш берүү процессинде жергиликтүү тургундардын мүмкүн болгон кыянаттыктарын азайтуу үчүн модерация механизмдери менен толукталган. Ошондой эле мыйзамсыз аракеттерди,

анын ичинде тышкы же ага тиешеси жок колдонуучулар тарабынан жасалышы мүмкүн болгон алдамчылыкты алдын алууга багытталган чаралар бар. Жарандардын жеке маалыматтарын коргоо да системанын маанилүү бөлүгү катары каралды.

Платформанын иштеши Хоо тиркемеси аркылуу жасалма жүктөөнү камсыз кылуу менен текшерилген. Жыйынтыгы көрсөткөндөй, система туруктуу жана ишенимдүү иштей алат. Мисалы, орточо жооп убактысы 200 миллисекунддан төмөн болуп, 100 колдонуучу иштеп, процессорду жана оперативдик эс тутумду жүктөө чектен ашкан жок. Мындан тышкары, системаны иштеп чыгууда КК жана МТ-152 сыяктуу маалыматтарды коргоо боюнча талаптар эске алынган.

Баштапкы сөздөр: электрондук демократия, электрондук петиция, веб архитектура, Django, PostgreSQL, монолиттик архитектура.

DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A SCALABLE E-PETITION SYSTEM: A MONOLITHIC ARCHITECTURE APPROACH FOR LOCALIZED E-DEMOCRACY

Biibosunova S. K., Cui Zhiyuan, Li Ming
Arabaev Kyrgyz State University

In the digital age, an electronic petition is one way for citizens to express their opinions, complaints, or proposals on matters of interest or public service. In fact, through international websites such as Change.org and Avaaz.org, etc. It is not uncommon for them to fail to meet the needs of each country, particularly when flexibility, transparency, and data protection are required.

Here, we introduce the design and evaluation of an e-petition system for local citizens. Our proposed system is implemented using the Django framework and a PostgreSQL database. Our proposed system utilizes the monolithic approach and attempts to maintain the equilibrium between ease of use, reliability, and security aspects required in a local e-petition system with the adoption of necessary moderation features to prevent misbehaviors (abuses) during the gathering of local citizen votes, measures to avoid any types of possible abuse from non-local users namely fraud and additional aspects such as data protection for the citizens.

Keywords: e-democracy, electronic petitions, web architecture, Django, PostgreSQL, load testing, data privacy, monolithic architecture.

Globalized, centralized services have made digital activism and social media popular worldwide and profitable businesses. However, one of the challenges that users from public administrations and educational institutions, for example, face is customizing the service to their specific needs, which are often not met by the standard functionality of a global service. Customization needs often appear at different levels. First, the service must be able to communicate with its corresponding authentication systems within the institution. Secondly, it is important to have a moderation process tailored to each institution [1, 2].

One of the problems with most modern centralized systems is that they create several issues for users. One that is perhaps not talked about enough is the issue of data privacy and trust. All the data users share on these systems ends up on 3rd party servers. Also, when implementing a sales funnel for a website, the basic functions offered by WordPress plugins are rarely sufficient. For more complex situations, they are often insufficient.

The main goal of this research is to architect and build a full-featured web application prototype that enables citizens to create and endorse petitions, while offering flexibility for administrators and full data autonomy for the users. The unique scientific aspect of this research lies in optimizing the monolithic structure of a framework tailored to prevent fraud in online social systems (such as Sybil attacks in voting systems) and increasing the system's robustness under high concurrent load during the surge of a viral civic movement.

Diving right into solving the problems listed above, the initial choice was to build the application as a monolithic application using the Django web framework (which follows the Model-View-Template design pattern). Choosing a monolithic structure with Django enables easy deployment, rapid application development, and the preservation of data consistency during the early stages of the application lifecycle.

Database Design and Transactional Integrity. Database Design and Transactional Integrity of the system are described in this subsection. The PostgreSQL database management system served as the core relational database, supporting the ACID properties required for the transactional voting process. The core relational schema comprises the User, Petition, Signature, and Comment entities [3, 4, 5].

Anomalies and attacks. Fraud Prevention and Security Mechanisms. Unique constraints (unique together = ('user', 'petition')) were introduced in the database to prevent voting fraud on petitions and the use of illegitimate signatures on petitions. IP addresses are logged, and timestamp validation is implemented to detect suspicious behaviors. The system natively handles

common web vulnerabilities: - The Django framework prevents Cross-Site Request Forgery (CSRF) attacks. - HTML content is filtered on the server-side to prevent Cross-Site Scripting (XSS) attacks. - Parameterized ORM queries prevent SQL injection [6].

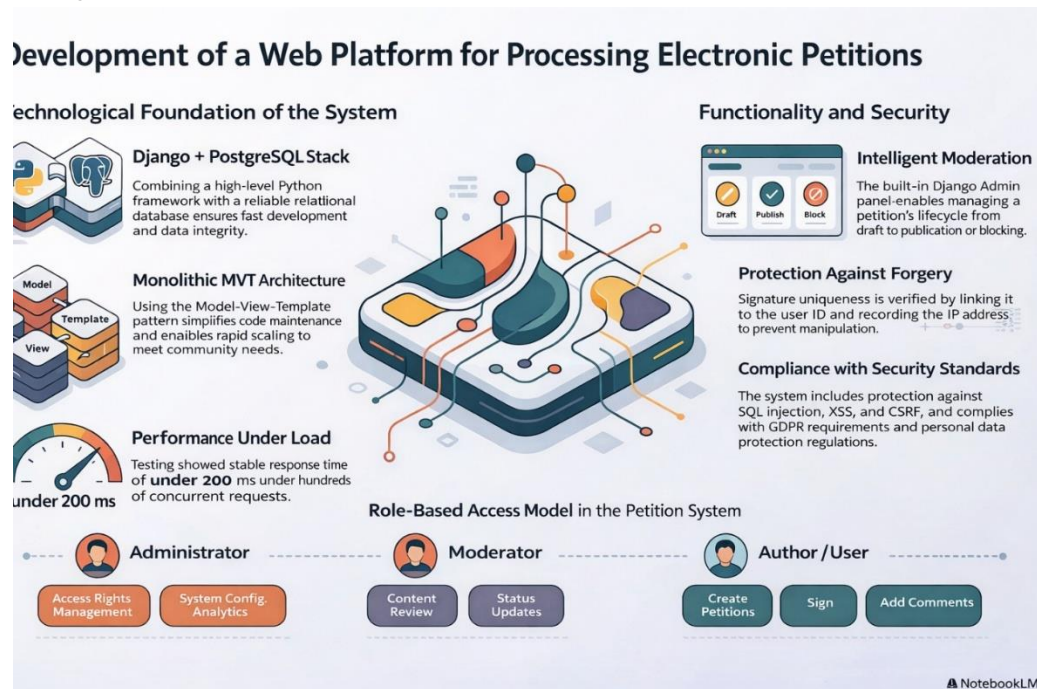
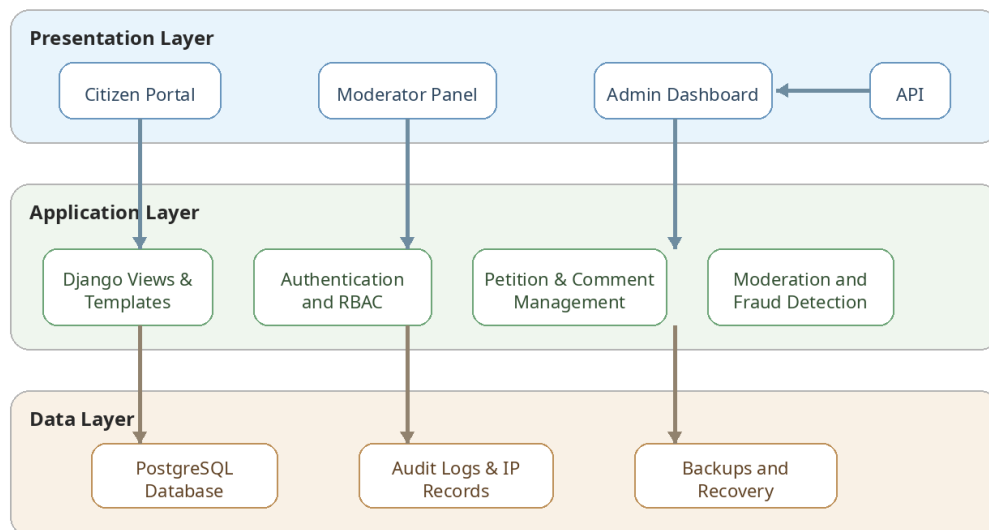


Fig. 1. Development of a Web Platform for processing Electronic Petitions

Role-Based Access Control and Moderation. We implemented Django Admin tools to speed up mass content moderation. The site also features a strict Role-Based Access Control (RBAC) for moderators and admins.

Localized E-Petition Platform Architecture



Core services: petition creation, signing, moderation, search, validation, and secure local deployment.

Fig. 2. System architecture of the localized e-petition platform

To confirm the suitability of the design decisions, extensive testing of the system's operational performance was carried out.

This section details the experimental setup used to test both benchmarks and workloads in the paper. **Experimental Setup** As mentioned previously, our platform was deployed on a standard virtual private server (VPS) with 2 CPUs and 4 GB of RAM. This platform was running Ubuntu Server 22.04 [8, 9, 10].

Load Testing and Performance Metrics: We evaluated the system's performance by running a load test on the application, built using the Locust load-testing framework, to replicate the high concurrency observed in viral Change.org petitions [11, 12, 13].

During a 10-minute stress test, in which 100 virtual users simultaneously interacted with the database (for example, signing petitions and leaving comments), the system demonstrated exceptional stability. The average server response time consistently remained below 200 ms. Hardware utilization was highly efficient: processor utilization stabilized at about 60% and RAM at 70%, with no transaction failures or bottlenecks [14].

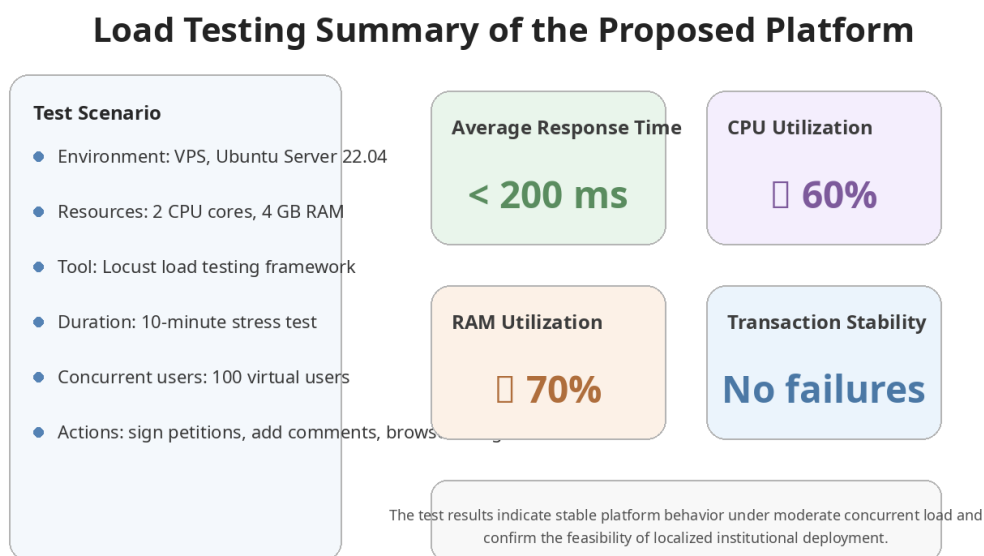


Fig.3. Summary of load-testing results for the proposed platform

Discussion

Unlike global commercial SaaS (software-as-a-service) platforms, the proposed localized deployment model guarantees complete data independence. Organizations retain full control over confidential user data, enabling them to strictly comply with international and local privacy standards such as the GDPR (EU) and FZ-152.

Although the monolithic architecture proved highly efficient and cost-effective for deploying a prototype and handling moderate traffic, the system is inherently designed for future scalability. As the number of users increases to millions, architecture supports horizontal scaling using reverse proxy servers/load balancers (e.g., Nginx, HAProxy) combined with Redis caching. Future enhancements will focus on integrating geospatial analytics with the PostGIS extension to map signature distribution and developing progressive web applications (PWAs) to further increase public engagement.

Conclusion

This study successfully demonstrates the development and deployment of an independent, high-performance e-petition platform using Django and PostgreSQL. By effectively meeting both the functional and non-functional needs of local communities, the proposed architecture provides a secure, scalable, and cost-effective alternative to global petition networks. The introduction of a reliable fraud-prevention system at the database level and optimized moderation tools significantly improves the reliability of digital platforms for civil interaction.

The platform was tested by loading the system with a simulated workload using the Locust application. The results confirm the stability and reliability of the platform. For example, with 100 concurrent users, the average response time was less than 200 ms, and CPU and RAM usage were within allowable limits. The development of the system was carried out in accordance with the GDPR and FZ-152 regulations. In the final part of the paper, we present the proposed e-democracy platform, which can serve as a secure tool for municipalities, schools, and non-governmental organizations to support citizens' civic engagement and the development of a democratic society at the local level.

Bibliography

1. Lindner R., Riehm U. Electronic Petitions and Institutional Modernization: International Parliamentary E-Petition Systems in Comparative Perspective // JeDEM – eJournal of eDemocracy and Open Government. 2009. Vol. 1, No. 1. P. 1–11.
2. Macintosh A. Characterizing E-Participation in Policy-Making // Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. 2004. P. 1–10.
3. Medaglia R. eParticipation Research: Moving Characterization Forward (2006–2011) // Government Information Quarterly. 2012. Vol. 29, No. 3. P. 346–360.

4. Loukis E., Xenakis A., Charalabidis Y. An Evaluation Framework for E-Participation in Parliaments // International Journal of Electronic Governance. 2010. Vol. 3, No. 1. P. 25–47.
5. Susha I., Grönlund Å. eParticipation Research: Systematizing the Field // Government Information Quarterly. 2012. Vol. 29, No. 3. P. 373–382.
6. Chadwick A. Internet Politics: States, Citizens, and New Communication Technologies. Oxford ; New York : Oxford University Press, 2006. 400 p.
7. Holovaty A., Kaplan-Moss J. The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right. 2nd ed. Berkeley, CA : Apress, 2009.
8. Django documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальная документация Django. – Дата обращения: 17.03.2026.
9. PostgreSQL: Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальная документация PostgreSQL. – Дата обращения: 17.03.2026.
10. Obe R. O., Hsu L. S. PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database. 3rd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2017. 312 p.
11. Locust documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальная документация Locust. – Дата обращения: 17.03.2026.
12. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (General Data Protection Regulation, GDPR) [Electronic resource]. – Access mode: official EUR-Lex legal text. – Accessed: 17.03.2026.
13. Change.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальный сайт платформы онлайн-петиций. – Дата обращения: 17.03.2026.
14. Avaaz Community Petitions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальный сайт платформы онлайн-петиций. – Дата обращения: 17.03.2026.

УДК 330.15:332.1:519.86

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ И РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Бейшебаева Ж.К., Саркелова Ж.Ж.

Кыргызский Национальный Университет им. Жусупа Баласагына

В статье рассматривается математическая модель зеленой экономики и устойчивого развития региона, основанная на использовании современных методов математического моделирования и анализа. Полученные результаты могут служить основой для принятия эффективных управленческих решений в условиях формирования зеленой экономики.

Ключевые слова: Математическая модель, зеленая экономика, электромобили.

ЖАШЫЛ ЭКОНОМИКАНЫН ЖАНА АЙМАКТЫН ӨНҮГҮҮСҮНҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ

Бейшебаева Ж.К., Саркелова Ж.Ж.

Жусуп Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети

Макалада жашыл экономика жана аймактын туруктуу өнүгүүсүнүн математикалык модели заманбап математикалык моделдөө жана талдоо ыкмаларынын негизинде каралат. Алынган жыйынтыктар жашыл экономиканы калыптандыруу шартында натыйжалуу башкаруучулук чечимдерди кабыл алуу үчүн негиз боло алат.

Баштапкы сөздөр: математикалык модель, жашыл экономика, электромобилдер.

MATHEMATICAL MODEL OF GREEN ECONOMY AND DEVELOPMENT OF THE REGION

Beishebaeva J., Sarkelova Zh.

Kyrgyz National University named after Jusup Balasagyn

The article examines a mathematical model of green economy and sustainable regional development based on modern methods of mathematical modeling and analysis. The obtained results can serve as a foundation for making effective managerial decisions in the context of the formation of a green economy.

Keywords: mathematical model, green economy, electric vehicles.

Введение. Концепция "зеленой" экономики набирает все большую популярность благодаря ее потенциалу способствовать устойчивому развитию при минимизации деградации окружающей среды. Развитие "зеленой" экономики требует комплексного подхода с привлечением различных заинтересованных сторон и секторов. Математические модели могут быть использованы для анализа сложных взаимозависимостей различных экономических и экологических факторов и для разработки политики, способствующей устойчивому развитию. В этой статье мы рассмотрим использование математических моделей в содействии развитию зеленой экономики и развитию региона на примере электромобилей.

Зеленая экономика и ее значение

Концепция зеленой экономики предполагает переход к устойчивым моделям производства и потребления, стимулирование использования возобновляемых источников энергии, сокращение отходов и загрязнения окружающей среды, а также сохранение экосистем. Зеленая экономика часто рассматривается как средство достижения устойчивого развития путем предоставления экономических выгод при одновременном содействии охране окружающей среды. В данной статье мы рассмотрим возможность использования электромобилей в регионе для снижения уровня выбросов вредных веществ в атмосферу и уменьшения зависимости от ископаемых топлив.

Для начала возьмем г. Бишкек –ежегодно мы боремся со смогом и третьим по значимости источником зимнего загрязнения ТЧ2.5 является автомобильный транспорт.

ТЧ_{2,5} (или PM_{2.5} particulate matter) – это твердые частицы с диаметром в 2,5 микрометра, представляющие собой твердые, жидкие или смеси микрочастиц во взвешенном состоянии, которые за счет своего размера способны глубоко проникать в нижние отделы легких человека, достигая альвеол.

В последние годы во всем мире растет интерес к использованию электромобилей в качестве альтернативы автомобилям, работающим на ископаемых топливах. Это связано с рядом преимуществ, таких как снижение выбросов вредных веществ в атмосферу, уменьшение зависимости от нестабильных поставок нефти и газа, а также снижение затрат на

В настоящее время, на территории Кыргызстана, большинство автомобилей работают на бензине и дизельном топливе. Однако, использование электромобилей в качестве альтернативы может привести к существенному снижению выбросов вредных веществ, таких как углекислый газ, оксид азота и частицы, в атмосферу. Это особенно важно для городов и регионов, где уровень загрязнения воздуха выше нормы и оказывает негативное воздействие на здоровье населения.

Кроме того, использование электромобилей позволяет снизить зависимость от импортированного нефтепродукта и снизить затраты на топливо в долгосрочной перспективе. Это важно для стран, которые зависят от импорта энергоресурсов и сталкиваются с высокой ценой на топливо и нестабильностью поставок.

Методика решения проблемы

Математическая модель может быть представлена в виде уравнения, где представляет собой модель линейной регрессии, которая пытается предсказать внедрение или спрос на электромобили (EV) на основе трех переменных: населения, среднего дохода и наличия инфраструктуры зарядки.

$$EV = a * (\text{population}) + b * (\text{average income}) + c * (\text{availability of charging infrastructure})$$

Где EV - уровень использования электромобилей в регионе,

population - население региона,

average income - средний доход населения региона,

availability of charging infrastructure - наличие инфраструктуры для зарядки электромобилей – в нашем случае зарядные станции

а, b и с - коэффициенты, которые отражают влияние населения, дохода и инфраструктуры на использование электромобилей.

Допустим, у нас есть данные о трех местах для нескольких городов:

Население: 500 000, 1 000 000, 1 500 000, 2 000 000

Средний доход: 50 000, 60 000, 70 000, 80 000

Наличие зарядной защиты: 100, 200, 300, 400

Известно также, что в этих городах было продано определенное количество электромобилей (EV):

Город 1: 50 EV

Город 2: 60 EV

Город 3: 70 EV

Город 4: 80 EV

Мы используем эти данные, чтобы оценить коэффициенты а, b и с в уравнении $EV = a * (\text{население}) + b * (\text{средний доход}) + c * (\text{наличие зарядной статистики})$ и использовать полученную модель, чтобы предсказать продажу EV в других городах со значениями населения, средним доходом и наличием заряда.

Для этого можно использовать метод наименьших квадратичных значений, который позволяет находить значения коэффициентов а, b и с, минимизирующие число квадратов разности между фактическими значениями продаж EV и предсказанными значениями на основе уравнения.

Допустим, что после применения методов наименьших квадратов мы получили значение коэффициентов:

$a = 0,0001$

$b = 0,2$

$c = 2,5$

Расчет для предсказания продаж EV может быть измерением как $EV = 0,0001 * (\text{население}) + 0,2 * (\text{средний доход}) + 2,5 * (\text{наличие зарядной потери})$.

Например, для города населением 1 200 000, средним доходом 65 000 и наличием 250 зарядных станций, мы проводим оценку продаж EV следующим образом:

$EV = 0,0001 * 1\,200\,000 + 0,2 * 65\,000 + 2,5 * 250 = 170$

То есть, по этой модели мы преследуем, что в этом городе будут проданы около 170 электромобилей.

Результаты исследований

Модель может быть использована для определения оптимального уровня использования электромобилей, который позволит достичь максимального уровня комфорта и удобства для населения при минимальных выбросах вредных веществ в атмосферу. Математическая модель может быть дополнена различными параметрами, такими как наличие государственной поддержки развития электромобильной инфраструктуры, стоимость электроэнергии и другие факторы, которые могут повлиять на использование электромобилей в регионе.

Также модель может быть использована для прогнозирования будущих изменений в использовании электромобилей в зависимости от изменения экономических и экологических факторов в регионе. Это позволит принять решения о необходимости дополнительных инвестиций в развитие инфраструктуры для зарядки электромобилей, обучения персонала и других мер, которые помогут повысить уровень использования электромобилей в регионе.

Выводы

Таким образом, математическая модель зеленой экономики и развития региона является мощным инструментом для оптимизации использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду, что может привести к улучшению экономических и экологических показателей региона.

Чтобы увеличить количество электромобилей на дорогах Кыргызстана, необходимо предпринять ряд мер, направленных на стимулирование использования данного типа транспорта.

- 1) Введение налоговых льгот или субсидий на покупку электромобилей. Это может стимулировать потребителей к покупке электромобилей, которые могут быть более дорогими, чем автомобили с транспортными средствами.
- 2) Развитие зарядной тревоги. Для того, чтобы использовать электромобили, необходима возможность зарядки батарей в удобном для них месте. Разработка и реализация программ строительства электромобилей на территории страны могут значительно увеличить использование электромобилей.
- 3) Повышение осведомленности об электромобилях и их преимуществах. Чтобы повысить интерес к электромобилям, необходимо образование и распространение информации о них и

отображение того, как они могут быть более эффективными и экологически чистыми, чем общественные автомобили.

- 4) Развитие производства и обслуживания электромобилей. Необходима развитая инфраструктура для производства и обслуживания электромобилей на территории Кыргызстана. Это может помочь увеличить доступность электромобилей и снизить их стоимость.
- 5) Внедрение экологических продуктов для автомобилей. Это может стимулировать производство более экологически чистых автомобилей, в том числе и электромобилей.
- 6) В целом, разработка комплексной программы по стимулированию использования электромобилей в Кыргызстане, которая охватит все вышеописанные сообщества, может привести к росту использования электромобилей в стране и защите окружающей среды.

Список литературы:

- 1) https://www.auca.kg/ru/tspc_news/4843/
- 2) [https://movegreen.kg/2017/11/10/kachestvo-vozduha-v-bishkeke/#:~:text=%D0%A2%D0%A72%2C5%20\(%D0%B8%D0%BB%D0%B8%20PM2.,%D0%BE%D1%82%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8B%20%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D0%B0%2C%20%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%8F%20%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B5%D0%BE%D0%BB](https://movegreen.kg/2017/11/10/kachestvo-vozduha-v-bishkeke/#:~:text=%D0%A2%D0%A72%2C5%20(%D0%B8%D0%BB%D0%B8%20PM2.,%D0%BE%D1%82%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8B%20%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D0%B0%2C%20%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%8F%20%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B5%D0%BE%D0%BB)
- 3) https://www.auca.kg/ru/tspc_news/4843/
- 4) <https://www.akchabar.kg/ru/news/v-kyrgyzstane-nachali-razvivat-zaryadnye-stancii-dlya-elektromobilej/>
- 5) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920922001067>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Сулайманова Света Мукашовна, проф., д.ф.-м.н., профессор Программы прикладной математики и информатики КНУ им. Ж.Баласагына, e-mail: sulai@bk.ru
2. Ишенбек кызы Майрам, магистрант Программы Прикладной математики и информатики КНУ им. Ж.Баласагына, Министерство просвещения Кыргызской Республики, maa71638@gmail.com;
3. Имирова Мехрибанум, магистрант Программы Прикладной математики и информатики КНУ им. Ж.Баласагына, школа-комплекс "Давха", mihri77mihri@gmail.com.
4. Бийбосунова С.К., к.э.н., доцент КГУ им. И. Арабаева, bibosunovas@gmail.com
5. Ниязбеков Т. К., докторант PhD, КГУ им. И. Арабаева, ktalgarbek@bk.ru
6. Мукудин уулу К., докторант PhD, КГУ им. И. Арабаева, sultanov.kuba91@mail.ru
7. Дуйшөналы уулу Р., магистрант, КГУ им. И. Арабаева, ramis.anarbekov@bk.ru
8. Аскар кызы Лира, кандидат физико-математических наук, доцент образовательной программы "Прикладная информатика" Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына, lira130780@mail.ru;
9. Бейшебаева Жыпаркул Качкыновна, старший преподаватель образовательной программы "Прикладная математика, информатика и компьютерные технологии" Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына, beyshebaeva1966@gmail.com
10. Саатбек кызы Айжаркын, магистрант по направлению «Прикладная математика и информатика» Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына, orozbaitemirov@icloud.com.
11. Маматшарип уулу Дастан, магистрант по направлению «Прикладная математика и информатика» Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына, dastanmamatsaripuulu@gmail.com.
12. Малюкова Н.Н. , к.г.-м.н., профессор, начальник Отдела мониторинга и анализа эффективности научно-инновационной деятельности

Научно-инновационного управления Кыргызско-Российского
Славянского университета, n.n.maliukova@krsu.kg

13. Кожогулов Марсэл, соискатель Институт геологии им. акад. Адышева
НАН КР, marsel2kozhogulov@gmail.com;
14. Ли Гуанчже, магистрант Кыргызского государственного университета
имени И Арабаева, s_biibosunova@yahoo.com
15. Ши Сянтао, магистрант Кыргызского государственного университета
имени И Арабаева, 1063275347@qq.com
16. Солдатбек кызы Бегайым, магистрант по направлению «Прикладная
математика и информатика» Кыргызского Национального университета
им. Ж. Баласагына, begaiymSoldatbekkyzy@gmail.com.
17. Жуманалы кызы Гулжамал, магистрант по направлению
«Прикладная математика и информатика» Кыргызского Национального
университета им. Ж. Баласагына, zumanalykyzygulzamal@gmail.com.
18. Цуй Чжичуань, магистрант Кыргызского государственного
университета имени И Арабаева, 2569770142@qq.com
19. Ли Мин, магистрант Кыргызского государственного университета
имени И Арабаева, 714211407@qq.com
20. Саркелова Жылдыз Жанышевна, старший преподаватель
Кыргызского Национального Университета им. Жусупа Баласагына,
sjiyldyzaa@gmail.com

**Требования по оформлению статей
для публикации в журнале «Современные проблемы механики»**

1. Статья представляется на бумажном носителе и в электронном виде. Название файла должно соответствовать фамилии первого автора. Бумажная копия должна быть подписана всеми авторами.
2. Электронный вариант статьи выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word 2021, формат А4 (книжный). Поля: все по 20мм. Межстрочный интервал – одинарный. Шрифт Arial. Размер кегля (символов) – 14 пт. Рекомендуемый объем статьи 4-10 страниц.
3. Публикуемая в журнале статья должна состоять из следующих последовательно расположенных элементов:
 - шифр УДК – слева, обычный шрифт;
 - заголовок (название) статьи – по центру, шрифт полужирный, буквы – прописные (на русском, кыргызском и английском языках);
 - фамилия и инициалы автора(ов) – по центру, полужирный шрифт (на русском, кыргызском и английском языках);
 - место работы – по центру, обычный шрифт (на русском, на кыргызском и на англ яз);
 - аннотация (на кыргызском, русском и английском языках) до 6 строк и ключевые слова (5-10 слов);
 - текст статьи. Рисунки (графики) и таблицы должны располагаться по тексту после ссылки на него. Сокращения и условные обозначения допускаются только принятые в международной системе единиц сокращения мер, физических, химических и математических величин, терминов и т.п. Набор формул осуществляется в тексте только в редакторе Math Type.
 - список литературы. Список цитируемой литературы приводится в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание.

Общие требования и правила составления. В списке источники располагаются в порядке их упоминания в статье. Отсылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки, например: [5]. Элементы статьи отделяются друг от друга одной пустой строкой.

На отдельной странице предоставляются сведения об авторе (ах), которые содержат данные:

- фамилия, имя, отчество полностью;
- ученая степень, ученое звание;
- место адрес работы, занимаемая должность;
- контактный телефон (рабочий, домашний, сотовый), e-mail.

4. Статья должна иметь четкие структурные части: введение (вводная часть, постановка проблемы), методика решения (исследования) проблемы, результаты исследований, выводы (заключительная часть) и список литературы.
5. Рекомендуется дать ссылки в разделе «Литература» на статьи, выпущенные в предыдущих номерах «Журнала «Современные проблемы механики сплошных сред»;
6. Не рекомендуется в одной статье дать подстраничную ссылку и общую послетекстовую ссылку, оптимально последнее.
7. Не рекомендуется в одной статье большое количество авторов (5-7 и более). Оптимально один автор или 3 автора в одной статье.
8. Не рекомендуется текст статьи с объемом менее 5 стр., такие статьи не будут считаться статьями и при размещении на сайт НЭБ будут относиться к сообщениям.
9. Проверить статью на антиплагиат. <https://text.ru/antiplagiat>.

СОДЕРЖАНИЕ

стр

1.	Сулайманова С.М., Ишенбек кызы М., Имирова М. НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ).....	3
2.	Бийбосунова С. К., Ниязбеков Т. К., Мукудин уулу К., Дуйшөналы уулу Р. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСОВ.....	14
3.	Аскар к. Л, Бейшебаева Ж. К., Саатбек к. А., Маматшарип у. Д. ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ О НЕПРЕРЫВНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ДИСКРЕТНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ.....	24
4.	Кожогулов М.Б., Малюкова Н.Н. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АКТЮЗКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ВЛИЯНИЯ ИХ РАЗРАБОТОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	33
5.	Бийбосунова С. К., Ли Гуанчже, Ши Сянтао СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ: ТЕОРИЯ, МЕТРИКИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ.....	39
6.	Аскар к. Л., Бейшебаева Ж. К., Солдатбек к. Б., Жуманалы к. Г. КОРРЕКТНОСТЬ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В МНОГОМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ.....	49
7.	Бийбосунова С. К., Цуй Чжичуань, Ли Мин ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСШТАБИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕТИЦИЙ: МОНОЛИТНЫЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ДЕМОКРАТИИ..	56
8.	Бейшебаева Ж.К., Саркелова Ж.Ж. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ И РАЗВИТИЯ РЕГИОНА.....	64
9.	СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	70
10.	ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ	72
11.	СОДЕРЖАНИЕ (на русском, кыргызском и английском языках)	74
		78

МАЗМУНУ

бет

1.	Сулайманова С.М., Ишенбек кызы М., Имирова М. КЛИМАТТЫК УБАКЫТ КАТАРЛАРЫН НЕЙРОНДУК ТОРЧОЛОР МЕТОДДОРУ АРКЫЛУУ БОЛЖОЛДОО (КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МИСАЛЫНДА).....	3
2.	Бийбосунова С. К., Ниязбеков Т. К., Мукудин уулу К., Дуйшөналы уулу Р. СОЦИАЛДЫК СУРАМЖЫЛООЛОР УЮШТУРУУ ЖАНА ЖҮРГҮЗҮҮҮҮЧҮН ЖЕРГИЛИКТҮҮ МААЛЫМАТ СИСТЕМАСЫНЫН ДОЛБООРУ.....	14
3.	Аскар к. Л, Бейшебаева Ж. К., Саатбек к. А., Маматшарип у. Д. ДИСКРЕТТИК ЭСЕПТӨӨЧҮ ТҮЗМӨЛӨРДӨГҮ ҮЗГҮЛТҮКСҮЗ ОБЪЕКТТЕРДИН МАСЕЛЕЛЕРИНИН БОЛЖОЛДУУ ЧЕЧИМИ.....	24
4.	Кожогулов М.Б., Малюкова Н.Н. АКТҮЗ РЕНД КЕНИНИН СЕЙРЕК ЖЕР КЕНДЕРИНИН ГЕОЛОГИЯЛЫК ТҮЗҮЛҮШҮНҮН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ ЖАНА АЛАРДЫ ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮН АЙЛАНА-ЧӨЙРӨГӨ ТААСИРИ..	33
5.	Бийбосунова С. К., Ли Гуанчже, Ши Сянтао ОБРАЗДАРДЫ ТААНУУНУН ЗАМАНБАП ПАРАДИГМАЛАРЫ: ТЕОРИЯ, МЕТРИКАЛАР ЖАНА ПРАКТИКАДА КОЛДОНУЛУШУ.....	39
6.	Аскар к. Л., Бейшебаева Ж. К., Солдатбек к. Б., Жуманалы к. Г. АНАЛИТИКАЛЫК ФУНКЦИЯЛАР МЕНЕН КӨП ӨЛЧӨМДҮҮ МЕЙКИНДИКТЕ БАШТАПКЫ МАСЕЛЕНИ ЧЕЧҮҮНҮН КОРРЕКТҮҮЛҮГҮ.....	49
7.	Бийбосунова С. К., Цуй Чжичуань, Ли Мин ЛОКАЛДАШТЫРЫЛГАН ЭЛЕКТРОНДУК ДЕМОКРАТИЯ ҮЧҮН МАСШТАБДАЛУУЧУ ЭЛЕКТРОНДУК ПЕТИЦИЯ ТУТУМУН ДОЛБОРЛОО ЖАНА ӨНДҮРҮМДҮҮЛҮГҮН БААЛОО: МОНОЛИТТИК АРХИТЕКТУРАГА НЕГИЗДЕЛГЕН ЫКМА.....	56
8.	Бейшебаева Ж.К., Саркелова Ж.Ж. ЖАШЫЛ ЭКОНОМИКАНЫН ЖАНА АЙМАКТЫН ӨНҮГҮҮСҮНҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ.....	64
9.	АВТОРЛОР ТУУРАЛУУ МААЛЫМАТ.....	70
10.	ЖУРНАЛГА ЖАРЫЯЛОО ҮЧҮН ДОКУМЕНТТЕРГЕ ТАЛАПТАР...	72
11.	МАЗМУНУ (кыргыз, орус жана англис тилдеринде).....	74
		78

CONTENTS

1.	Sulaimanova S.M., Ishenbek k M., Imirova M. NEURAL NETWORK METHODS FOR FORECASTING CLIMATE TIME SERIES (CASE STUDY OF THE KYRGYZ REPUBLIC).....	3
2.	Biibosunova S. K., Niyazbekov T.K., Mukudin uulu K., Duishonaly uulu R. DESIGNING A LOCAL INFORMATION SYSTEM FOR ORGANIZING AND CONDUCTING SOCIOLOGICAL SURVEYS.....	14
3.	Askar K. L., Beyshebaeva Zh. K., Saatbek K. A., Mamatsharip U. D. APPROXIMATE SOLUTION OF PROBLEMS OF CONTINUOUS OBJECTS ON DISCRETE COMPUTING DEVICES.....	24
4.	Kozhogulov M.B. ¹ Malyukova N.N. ² FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF RARE- EARTH DEPOSITS OF THE AKTYUZ ORE FIELD AND THE IMPACT OF THEIR DEVELOPMENT ON THE ENVIRONMENT.....	33
5.	Biibosunova S. K., Li Guangzhe, Shi Xiangtao CURRENT PARADIGMS IN IMAGE RECOGNITION: THEORY, METRICS AND PRACTICAL APPLICATIONS.....	39
6.	Askar K. L., Beyshebaeva Zh. K., Soldatbek K. B., Zhumanaly K. G. CORRECTNESS OF THE SOLUTION TO THE INITIAL PROBLEM IN MULTIDIMENSIONAL SPACE WITH ANALYTICAL FUNCTIONS.....	49
7.	Biibosunova S. K., Cui Zhiyuan, Li Ming DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A SCALABLE E-PETITION SYSTEM: A MONOLITHIC ARCHITECTURE APPROACH FOR LOCALIZED E- DEMOCRACY.....	56
8.	Beishebaeva J., Sarkelova Zh. MATHEMATICAL MODEL OF GREEN ECONOMY AND DEVELOPMENT OF THE REGION.....	64
10.	INFORMATION ABOUT AUTHORS.....	70
11.	REQUIREMENTS FOR PAPERS FOR PUBLICATION.....	72
12.	CONTENTS (in russian, kyrgyz and english languages).....	74
		78

Подписано к печати 27.06.2025 г.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Объем 9,75 п.л.
Тираж 200 экз

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Учебно-издательский центр «Авангард»
720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 б

ISSN 1694-6065



9 771694 606007