

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СППР ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АДАПТАЦИИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ РИСКАМ

Аннотация. В статье приводится описание архитектуры и функциональных возможностей системы поддержки принятия решений для составления рекомендаций по адаптации к климатическим рискам, разработанной на базе технологии поисковой дополненной генерации (RAG). Рассматриваются основные модули системы: модуль, содержащий интерфейс для взаимодействия с базой данных, и модуль принятия решений, использующий большую языковую модель.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, большая языковая модель, поисковая дополненная генерация, база данных, климатические риски

Введение. В условиях изменения климата и роста числа природных бедствий увеличивается количество регионов, которые переходят к эколого-ориентированному развитию [1]. В силу данной тенденции разработка эффективных программных решений для оценки климатических рисков становится исключительно важной задачей [2]. Современные платформы используют машинное обучение для объединения спутниковых данных с результатами географических исследований для наглядного представления климатических факторов на планете: на данный момент уже есть возможность отслеживания пополнения подземных вод в Европе с помощью указанной технологии [3]. Использование прогнозных моделей для климатического мониторинга также позволяет предсказывать климатические факторы, например, прогноз погоды на ближайший год [4]. Данные инструменты предоставляют возможность отслеживать изменения в окружающей среде с последующей целью планирования мер адаптации к возможным климатическим рискам разных отраслей, например, экономической деятельности [5].

Проблема исследования. В России наблюдается дефицит климатических мониторинговых систем, что затрудняет полноценную оценку рисков на региональном уровне. Применение больших языковых моделей (LLM) и технологии поисковой дополненной генерации (RAG) позволит провести оценку характеристик стихийных явлений для последующей разработки плана адаптационных мероприятий.

Исходя из проблемы, определена цель данного исследования: разработка информационной системы для составления плана мероприятий по адаптации к климатическим рискам. В системе будет реализована возможность генерации отчетов, на основе которых формируются рекомендации по адаптационным мерам. Алгоритмы учитывают методики, содержащиеся в Приказе Минэкономразвития «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» [6], регламентирующем методику оценки климатических изменений и соответствующих мер реагирования.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определение архитектуры системы и ее структурных компонентов;
- выбор подходящего для разработки системы набора технологий;
- реализация системы поддержки принятия решений для составления рекомендаций по адаптации к климатическим рискам;
- оценка эффективности работы системы.

Материалы и методы. Первым этапом создания информационной системы является определение архитектуры. С учетом того, что система выполняет две основные задачи — создание отчета на основе информации, добавленной в базу данных, и предложение адаптационных мероприятий, выбрана модульная архитектура. Первый модуль представляет собой набор форм для добавления информации о климатических показателях по выбранной территории и выгрузки данных в формате docx. Модуль реализован с помощью языка программирования Python с использованием фреймворка Flask, система управления базами данных, выбранная для работы с базой данных — PostgreSQL. Пример формы ввода информации представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Форма ввода значений климатических рисков

Второй модуль системы предназначен для поддержки принятия решений. Он позволяет на основе переданного пользователем документа предоставлять рекомендации по мерам адаптации к климатическим рискам. Архитектура второго модуля основана на Python фреймворке LlamaIndex, который включает в себя инструменты для построения RAG-систем. В качестве большой языковой модели использовалась Llama3-8b-8192, доступная посредством API Groq. Моделью для создания векторных представлений текстов является intfloat/multilingual-e5-large-instruct, которая поддерживает множество языков, включая русский. Хранение векторизованных текстов организовано с помощью библиотеки FAISS, которая также обеспечивает быстрый семантический поиск среди них. Веб-демо для модели было создано с помощью библиотеки Gradio и опубликовано для последующего встраивания в веб-приложение.

Результаты. Первый модуль позволяет пользователю вводить с помощью форм данные по определенной территории о климатических рисках, их характеристиках, показателях и

нанесенном ущербе определенной отрасли. После отправки формы информация добавляется в базу данных. Часть показателей формы заполняется за пользователя автоматически при введении показателей, согласно методике оценки климатических рисков из Приказа. Также предусмотрена пользовательская функция выгрузки данных по определенной территории за заданный временной период в виде текстового отчета, согласно рекомендуемым формам из ранее упомянутого приказа. Отчет содержит результаты оценки климатических рисков территории, и может быть далее использован для разработки адаптационных мер.

Принцип работы второго модуля следующий: пользователь прикрепляет файл отчета, полученный в первом модуле, и указывает в текстовом запросе, какие именно рекомендации хочет получить. В базу знаний системы внесен файл Приказа «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» от 13 мая 2021 года, содержащий методические рекомендации по оценке климатических рисков и примеры адаптационных мероприятий. Предварительно в системе проводится его векторизация и индексация документов. Большая языковая модель формирует ответ на запрос пользователя, основываясь на наиболее релевантных векторах, найденных в векторной базе данных с помощью поиска по сходству, а также на данных, предоставленных пользователем. На выход система подает ответ на запрос пользователя (рис. 2).

Добро пожаловать в систему оценки климатических рисков!

Для получения адаптационных мероприятий и рекомендаций прикрепите отчет - это может занять время.

Загрузите файл (pdf, txt, docx, csv, xls)

отчетТО.docx 14.0 KB

Введите вопрос

Какие адаптационные меры могут быть рекомендованы для Тюменской области в зависимости от преобладающих климатических рисков?

Очистить Отправить

Ответ

В зависимости от преобладающих климатических рисков в Тюменской области, могут быть рекомендованы следующие адаптационные меры:

1. Абразия и термоабразия: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению абразии и термоабразии, включая укрепление берегов водохранилищ и озер, создание искусственных дамб и дюн, а также мониторинг состояния берегов и разработка плана по предотвращению абразии и термоабразии.
2. Переработка берегов водохранилищ, озер: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению переработки берегов водохранилищ и озер, включая укрепление берегов, создание искусственных дамб и дюн, а также мониторинг состояния берегов и разработка плана по предотвращению переработки берегов.
3. Карст: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению карста, включая мониторинг состояния почвы и разработка плана по предотвращению карста.
4. Суффозия: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению суффозии, включая укрепление фундамента зданий и сооружений, а также мониторинг состояния почвы и разработка плана по предотвращению суффозии.
5. Просадочность лесовых пород: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению просадочности лесовых пород, включая укрепление фундамента зданий и сооружений, а также мониторинг состояния почвы и разработка плана по предотвращению просадочности.
6. Температурная абразия: рекомендуется разработка и реализация мер по предотвращению температурной абразии, включая укрепление берегов водохранилищ и озер, создание искусственных дамб и дюн, а также мониторинг состояния берегов и разработка плана по предотвращению температурной абразии.

Рис. 2. Пример запроса пользователя и предложенных системой адаптационных мероприятий

Оценка эффективности генерации модуля произведена с помощью метрик BERT Score [7]. Они позволяют определить семантическое сходство между сгенерированным ответом и эталонным. Метрики BERT Score находятся в диапазоне от 0 до 1, где 1 — полное совпадение с эталонным ответом. Результаты оценки показали достаточно высокое семантическое сходство: BERT-precision составил 0,79, а BERT-recall — 0,83, что указывает на хорошие генеративные способности модели, используемой в модуле.

Заключение. Разработанная информационная система представляет собой эффективный инструмент для оценки климатических рисков и формирования сценария со списком адаптационных мер. Интеграция большой языковой модели с пользовательскими данными и методическими рекомендациями позволяет сделать рекомендации более релевантными для

региональных условий. Созданная система способна помогать различным заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения в условиях меняющегося климата. В дальнейшем планируется расширять функционал системы путем добавления дополнительных источников информации с адаптационными мероприятиями в базу знаний, функции чтения записей напрямую из базы данных и возможности визуального отслеживания уровня опасности климатических рисков на интерактивной карте Тюменской области.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта "Тюменский карбоновый полигон" (FEWZ-2024-0016).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарова О. В. Вклад зеленых городов в методику оценки экологизации регионального развития / О. В. Захарова, Е. А. Карагулян, Н. В. Викторова, А. А. Еланцева. // Экономика, предпринимательство и право. — 2021. — Т. 11, № 7. — С. 1727-1744. // eLIBRARY.RU — НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА : сайт. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46397539> (дата обращения: 21.04.2025).
2. Baiocchi V. The contribution of open-source gis software and open spatial data for the re-evaluation of landslide risk and hazard in view of climate change / V. Baiocchi, M. Lombardi, F. Monti. // GEOGRAPHIA TECHNICA. — 2021. — Vol. 16. — P. 153-162.
3. Martinsen G. Developing a pan-European high-resolution groundwater recharge map — Combining satellite data and national survey data using machine learning / G. Martinsen, H. Bessiere, Y. Caballero [et al.]. // Science of The Total Environment. — 2022. — Vol. 822. // ScienceDirect : website. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722005563> (date of the application: 22.04.2025).
4. Slater, L. J. Hybrid forecasting: blending climate predictions with AI models / L. J. Slater, L. Arnal, M.-A. Boucher [et al.]. // Hydrology and Earth System Sciences. — 2023. — Vol. 27. — P. 1865-1889. // HESS : website. — URL: <https://hess.copernicus.org/articles/27/1865/2023/> (date of the application: 22.04.2025).
5. Nguyen V. My Climate Advisor: An Application of NLP in Climate Adaptation for Agriculture / V. Nguyen, S. Karimi, W. Hallgren [et al.]. // Proceedings of the 1st Workshop on Natural Language Processing Meets Climate Change (ClimateNLP 2024). — 2024. — P. 27-45. // ACL Anthology : website. — URL: <https://aclanthology.org/2024.climatenlp-1.3/> (date of the application: 21.04.2025).
6. «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» : приказ Минэкономразвития РФ от 17 мая 2021, № 267 // КонсультантПлюс: надежная правовая поддержка : сайт. — URL: https://economy.gov.ru/material/dokumenty/prikaz_minekonomrazvitiya_rossii_ot_13_maya_2021_g_267.html (дата обращения: 22.04.2025).
7. Zhang T. BERTScore: Evaluating Text Generation with BERT / T. Zhang, V. Kishore, F. Wu [et al.]. // The Eighth International Conference on Learning Representations (ICLR 2020). — 2020. // arXiv.org e-Print archive : website. — URL: <https://arxiv.org/abs/1904.09675> (date of the application: 22.04.2025).