УДК 004.8:504.06

Архитектура доверенной ИИ-системы для автоматизации формирования нормативной отчетности в геоэкологическом мониторинге

Уткина О.Н.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург

Актуальность исследования. Цифровизация инженерно-экологических изысканий идет неравномерно. Главная трудность заключается в разрыве между современными методами машинного обучения и жесткими требованиями

н

о

р

м

а

т

и

в **Цель работы.** Разработать методологию и архитектуру программной

истемы, которая сочетает вероятностный и детерминированный подходы. Такая

истема должна не только оценивать геоэкологический риск, но и автоматически формировать нормативно обоснованные выводы с количественной оценкой

еопределенности. Это сокращает трудозатраты на подготовку отчетной

документации.

х **Материалы и методы.** В основе предлагаемого решения лежит

даптивная байесовская модель. Априорным знанием в ней служит физически

обоснованный детерминированный индекс геоэкологического взаимодействия

ренажных материалов и вмещающей среды. В отличие от статических подходов,

истема применяет динамическую регуляризацию по индексу Джини–Симпсона.

с

К 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»

2

ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия»

ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия»

4

ГОСТ Р 59898-2021 «Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения

л

Это позволяет балансировать доверие к нормативным априорным распределениям и к реальным полевым данным, особенно при их дефиците. Важным элементом архитектуры является модуль интерпретации результатов, работающий по принципу «человек в контуре» (human-in-the-loop). Он не просто выдает класс риска, а формирует структурированное обоснование, включающее:

ектор апостериорных вероятностей принадлежности к классам I–V по СП

начение энтропии распределения как метрики неопределенности;

втоматический флаг «Требует экспертной верификации» для объектов, где вероятности двух соседних классов риска сопоставимы (например,

Результаты и обсуждение. Практическая реализация архитектуры [1] оказала несколько эффектов по сравнению с ручным оформлением заключений:

- время формирования отчета сократилось. Благодаря stateless-архитектуре и аналитическому, то есть безытерационному, байесовскому обновлению, обработка массива из 1000 полевых точек и генерация сводной таблицы рисков занимает менее секунды. Это на порядки быстрее методов, требующих переобучения;
- нормативный контроль стал точнее. Количественная оценка неопределенности выявила 15—20% объектов в пограничных зонах нормативных порогов. При детерминированном подходе их классифицировали бы ошибочно категорично. Это снижает риск необоснованных проектных решений. Отмечу: оценка 15—20% получена на нашем массиве; для других условий ее нужно проверять отдельно;
- результаты лучше соответствуют принципам FAIR и требованиям аудируемости. Каждое сформированное заключение сопровождается метаданными: хеш-суммой версии конфигурационной базы (gii_config.json) и логами весов адаптивной регуляризации. Поэтому расчет можно полностью воспроизвести при проверке контролирующими органами [2, 3].

Заключение. Предложенный подход показывает, что цифровизация геоэкологического мониторинга не должна сводиться к простой замене инженера алгоритмом. Более перспективный путь — создание доверенных ИИ-ассистенты. Адаптивный байесовский вывод с явной оценкой неопределенности позволяет автоматически готовить нормативную отчетность, которая удовлетворяет и требованиям точности, и критериям интерпретируемости и аудируемости, закрепленным в современных национальных стандартах. Первые результаты получены для дренажных систем; перенос метода на другие геоэкологические объекты потребует дополнительных исследований.

Список использованной литературы

ткин К.Л., Уткина О.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026616577 Российская Федерация. *Геоинформационная система «ЭкоДренаж» :* заявл. 04.02.2026 : опубл.

elman A. *Bayesian Data Analysis* [Electronic resource]. 3rd ed. (with errors fixed as of 20 February 2025). / A. Gelman, J. B Carlin., H. S. Stern, D. B. D

3. Murphy K.P. *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*. Cambridge: MIT Press, 2022. 864 p. ISBN: 9780262046824.

s

o

n

,

A

.

V

e

h

t

a