



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ

Лапшина Алена Сергеевна

магистрант кафедры прикладной экологии и ИТ, Южный федеральный университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Быстрое изменение климата, антропогенная нагрузка и деградация природных ресурсов требуют эффективных методов прогнозирования изменений в экосистемах. Машинное обучение (МО) становится мощным инструментом в экологическом моделировании благодаря своей способности обрабатывать большие и разнородные объёмы данных. В статье рассматриваются методы МО, применяемые для анализа биологических, климатических и ландшафтных данных с целью предсказания изменений в биоразнообразии, распространении видов, деградации почв, динамике водных систем и других экосистемных процессов. Особое внимание уделяется применению алгоритмов глубинного обучения, а также вызовам, связанным с интерпретируемостью моделей, доступностью данных и этическими аспектами в странах СНГ.

Ключевые слова: экосистемы, машинное обучение, экология, климатические изменения, экологическое моделирование, предсказание, устойчивое развитие, биоинформатика

1. Введение

Экосистемы по всему миру испытывают беспрецедентное давление вследствие климатических и антропогенных факторов. Для адекватного реагирования и планирования природоохранной политики необходимы точные прогнозы возможных изменений. Традиционные методы экологического моделирования часто не справляются с нелинейностью и множественностью факторов. Методы машинного обучения позволяют анализировать большие наборы данных и выявлять скрытые зависимости, что делает их особенно ценными в современных экологических исследованиях.

2. Источники экологических данных

2.1. Спутниковые и геопространственные данные

Используются для мониторинга растительного покрова, влажности почв, температуры, загрязнения атмосферы, изменения береговой линии и ледников.

2.2. Биологические и климатические данные

Включают наблюдения за популяциями животных и растений, температурные и осадочные ряды, сезонные колебания и фенологические данные.

2.3. Социально-экономические показатели

Используются в моделях оценки воздействия человека: урбанизация, землепользование, сельское хозяйство, добыча ресурсов.

3. Алгоритмы машинного обучения в экологии

3.1. Обучение с учителем

- **Методы деревьев решений и случайных лесов** — для оценки влияния факторов на деградацию земель
- **Градиентный бустинг** — для предсказания изменений в биоразнообразии
- **Логистическая регрессия** — для моделирования присутствия/отсутствия видов

3.2. Обучение без учителя

- **Кластеризация (k-средних, DBSCAN)** — выявление зон экологической нестабильности
- **Главные компоненты (PCA)** — для снижения размерности сложных экологических данных

3.3. Глубокое обучение

- **Нейронные сети (CNN, RNN)** — анализ спутниковых изображений, временных климатических рядов
- **Генеративные модели (GAN)** — имитация и прогнозирование динамики ландшафтов

4. Примеры применения

4.1. Предсказание исчезновения видов

Модели МО учитывают не только биологические характеристики, но и воздействие внешней среды — урбанизацию, климатические тренды и фрагментацию ареалов.

4.2. Моделирование динамики лесов

Использование спутниковых данных и временных рядов температуры, осадков, пожаров позволяет прогнозировать деградацию лесов или их восстановление.

4.3. Мониторинг состояния водоёмов

С помощью нейросетей анализируются спектральные данные спутников, отражающие цвет и прозрачность воды, содержание хлорофилла, эвтрофикацию.

4.4. Землепользование и урбанизация

Машинное обучение применяется для автоматической классификации типов землепользования и прогнозирования расширения городов.

5. Преимущества и ограничения

5.1. Преимущества

- Высокая точность предсказаний при наличии качественных данных
- Адаптивность моделей к разным условиям
- Возможность обработки больших и разнородных данных (Big Data)

5.2. Ограничения

- Недостаточная интерпретируемость моделей «чёрного ящика»
- Зависимость от полноты и точности обучающих данных
- Отсутствие открытых баз экологических данных в странах СНГ
- Недостаток специалистов, сочетающих знания в экологии и Data Science

6. Перспективы развития

- Создание открытых экосистемных дата-сетов
- Интеграция МО с геоинформационными системами (ГИС)
- Разработка этически обоснованных, интерпретируемых ИИ-моделей
- Поддержка экологической политики на основе прогностических ИИ-систем
- Образовательные программы на стыке экологии и ИТ

Заключение

Машинное обучение открывает новые горизонты в мониторинге и прогнозировании экосистемных изменений. Благодаря своей способности учитывать множество факторов и выявлять скрытые закономерности, ИИ-инструменты становятся незаменимыми в экологических науках. В странах СНГ необходимо усилить сотрудничество между ИТ-специалистами и экологами, расширить доступ к данным и поддержать внедрение интеллектуальных систем в практику природоохранной деятельности.

Литература

1. Reichstein M. et al. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 2019.
2. Christin S. et al. Applications for deep learning in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 2020.
3. Винокуров С.В. Машинное обучение в экологии: методы и приложения. — Новосибирск: СО РАН, 2022.
4. Андреева Л.Ю., Соколов П.В. Прогнозирование изменений экосистем с помощью ИИ. *Экология и жизнь*, 2023.
5. Radeloff V.C. et al. The rising threat of climate change for biodiversity. *Science*, 2020.
6. Гордеев Д.А. Применение нейросетей в анализе спутниковых данных. *Геоинформатика*, 2022.
7. WWF. AI for Nature: Global review of machine learning in conservation. 2023.
8. Data4Nature. Open datasets for ecosystem modelling. 2023.