

**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМЕНИ А.Н.СЕВЧЕНКО
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, МИНСК**

**Опыт внедрения методов и технологий
автоматизации процессов экологического
мониторинга с использованием спутниковых
данных и систем искусственного интеллекта**

*Семененко Л.В., Кочик Е.Н., Сорока А.М., Андрейчик Д.В.,
Захаренков М.А., Шкабара В.В., Каштан А.О.*

Пример

Создание информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохранннх зонах

Потребитель:



Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Изначальная цель

Автоматизированный* мониторинг
хозяйственной деятельности в водоохраных зонах
на основе данных ДЗЗ

Данная цель подлежала уточнению и конкретизации
решаемой задачи

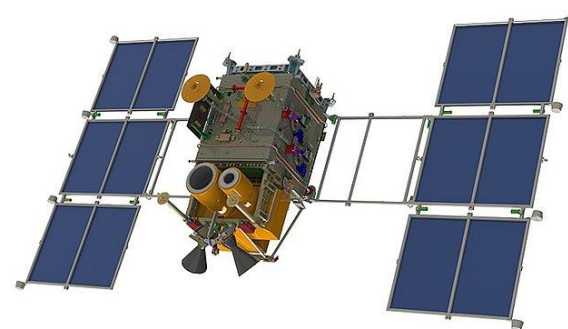
* Автоматизация предполагает наличие в процессе человека: оператор ДЗЗ будет заверять результаты обработки, так как существует множество ограничений, не позволяющих организовать полностью автоматический мониторинг на основе существующих нейронных сетей и данных ДЗЗ.

Постановка задачи (этап 1)

Анализ доступных источников ДЗЗ

Критерии:

- 1) наличие спектральных каналов;
- 2) открытость источника данных;
- 3) временное разрешения;
- 4) пространственное разрешение;
- 5) полоса охвата;
- 6) точность привязки;
- 7) время поступления данных.



Постановка задачи (этап 2)

Анализ законодательной базы Республики Беларусь

Анализ на предмет возможных нарушений. Критерии:

- 1) ограничение должно быть явно прописано в нормативном правовом акте;
- 2) нарушение должно быть в ведении Потребителя.

Постановка задачи (этап 3)

Практическая проверка аналитических результатов по критериям:

- 1) объект нарушения должен быть достаточного размера для дешифрирования;
- 2) объект нарушения может быть локализован с необходимой степенью точности;
- 3) объект нарушения должен сохраняться достаточно долгое время для подтверждения на местности;
- 4) объект нарушения должен обладать явными признаками, позволяющими определить его на поканальных или синтезированных изображениях;
- 5) нарушения должны быть регулярными (не единичными).

В ручном режиме были просмотрены водоохранные зоны 7 районов республики Беларусь на данных ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения.

Итоговая задача

Автоматизированный мониторинг появления новых объектов загрязнения в водоохраных зонах на основе данных Белорусской системы космического зондирования Земли (БКА и Канопус-В) на основе нейронных сетей глубокого обучения

Актуальность задачи высокая: для каждого объекта загрязнения должны быть разработаны природоохранные мероприятия, которые разрабатываются только в рамках проектов водоохраных зон, период обновления которых может составлять многие годы.

Анализ существующих проблем

Для мониторинга водоохраных зон требуются точные пространственные данные по всей республике.

Такого источника не оказалось, по причине различия в подходах при разработке проектов водоохраных зон между разными исполнителями, и отличиям в ведении пространственных данных у исполнительных и распорядительных органов, организаций Минприроды и Госкомимущества.

Причины существующих проблем

1

Отсутствие обязательного при разработке проектов водоохраных зон источника классификации водных объектов (размер зоны зависит от классификации);

2

Расхождение в границах водных объектов и земель под водными объектами, которые формируют разные ведомства;

3

Разработка проекта водоохранной зоны без учета специфики землеустройства;

4

Публикация проектов в виде карт-схем недостаточного пространственного разрешения с их последующей оцифровкой для нужд землеустройства.

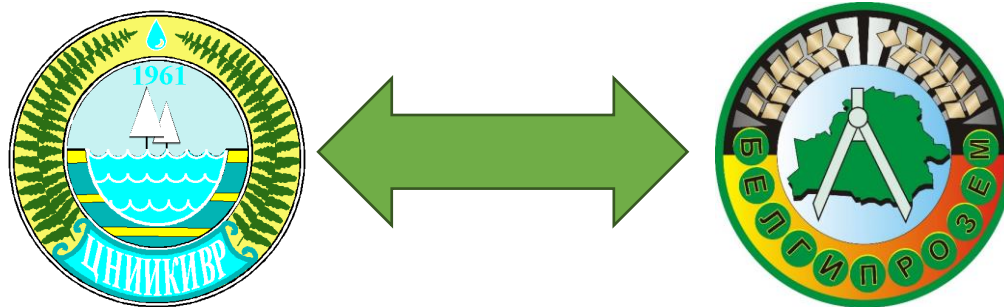
Решение существующих проблем с данными

1

Созданы тематические слои, являющиеся основным источником качественных пространственных и атрибутивных данных для различных категорий пользователей

2

Переработаны бизнес-процессы Минприроды и Госкомимущества в части их синхронизации и совместного использования данных;



Основой обмена данными являются разработанная технология и «Соглашение о взаимодействии и информационном обмене» между УП «Проектный институт Белгипрозем» и РУП «ЦНИИКИВР»:

Проведенная автоматизация

Были разработаны:

1

Взаимосвязанные цифровой реестр водных объектов и каталог водоохранных зон;

2

Программный комплекс контроля появления новых объектов загрязнения в водоохранных зонах на основе обработки спутниковых данных с использованием нейронных сетей глубокого обучения

3

Мобильное приложение для проведения обследований в водоохранных зонах

Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (обучение)

Был организован итерационный подход по формированию обучающей выборки:

Шаг 1: Анализ объектов загрязнения, указанных в существующих проектах водоохраных зон – всего 5430 объектов для формирования облика объекта;

Шаг 2: формирование обучающей и валидационной выборки из небольшого количества объектов (несколько сотен);

Шаг 3 и далее: анализ результатов обучения, выделение классов объектов, вызывающих наибольшее количество ложноположительных и ложноотрицательных ошибок – расширение выборок объектами данных классов

Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (обучение)

Итоговая обучающая выборка:

Истинные объекты

4800 штук

включают классы:

- новые строения;
- земляные работы, стройка.

Ложные объекты

7470 штук

включают классы:

- поле;
- вырубка леса;
- облако;
- новые местные дороги.
- многоквартирные жилые дома;
- малые сооружения и т.д.

Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (нейронная сеть и результаты)

На основе проведения экспериментов была выбрана нейронная сеть SegNeXt, показавшая наилучшие результаты на сформированной обучающей выборке.

Итоговая достигнутая точность – **75,76%** по метрике mIoU (mean intersection over union).

Оператор ДЗЗ в недельный срок смог заверить результаты сравнения съемочных сезонов за 2022 и 2023 г. по республике, итог заверки – более 300 потенциальных новых объектов загрязнения.

Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)



Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)



Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)





Спасибо за внимание

Кочик Евгений Николаевич

eugene.kochik@gmail.com