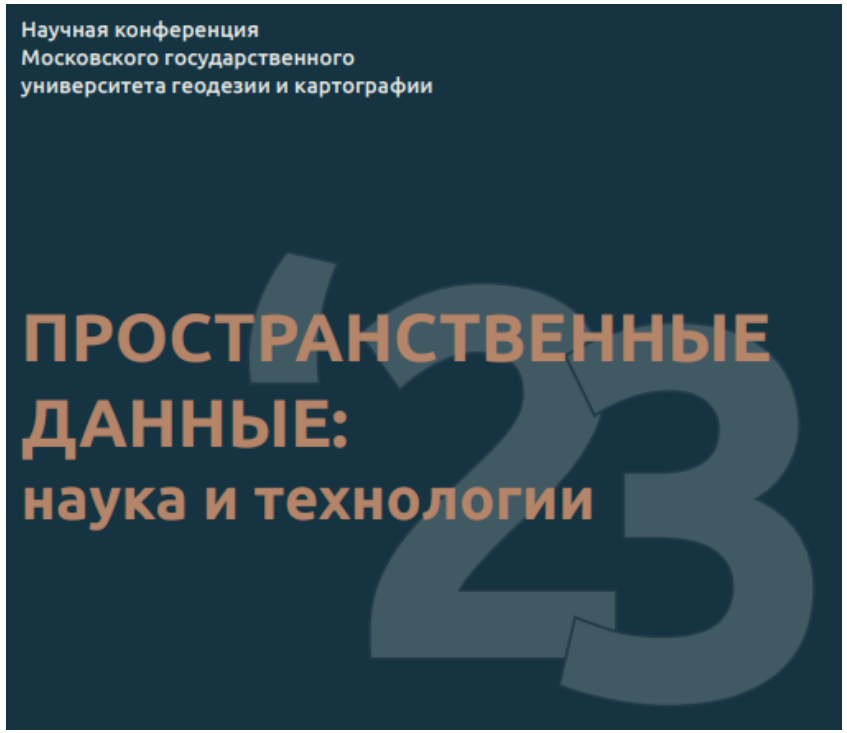


Секция 3: ГЕОИНФОРМАТИКА. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Распознавание дорог по космическим снимкам: обзор современного состояния исследований и особенности для лесного хозяйства

Екатерина Подольская

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), Москва, Россия

E-mail: podols_kate@mail.ru

23 мая 2023 года

ОБЗОР ВОПРОСЫ ЛЕСНОЙ НАУКИ, 2022, Т. 5. № 4. Статья № 115

DOI 10.31509/2658-607x-202252-115
УДК 614.842; 630*96

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДОРОГ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

© 2022 г.

Е. С. Подольская

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32

E-mail: podols_kate@mail.ru

Поступила в редакцию: 08.10.2022
После рецензирования: 19.12.2022
Принята к печати: 20.12.2022

В статье представлен обзор развития и текущего состояния научных исследований по использованию данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса для распознавания изображения дорог в региональных лесохозяйственных проектах. Дана характеристика принципам выделения линейных объектов дорожной инфраструктуры, отмечено, что прямые дешифровочные признаки используются в таких сочетаниях, как яркостные и текстурные, геометрические и яркостные. Выделено три направления работ с примерами: визуальное дешифрирование, использование специального программного обеспечения и библиотек разработки, а также применение нейросетей. Приведено описание методов и программных средств распознавания дорожной сети, типов и пространственного разрешения необходимой космической съемки. В обзоре показано, что основой распознавания изображения дорог являются данные оптической съемки открытых и коммерческих источников, методы машинного обучения и нейросети. Актуальными задачами распознавания дорог для лесного хозяйства являются: оценка состояния покрытия дороги, моделирование расположения существующих, проектирование и строительство новых дорог, учет сезонности. Представлено описание функциональности плагина MapFlow как инструмента по распознаванию дорог для Open Source QGIS. Статья является частью разработок по региональному лесному транспортному моделированию наземного доступа к лесным пожарам и ресурсам леса.

Ключевые слова: *данные ДЗЗ из космоса, дорожная сеть, распознавание объектов, лесное хозяйство, нейросеть, сверточная нейросеть, Open Source QGIS, плагины, MapFlow*

https://jfsi.ru/5-4-2022-podolskaia/

Доклад является частью разработок по региональному лесному транспортному моделированию наземного доступа к лесным пожарам и ресурсам леса Лаборатории мониторинга лесных экосистем ЦЭПЛ РАН

Постановка проблемы

•Существует потребность в методах и автоматизированных технологиях распознавания объектов инфраструктуры на космических изображениях;

•Основным объектом инфраструктуры регионов является дорожная сеть, необходимая для функционирования многих отраслей хозяйства, в особенности лесного, которое использует дороги разных классов для перемещения к лесным пожарам и ресурсам леса;

•Распознавание изображения дорожной сети на космических снимках ввиду сложностей сочетания характеристик геометрии и яркости является актуальной и востребованной задачей как при визуальном, так и при автоматизированном дешифрировании;

•Для понимания текущего состояния и развития задачи распознавания дорог в регионах (субъекты административного деления России) необходим обзор научных исследований по использованию данных ДЗЗ из космоса.

Цель работы - представление обзора научных публикаций по распознаванию линейных объектов инфраструктуры дорожной сети с использованием данных ДЗЗ из космоса и определение современных возможностей распознавания дорог для проектов регионального лесного хозяйства по транспортному моделированию.

Задачи

•дать характеристику современного состояние задачи распознавания дорог по космическим снимкам по материалам отечественных и зарубежных научных статей для региональных проектов;

•показать особенности распознавания дорог в лесном хозяйстве и дать примеры ГИС-инструментов Open Source.

Результаты

•Общими закономерностями в результате анализа статей для разнообразных дорожных проектов и лесного хозяйства можно назвать **использование открытых данных Landsat и Sentinel, которые являются самыми доступными;**

•Для распознавания дорог самыми информативными и используемыми в настоящее время являются прямые дешифровочные признаки (геометрические, яркостные), затем по количеству упоминаний следуют прямые текстурные признаки;

•**Задачи использования космической съемки для распознавания изображения дорог по результатам анализа выборки статей можно разделить на несколько групп;**

Во-первых, это потребность в каком-либо материале при отсутствии обновленных данных по сети дорог,
во-вторых, отсутствие в открытом доступе точной координатной привязки линейной инфраструктуры дорог и, наконец, необходимость мониторинга покрытия дороги на предмет аварийности и проведение последующих экономических оценок.

Распознавание изображения дорог на космических снимках в проектах регионального уровня (1)

Сводная таблица

Методы распознавания и ключевые слова	Съемочная система и пространственное разрешение	Используемое ПО/библиотека	Территория применения	Источник
Блок 1 — визуальное дешифрирование				
Визуальное распознавание автомобильных дорог различных классов и железных дорог	RapidEye (5 м)		Малообжитые районы Западной Сибири	Кобзева, 2010
Выявление дороги и мониторинг ее состояния по сезонам года по материалам ДЗЗ из космоса с уточнением полевыми исследованиями	Formosat-2, Eros A/B, Ikonos-2, QuickBird, Ресурс (1-10 м)		Архангельская область, Россия	Шошина, 2013

Распознавание изображения дорог на космических снимках в проектах регионального уровня (2)

Сводная таблица

Блок 2 — специальное ПО и библиотеки для разработки				
Автоматическое распознавание типа покрытия дороги (битум, бетон, гравий, грунт). Сегментация дорожной сети	Spot панхром (10 м)	IMAVISION image analysis system	Канада	Maillard, Cavayas, 1989
Автоматическое извлечение дорог (поиск дорог, векторизация и присоединение отрезков дорог)	Quickbird, Ikonos, Spot, Aster, Landsat-ETM (2.4-30 м)	PCI Geomatica	Турция	Gecen, Sarp, 2008
Кластеризация гиперспектральных данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры	EO-1, Hyperion (30 м)	ITSGIS	Самарская область, Россия	Михеева, Федосеев, 2014
Глубокое обучение, сегментация, обнаружение дорог и инфраструктуры	Sentinel 2 (10 м)	Python (3.6), PyTorch (1.0)	Дания	Oehmcke et al., 2019
Сегментация, объектный анализ изображений, математическая морфология	Ikonos-2 (4 м)	ENVI	Италия	Barrile et al., 2020
Сегментация изображения, морфологические операции	WorldView-3 (до 0.3 м панхром, 1.24 м — мультиспектр)	MATLAB	США	Satyanarayana et al., 2020

Распознавание изображения дорог на космических снимках в проектах регионального уровня (3)

Сводная таблица

Методы распознавания и ключевые слова	Съемочная система и пространственное разрешение	Используемое ПО/библиотека	Территория применения	Источник
Блок 3 — использование нейросетей				
Глубокое обучение, семантическая сегментация, свёрточная нейронная сеть, алгоритм центральной линии, пользовательский алгоритм упрощения	WorldView-3, SkySat, Planet Dove, Sentinel-2 (1-10 м)	Сеть: U-Net based network. ПО: Keras Open Source deep learning library	Европа, Африка, Центральная Америка	Riedl et al., 2019
Полностью свёрточная нейронная сеть (FCN). Увеличение данных, деконволюция и условное случайное поле	IKonos, QuickBird, WorldView and GeoEye (порядка 1 м)	Сети: AlexNet, VGG-Net. ПО: Keras Open Source deep learning library	США	Zegeye, 2020
Сеть связности (CoANet) для совместного изучения сегментации и попарных зависимостей	SpaceNet and DeepGlobe datasets (0.3-0.5 м)	Сеть: ResNet-101 pre-trained on ImageNet	Разные регионы мира	Mei et al., 2021

Плагин MapFlow (Open Source QGIS) - инструмент

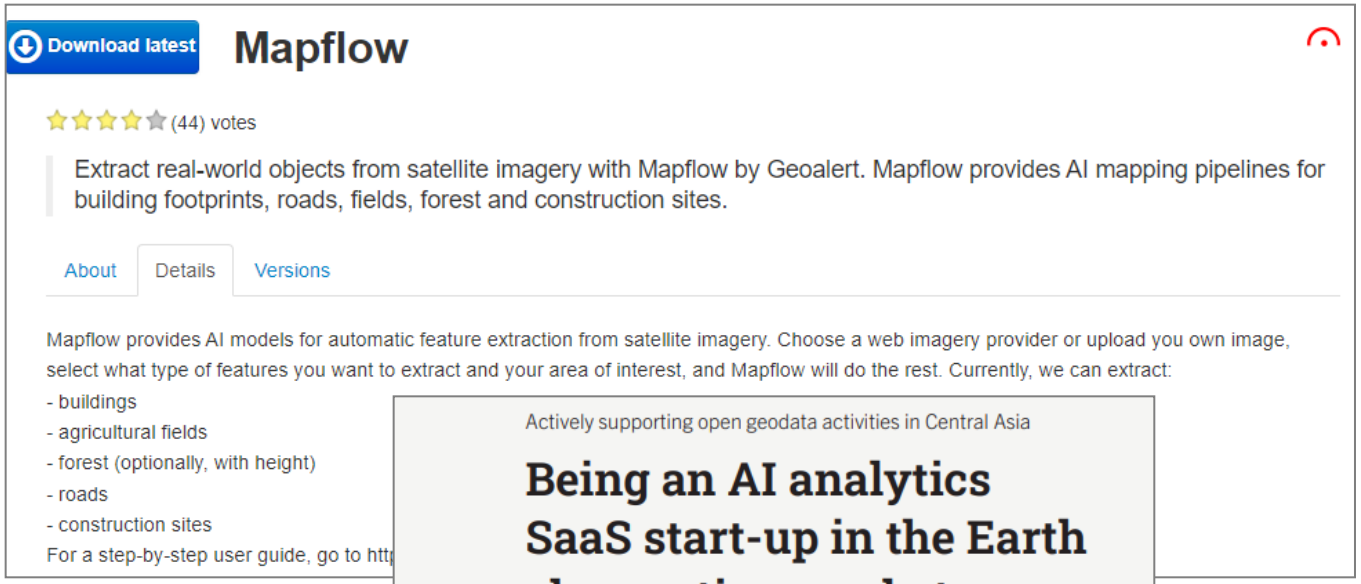
- MapFlow является одним из используемых и популярных по данным библиотеки «открытых» инструментов для геоинформатики (https://plugins.qgis.org/) плагинов распознавания дорог разработки компании GeoAlert (https://geoalert.io/);

- В настоящее время в качестве исходных данных MapFlow использует материалы оптической съемки высокого пространственного разрешения;

- Модуль появился в репозитории в июле 2021 г. (https://plugins.qgis.org/plugins/mapflow/);

- Актуальная версия от 04.04.2023 года.

https://plugins.qgis.org/plugins/mapflow/
https://github.com/Geoalert/mapflow-qgis



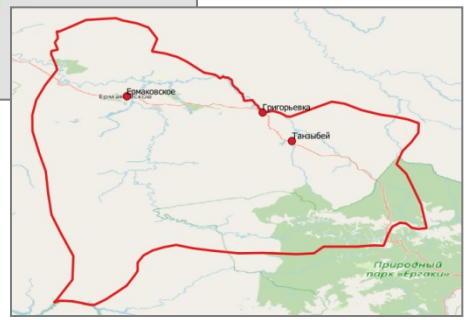
Плагин MapFlow (Open Source QGIS) – результаты тестов

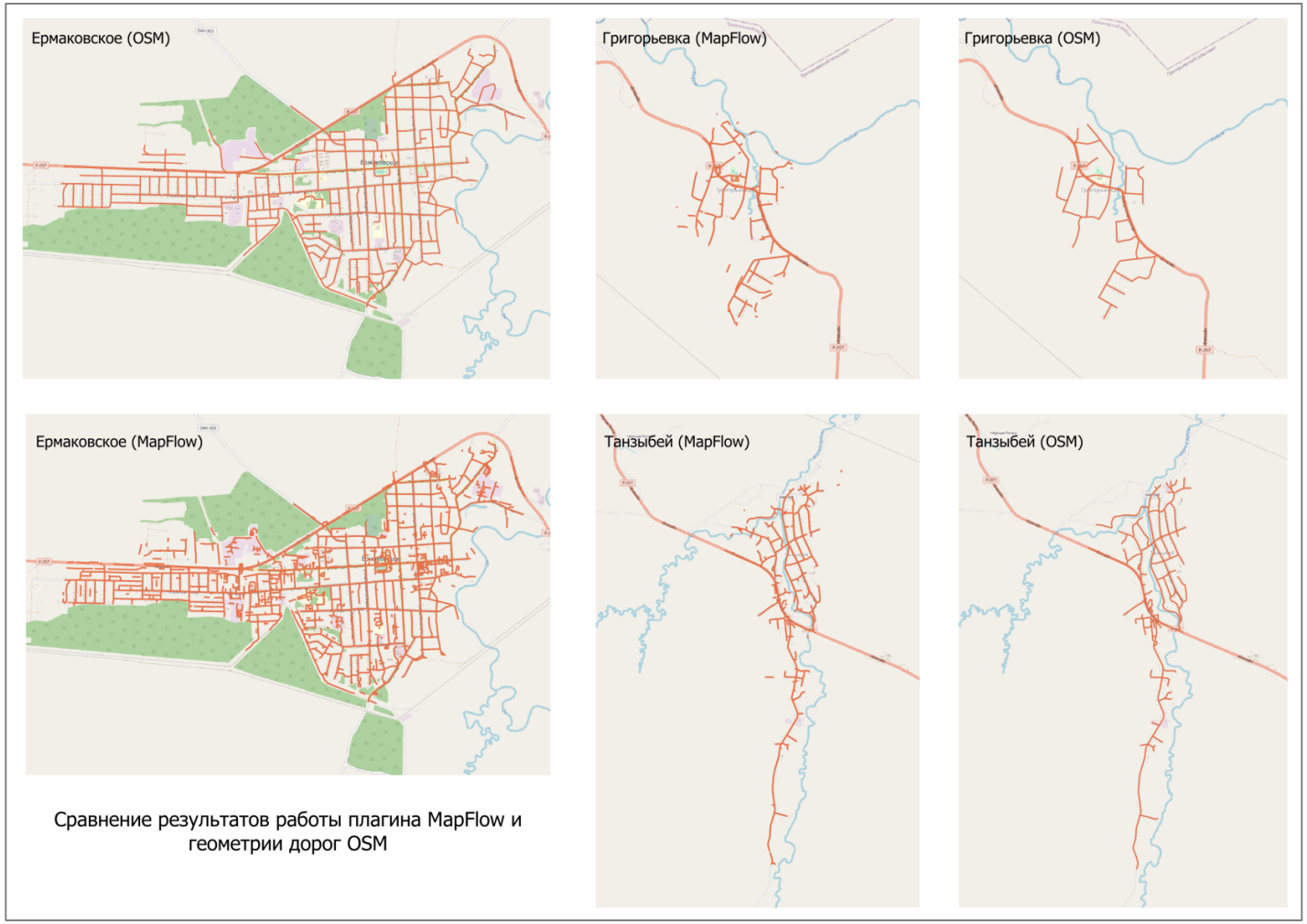
Красноярский край,
Сибирский федеральный округ

Выбор в качестве региона исследования обусловлен ежегодной высокой горимостью лесов в течение пожароопасного сезона

https://class-tour.com/wp-content/uploads/f/5/2/f5200a9629809aa98c1c55050ff109a6.png

Выбор тестовых участков с сетью дорог разных типов в Ермаковском лесничестве





Сравнение результатов работы плагина MapFlow и геометрии дорог OSM

Тесты плагина и сопоставление результатов распознавания дорог с данными проекта OSM проведены студентом–бакалавром 3 курса кафедры ГИС Института радиоэлектроники и информатики РТУ МИРЭА Кокуркиным Александром Дмитриевичем

Выводы

•В проектах лесного хозяйства по транспортному моделированию дороги распознаются по снимкам открытых и коммерческих источников, по уровню пространственного разрешения используется материалы от сверхвысокодетальной съемки до съемки разрешения порядка десятков метров;

•Тематическими задачами лесного хозяйства с применением данных ДЗЗ из космоса и искусственного интеллекта остаются оценка состояния дороги, выявление ее аварийности, а также проведение моделирования для проектирования и строительства новых дорог;

•Для распознавания и мониторинга состояния лесных дорог в регионах России в настоящее время целесообразна съемка высокой и сверхвысокой детальности, что может быть выполнено и при помощи БПЛА.

Публикации

•Подольская Е.С. Обзор плагинов Open Source QGIS для лесной отрасли // Вопросы лесной науки. Т. 4. № 2. 2021. С. 1-11. DOI 10.31509/2658-607x-202142-1.
•Подольская Е.С. Обзор опыта решения задач транспортного моделирования в лесном хозяйстве // Вопросы лесной науки. Т. 4. № 4. 2021. С. 1-32. DOI 10.31509/2658-607x-2021-44-92.
•Подольская Е.С. Обзор научных работ по использованию данных ДЗЗ из космоса для распознавания изображения дорог в лесном хозяйстве // Вопросы лесной науки. Т. 5. № 4. 2022. С. 1-21. DOI 10.31509/2658-607x-202252-115
•Подольская Е.С. Методы и ГИС-инструменты машинного обучения в лесном транспортном моделировании наземного доступа // Сборник научных статей “Пространственные данные: наука и технологии”. Москва, МИИГАиК, 2022. - **направлено в редакцию.**
•Podolskaia E. S. Open geodata and Open Source GIS in the Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences (CEPF RAS) // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVI-4/W2-2021, 123–125, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W2-2021-123-2021, 2021.

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания «Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем», регистрационный номер № 121121600118-8.

Екатерина Подольская
ведущий научный сотрудник, к.т.н.,
Лаборатория мониторинга лесных экосистем,
ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

E-mail: podols_kate@mail.ru