



Анализ нарушений вида разрешенного использования земельного участка по космическим снимкам и перспективы автоматизации данного процесса

С.С. Новиков¹✉, Т.В. Илюшина², П.Е. Новикова¹

¹ Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы», Москва, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

✉ s.novikov92@inbox.ru

ЦИТИРОВАНИЕ Новиков С.С., Илюшина Т.В., Новикова П.Е. Анализ нарушений вида разрешенного использования земельного участка по космическим снимкам и перспективы автоматизации данного процесса // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69. № 3. С. 160–174. DOI:10.30533/GiA-2025-038.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА вид разрешенного использования земельного участка, государственный земельный надзор, дистанционное зондирование Земли, земельный участок, земли лесного фонда, «Канопус-В», космический снимок, муниципальный земельный контроль, нарушения использования земли

АННОТАЦИЯ Государственный земельный надзор и муниципальный земельный контроль на землях лесного фонда в Российской Федерации имеют свои особенности. Организация поиска нарушений использования лесных участков связана со значительной удаленностью земель лесного фонда от населенных пунктов, что усложняется отсутствием определенных границ у большого количества лесных участков. Следует также учесть, что обработать вручную большой объем полученных данных будет проблематично, а тем более делать это на регулярной, системной основе. Проблемы поиска нарушений могут быть решены с помощью применения данных, полученных с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли и посредством системы автоматизации. В связи с этим в данной работе рассмотрены возможности для автоматизации процесса поиска нарушений на земельных участках, отнесенных к лесному фонду. Изучена законодательная база, проанализированы проблемы, которые могут возникнуть при построении системы автоматизации поиска нарушений, проведены эксперименты по автоматизации процессов. Даны рекомендации по необходимости изменения текущего законодательства для сокращения количества лесных участков без определенных границ в целях автоматического

установления нарушений режима использования. Рассмотрена возможность построения сервиса поиска нарушений на лесных участках и установления времени возможного возникновения нарушений режима использования на основании снимков, полученных с космических аппаратов типа «Канопус-В», а также возможность интеграции перспективных космических аппаратов для улучшения качества работы системы.

1 Введение

Одно из важных направлений государственного земельного надзора и муниципального земельного контроля — это поиск нарушений использования земельных участков (ЗУ), который на отдаленных от поселений ЗУ, очевидно, затруднен. Наиболее проблематичным будет поиск нарушений использования ЗУ для земель лесного фонда. Поскольку территория Российской Федерации на 65 % состоит из земель лесного фонда, проблема становится еще более острой. Ситуацию в целом могло бы облегчить использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), однако в силу величины территории проанализировать эти снимки вручную затруднительно. Необходимо внедрить анализ снимков не только для разового использования, а на регулярной, системной основе в определенное время года. Именно в данном аспекте очень перспективной выглядит возможность применения машинного зрения для анализа снимка ДЗЗ и поиска нарушений использования ЗУ лесного фонда.

2 Материалы и методы

2.1 Виды разрешенного использования земель в РФ

При осуществлении контроля за надлежащим использованием ЗУ регламентированы принципы и действия, совершаемые с землей. Согласно статье 37 Градостроительного кодекса Российской Федерации (ГрК РФ)¹, определены следующие виды использования ЗУ: основные виды разрешенного использования, условно разрешенные виды использования и вспомогательные виды разрешенного использования. При анализе нормативно-справочной документации сделан упор на рассмотрение основных видов разрешенного использования ЗУ согласно классификатору видов разрешенного использования земельных участков (далее — классификатор), утвержденному Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр)².

В отношении ЗУ в соответствии с статьей 37 ГрК РФ может быть установлен один либо несколько основных условно разрешенных или вспомогательных видов разрешенного использования. Правообладателю ЗУ по правилам, предусмотренным Росреестром согласно Земельному кодексу Российской Федерации (ЗК РФ), предоставлено право самостоятельно выбирать вид разрешенного использования (рис. 1).

1 Градостроительный кодекс РФ от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12138258> (дата обращения: 01.08.2024).

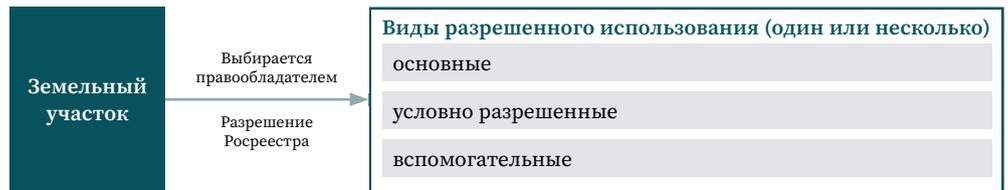
2 Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10 ноября 2020 г. № П/0412 «Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков» (с изменениями и дополнениями от 23 июня 2022 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/75062082> (дата обращения: 01.08.2024).

Рис. 1 ➔

Схема присвоения вида разрешенного использования земельного участка

Fig. 1

Scheme of assigning the permitted land use type to a land plot



Виды разрешенного использования ЗУ определяются в соответствии с классификатором, утвержденным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере земельных отношений.

2.2 Примеры определения нарушений использования ЗУ по снимкам ДЗЗ

2.2.1 Определение нарушений использования ЗУ по снимкам с космических аппаратов типа «Канопус-В» на примере земель лесного фонда

При проведении исследования в целях применения снимков отечественной группировки космических аппаратов (КА) в государственном земельном надзоре и муниципальном земельном контроле в части определения нарушения разрешенного использования ЗУ, которые относятся к землям лесного фонда, по классификатору необходимо обратить внимание на виды участков согласно строкам 10.0–10.4.

Одним из наиболее легко обнаруживаемых нарушений при использовании земель лесного фонда является незаконная рубка лесных насаждений. Авторами для исследования выбраны, согласно классификатору, виды разрешенного использования «Использование лесов» (10.0), «Заготовка древесины» (10.1), «Лесные плантации» (10.2), «Заготовка лесных ресурсов» (10.3), «Резервные леса» (10.4) (табл. 1³).

Таблица 1 ➔

Выбранное для исследования описание вида разрешенного использования ЗУ

Table 1

Description of the type of permitted use of the land plot (selected for the study)

Использование лесов	Деятельность по заготовке, первичной обработке и вывозу древесины и недревесных лесных ресурсов, охрана и восстановление лесов и иные цели. Содержание данного вида разрешенного использования включает в себя содержание видов разрешенного использования с кодами 10.1–10.4	10.0
Заготовка древесины	Рубка лесных насаждений, выросших в природных условиях, в том числе гражданами для собственных нужд, частичная переработка, хранение и вывоз древесины, создание лесных дорог, размещение сооружений, необходимых для обработки и хранения древесины (лесных складов, лесопилен), охрана и восстановление лесов	10.1
Лесные плантации	Выращивание и рубка лесных насаждений, выращенных трудом человека, частичная переработка, хранение и вывоз древесины, создание дорог, размещение сооружений, необходимых для обработки и хранения древесины (лесных складов, лесопилен), охрана лесов	10.2
Заготовка лесных ресурсов	Заготовка живицы, сбор недревесных лесных ресурсов, в том числе гражданами для собственных нужд, заготовка пищевых лесных ресурсов и дикорастущих растений, хранение, неглубокая переработка и вывоз добытых лесных ресурсов, размещение временных сооружений, необходимых для хранения и неглубокой переработки лесных ресурсов (сушилки, грибоварни, склады), охрана лесов	10.3
Резервные леса	Деятельность, связанная с охраной лесов	10.4

³ Классификатор видов разрешенного использования земельных участков. Приложение к приказу Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10 ноября 2020 г. № П/0412. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/75062082/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/?ysclid=mcj8gumvcp314150325> (дата обращения: 01.08.2024).

Рис. 2 

Пример рубок леса на снимке с КА «Канопус-В»

Fig. 2

Example of forest felling detection on an image from the Kanopus-V satellite

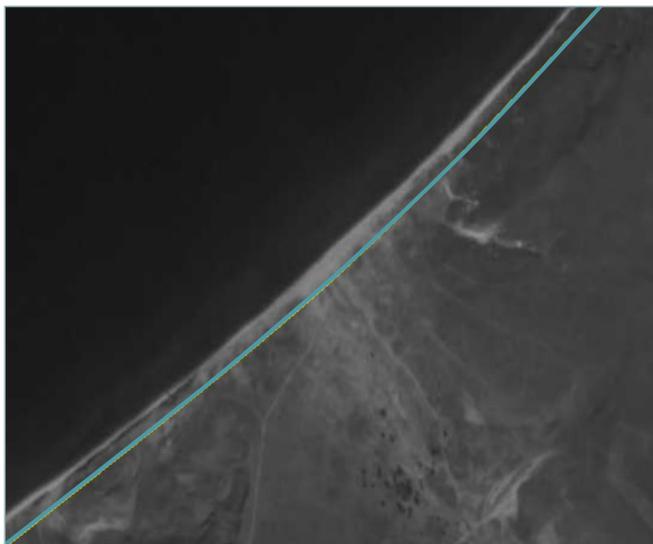


Рис. 3 

Пример определения границы водоохранной зоны

Fig. 3

Example of defining a boundary of a water protection zone



В ходе экспериментальной части исследования был выбран снимок ДЗЗ с КА типа «Канопус-В» для рассмотрения ситуации с поиском нарушения использования ЗУ⁴. На снимке в явном виде прослеживается зона вырубки леса, которая может являться нарушением (рис. 2). Предположительно участку был присвоен классификатор 10.3 – «Заготовка лесных ресурсов». При этом, анализируя снимок ДЗЗ, можно отметить сплошную рубку деревьев, что будет являться нарушением установленного целевого назначения ЗУ⁵. Использование земли не по целевому назначению влечет за собой административное нарушение в части охраны окружающей среды и природопользования⁶.

2.2.2 Определение нарушений использования ЗУ по снимкам с космических аппаратов типа «Канопус-В» на примере водоохранной зоны

Как показало исследование, на снимках ДЗЗ (рис. 3) можно четко проследить водоохранную зону [1]. Ее ширина устанавливается от истока для рек или ручьев протяженностью:

- 1) до 10 км — в размере 50 м;
- 2) от 10 до 50 км — в размере 100 м;
- 3) от 50 км и более — в размере 200 м.

Для реки, ручья протяженностью менее 10 км от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере 50 м.

Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 кв. км, устанавливается в размере 50 м. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока⁷.

В рамках исследования сделано предположение, что данный участок является рекой или ручьем с первой градацией размера водоохранной зоны, тогда при использовании снимка с КА «Канопус-В» с панхроматическим разрешением 2,1 м водоохранная зона составит ~24 пикселя, что позволяет даже при минимальном размере данных зон успешно искать нарушения на снимках [2].

4 Шолле Ф. Глубокое обучение на Python / пер. с англ. 2-е изд. СПб.: Питер, 2023. 576 с.

5 Юн Цуй. Рецепты Python. Коллекция лучших техник программирования. СПб.: Питер, 2024. 512 с.

6 Кодекс РФ об административных правонарушениях. Статья 8.8. Использование земельных участков не по целевому назначению, невыполнение обязанностей по приведению земель в состояние, пригодное для использования по целевому назначению. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/54179b602a94ee33b01318897e0f050dc25d73cf (дата обращения: 01.08.2024).

7 Водный кодекс РФ. Статья 65. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/4c65ff0f232195d8dcc08535d2c3923d5b67f1c/ (дата обращения: 01.08.2024).

2.2.3 Определение нарушений использования ЗУ по снимкам с космического аппарата типа «Канопус-В» на примере неустановленных границ ЗУ

Однако на больших территориях (более нескольких десятков километров, где возникает сложность использования даже беспилотного летательного аппарата гражданского класса) существует проблема своевременной обработки информации, поступающей от группировки КА ДЗЗ: количество данных огромно, при этом они должны быть оперативно обработаны и соотнесены с зарегистрированными ЗУ в соответствии с классификатором.

Существенно усложняет работу и то обстоятельство, что значительное количество участков до сих пор не имеет установленных границ. В России, по данным Росреестра, по состоянию на 2021 год не были определены границы более 23 млн ЗУ. В связи с этим параллельно с разработкой моделей важно устранить данную проблему и автоматизировать интеграцию новых данных по состоянию участков. Отсутствие межевания на ЗУ может привести к несоответствию границ и построек, принадлежащих одному участку, фактически построенных на другой территории.

В качестве примера можно рассмотреть кадастровый квартал 14:34:030001 (рис. 4⁸) и его окрестности (рис. 5⁸). Как видно из данных, полученных с помощью сервиса «Публичная кадастровая карта», объекты недвижимости на данной территории зарегистрированы надлежащим образом лишь частично, что будет серьезно осложнять работу федеральных служб.

Рис. 4 
Квартал 14:34:030001

Fig. 4
Cadastral block 14:34:030001

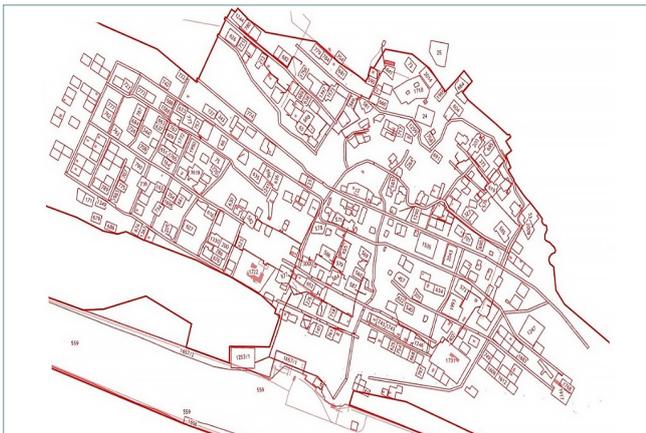


Рис. 5 
Окрестности квартала 14:34:030001

Fig. 5
Surrounding area of the cadastral block 14:34:030001

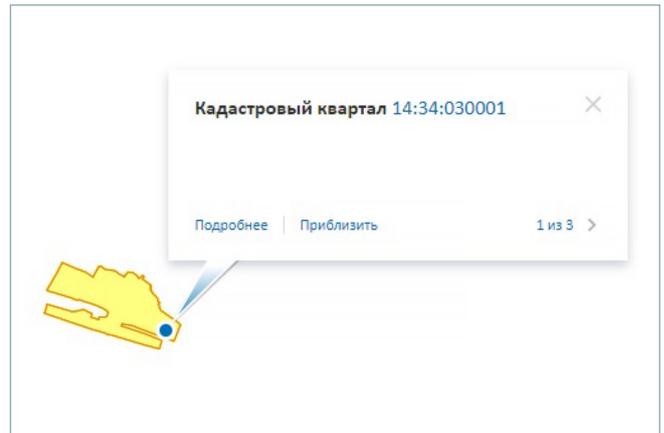
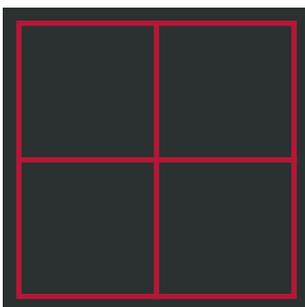


Рис. 6 
Пример упрощенного участка

Fig. 6
Example of a simplified land plot



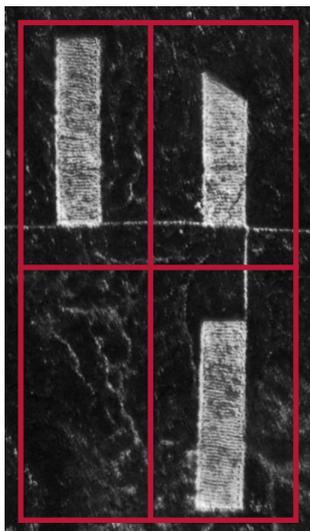
Исходя из большого количества участков с неопределенными границами, необходимо автоматизировать процесс их обработки. В рамках подготовки данной работы было организовано постепенное машинное обучение модели, начавшееся с упрощенной эмуляции для отработки базовых идей и снижения требований к вычислительным мощностям [3]. Для этого была построена эмуляция космических снимков с условным делением границ под рубку леса (рис. 6), чтобы потом перейти к пробному распознаванию рубки леса по панхроматическому (черно-белое) изображению (рис. 7), а позже — к комплексированному (совмещение черно-белого изображения с точностью 1 м с RGB с точностью 2 м) изображению.

В целях дальнейшего обучения модели автоматического обнаружения и классификации объектов на снимках ДЗЗ (далее — модель детекции) в базу данных (БД) для тестового режима были внесены [4, 5]:

⁸ Публичная кадастровая карта / Росреестр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roscadaster.com/map> (дата обращения: 15.05.2024).

Рис. 7 
Снимок с КА «Канопус-В»

Fig. 7
Kanus-V satellite image



- 1) общие характеристики ЗУ:
 - координаты;
 - кадастровый номер;
- 2) информация о зарегистрированных правах:
 - правообладатель ЗУ;
 - вид разрешенного использования ЗУ.

От хранения изображений в БД пришлось отказаться, так как это стремительно наполнило бы БД и из-за огромного количества информации сделало обработку чересчур длительным процессом, практически необработываемым. Эти данные позволят работать с ЗУ с целью установления нарушения режима использования.

- Структуру базы данных составляют:
- ID;
 - координаты характерных точек участка;
 - кадастровый номер участка;
 - правообладатель участка;
 - вид разрешенного использования.

2.2.4 поэтапное обучение модели детекции данных

Для начала необходимо провести ряд действий, направленных на создание и обучение модели.

Шаг 1. Обучение модели

На входе модели — изображения, на которых мы тренируем, на выходе — D-мерный эмбединг. Эмбединг (*англ.* embedding) — это вектор, представленный в виде массива чисел, который получается в результате преобразования данных.

Шаг 2. Индексирование базы изображений

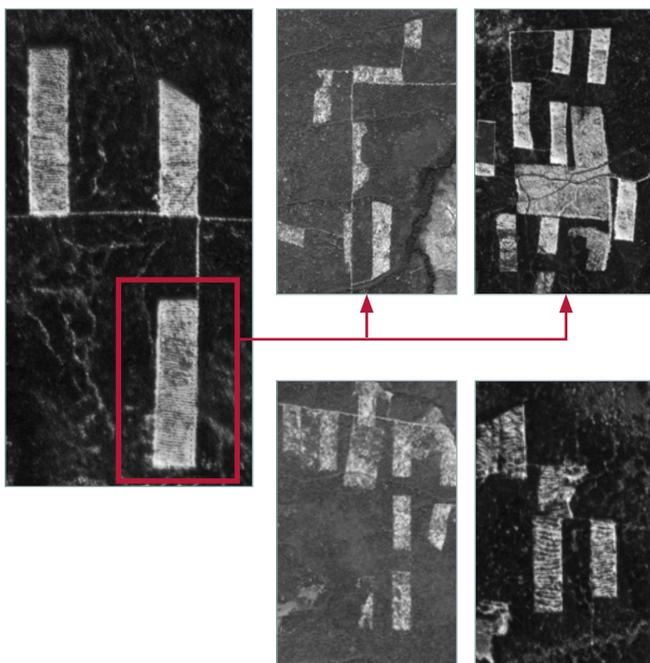
Индексирование представляет из себя многократный просмотр обученной модели на всех изображениях и запись эмбедингов в специальный индекс для быстрого поиска. Теперь можно перейти непосредственно к поиску.

Шаг 3. Поиск

По загруженному пользователем изображению осуществляется прогон модели, получение эмбединга и сравнение его данных с остальными в базе. Результатом поиска является отсортированная по релевантности выдача.

Рис. 8 
Возможные ошибки при обучении модели детекции данных

Fig. 8
Possible errors in training a data detection model



2.2.5 Возможные ошибки при обучении модели детекции данных

Необходимо набрать самые распространенные исключения при работе поиска и включить их обработку в алгоритм. Поскольку данная модель максимально упрощена, ошибок в поиске она не дает, однако уже на панхроматическом изображении ситуация в корне меняется. В дальнейшем при переходе к комплексированному изображению исключений станет только больше. Необходимо также предусмотреть фильтрацию входящих данных — на начальном этапе придется отказаться от снимков ДЗЗ в зимний период, а в дальнейшем, возможно, придется сделать две модели для летних и зимних снимков ДЗЗ (рис. 8).

Пример использованного участка

Рассмотрим тестовые участки (рис. 9). Участки 1 и 2 — допустимое использование «Рубка» (10.1). Участки 3 и 4 — допустимое использование «Заготовка лесных ресурсов» (10.3).

Рис. 9 
 Пример использования участка
Fig. 9
 Example of land plot usage

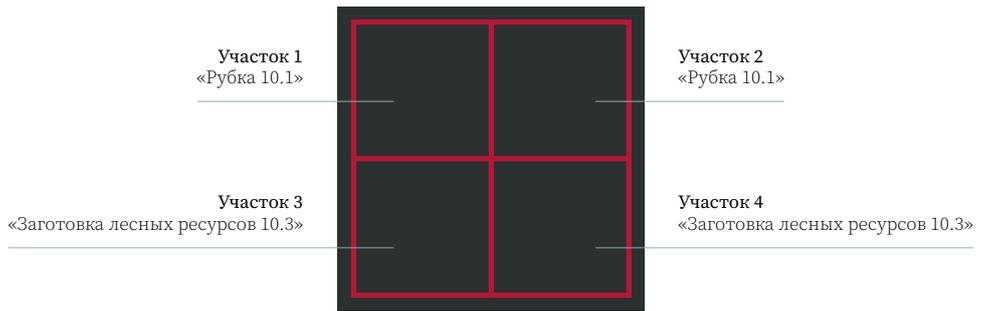


Рис. 10 
 Пример определения рубок на участке
Fig. 10
 Example of felling definition in an area

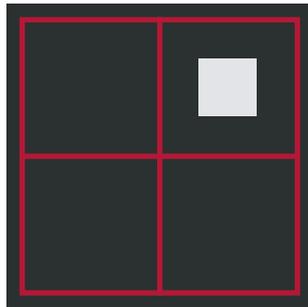
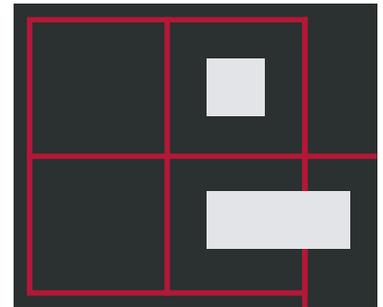


Рис. 11 
 Пример определения рубок на участках и участках, смежных с данными
Fig. 11
 Example of detecting felling areas on land plots and adjacent plots

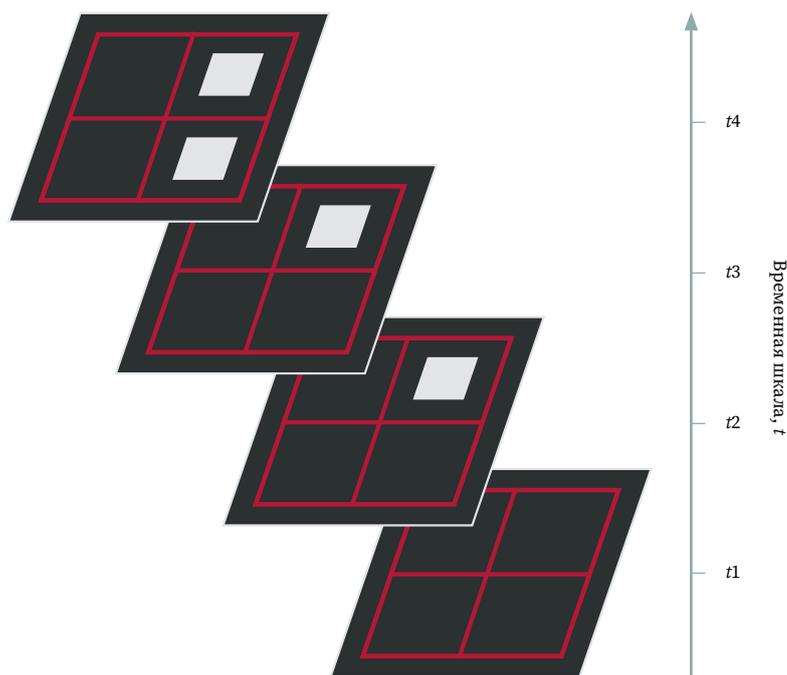


На начальном этапе модель была обучена на поиск эмуляции «рубки», которая в данном случае обозначает белый квадрат (рис. 10, 11).

Далее было сделано предположение, что нарушение может не ограничиваться рамками одного участка, поэтому диапазон поиска координат был расширен, а модель сообщила, на каких участках еще продолжается данное нарушение.

Затем было сделано предположение, что модель бы могла определять предполагаемый момент возникновения нарушения, проверяя несколько снимков участка на протяжении времени. Так можно вычислить конкретного собственника, который допустил нарушение режима использования участка. Как видно, нарушение на участке 4 возникло в момент времени t_4 (рис. 12), и прошлые владельцы его эксплуатировали, соблюдая правила, а на участке 2 нет нарушений, так как он имеет разрешенное использование по классификатору «Рубка» (10.1).

Рис. 12 
 Пример определения рубок на участках в течение промежутка времени и смежных участков
Fig. 12
 Example of detecting felling on land plots over a time period, including adjacent parcels

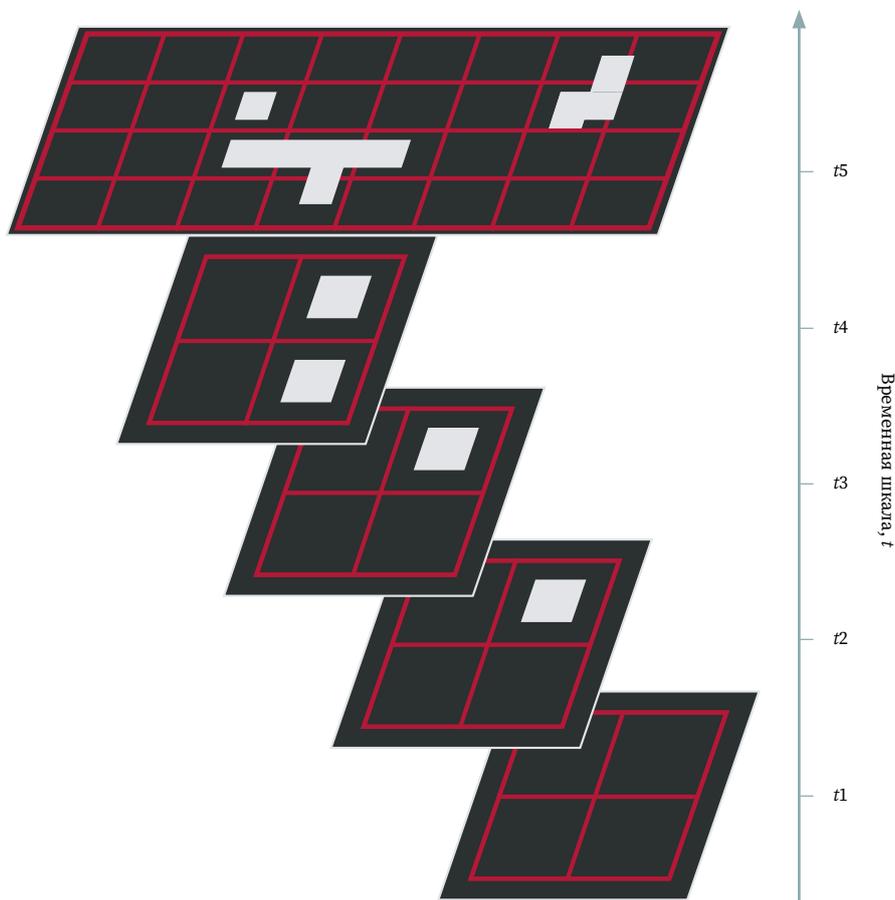


3 Результаты

Исходя из двух прошлых решений, более продуктивно было бы рассматривать комплексные изменения участка во времени и его взаимодействие с соседними участками. Так, найденное нарушение может быстро, а главное в автоматическом режиме, указать на другие участки с нарушением вида разрешенного использования (рис. 13).

Рис. 13 ➔
Пример определения рубок на участках в течение промежутка времени и нескольких смежных участков

Fig. 13
Example of detecting felling on land plots over a time period and several adjacent plots

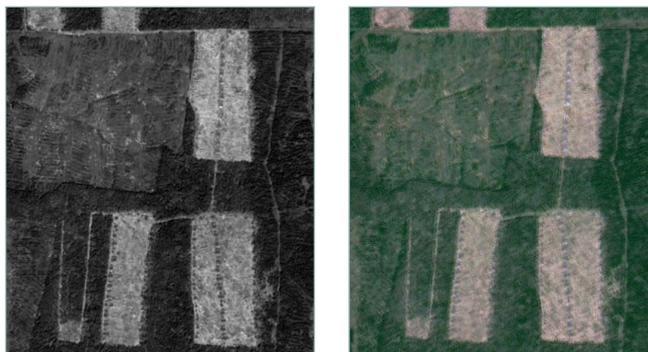


3.1 Переход к обучению модели на комплексированных снимках

Далее перед нами стоит задача перейти от эмулированных данных к их применению на практике. Для начала необходимо вывести универсальные паттерны рубок, чья выдача будет релевантна и применима к остальным участкам. Затем можно будет перейти к расширению поиска видов нарушений, например незаконных построек, а впоследствии даже с указанием типа данных строений (рис. 14).

Рис. 14 ➔
Переход к обучению модели на комплексированных снимках

Fig. 14
Transition to training the model on complex images





3.2 Пример ошибочных результатов работы обученной модели

Одной из главных проблем обученной модели может стать ложно положительное срабатывание. Например, обученная модель, используемая для автомобильных автопилотов, ошибочно может срабатывать на фальшивые нарисованные знаки вместо официально установленных.

Однако на текущий момент полностью отказаться от участия человека в процессе принятия решений о наличии нарушений не удастся. Метод машинного обучения для распознавания ЗУ по снимкам, полученным с КА типа «Канопус-В», уже нашел применение в отдельных проектах. Белорусские исследователи А.А. Золотой, Д.И. Новиков осенью 2024 года представили интересный вариант использования нейросетей [6]. Авторы использовали снимки с КА типа «Канопус-В» для получения информации о наличии на снимках лесных и пахотных земель. Данная работа показала наличие перспектив для применения снимков ДЗЗ в сочетании с машинным обучением. Впоследствии с развитием взаимодействия машинного зрения с БД зарегистрированных ЗУ и сокращением количества участков без определенных границ появится реальная возможность оперативно выявлять нарушения использования ЗУ [7–10].

Реализовав поправки в действующие нормативные документы в части требований к размеру проекции пикселя на местности для ЗУ лесного фонда (приказ Росреестра от 23 октября 2020 г. № П/0393), можно приступить к реализации ряда систем, которые при должной автоматизации позволят сильно изменить текущую систему кадастрового учета и мониторинга земель с помощью систем ДЗЗ [11].

Прототип системы поиска нарушений использования ЗУ может быть реализован достаточно быстро при выделении необходимых технических ресурсов. Общая концепция данного сервиса была представлена нами на XX Международном форуме «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» в 2024 году. Параллельно с уменьшением количества ЗУ с неопределенными границами эффективность предлагаемой разработанной системы будет повышаться, а в дальнейшем с помощью интеграции перспективных КА ДЗЗ и снижения времени обновления данных ДЗЗ спроектированная система сможет работать практически в реальном времени. Концептуальная блок-схема приведена на рис. 15.

Рис. 15 ◀
Схема работы сервиса поиска нарушений использования ЗУ по снимкам ДЗЗ

Fig. 15
Scheme of operation of the service for searching violations of land use based on remote sensing images

4 Обсуждение

В дальнейшем планируется создание моделей, способных работать с комплексированными изображениями по различным видам нарушений для различных видов разрешенного использования. Эксперимент будет продолжен на ЗУ категории земель особо охраняемых территорий и объектов и ЗУ, отнесенных к землям сельскохозяйственного назначения (за исключением ЗУ сельскохозяйственного назначения и предоставленных для ведения личного подсобного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства, которые, согласно приказу Росреестра от 23 октября 2020 года № П/0393, имеют более жесткие требования к СКО определения координат характерных точек на снимках ДЗЗ и размеру проекции пикселя на местности).

По результатам проведенного исследования были сформулированы следующие проблемы:

1. В части технических требований необходимы огромные вычислительные мощности для хранения и регулярного анализа снимков ДЗЗ с целью поиска нарушений.
2. Организационные проблемы заключаются в том, что огромное количество ЗУ не имеют определенных границ, следовательно, нарушения, найденные на определенных территориях, нельзя будет быстро соотнести с конкретным нарушителем.
3. Требования к размеру проекции пикселя на снимке, перечисленные в приказе Росреестра от 23 октября 2020 года № П/0393, не могут быть удовлетворены КА отечественных группировок спутников, поэтому целесообразно рассмотреть вопрос снижения требований к размеру проекции пикселя на местности для ЗУ лесного фонда, водного фонда и земель запаса с 60 до 250 см.
4. Необходимо автоматизировать передачу информации о новых зарегистрированных участках и изменениях их границ.
5. Следует интегрировать возможность заказать досъемку участка с КА в процессе совершения регистрационных действий для своевременных проверок при смене собственника (помимо плановых проверок).
6. Впоследствии возможно создание системы, которая будет регулярно отслеживать состояние ЗУ и уведомлять о нем заинтересованных лиц и организации.
7. Постепенный переход от автоматизированного к автоматическому процессу крайне востребован, однако перспектива полного отсутствия контроля со стороны операторов весьма отдаленная.

Один из аспектов исследования, затронутый в работе (общая концепция автоматизации поиска нарушений использования ЗУ по снимкам ДЗЗ с помощью нейросетей), был представлен на XX Международном форуме «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» весной 2024 года.

5 Выводы

Несмотря на большие перспективы, которые открывает применение систем машинного обучения для автоматизации поиска нарушений использования ЗУ, перед нами стоит ряд препятствий. Самое существенное — это большое количество участков без определенных границ, что значительно снижает возможности разработанной системы. Для уменьшения количества подобных участков предлагается, во-первых, снизить требования к проекции пикселя на местности для земель лесного фонда, земель водного фонда и земель запаса; во-вторых, использовать впоследствии данные ДДЗ перспективных на настоящий момент КА. Это позволит увеличить объем получаемых данных ДЗЗ, а также снизить нагрузку на государственные органы при их работе с геопространственной информацией.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Тен А.С., Шестаков Н.В., Сорокин А.А. и др. Применение методов машинного обучения для поиска ковулканических ионосферных возмущений по данным ГНСС-наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 1. С. 37–54. DOI:10.21046/2070-7401-2023-20-1-37-54.
2. Дубровин К.Н., Фролов А.Н., Батяев Д.А. и др. Использование методов дистанционного зондирования Земли и машинного обучения для мониторинга пахотных земель Дальнего Востока // Сборник материалов XX Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь»: в 8 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2024. Т. 4. № 1. С. 20–25. DOI:10.33764/2618-981X-2024-4-1-20-25.
3. Гарафутдинова Л.В., Каличкин В.К., Федоров Д.С. Объектно-ориентированная классификация изображений дистанционного зондирования земли с использованием машинного обучения // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2024. № 2. С. 37–47. DOI:10.31677/2072-6724-2024-71-2-37-47.
4. Данилов А.С., Сердюкова Е.А. Автоматизированное обнаружение пластика в акваториях с использованием данных дистанционного зондирования и машинного обучения // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции (Казань, 10–11 апреля 2024 г.). Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2024. С. 779–782.
5. Ерошенко С.А., Матренин П.В., Хальясмаа А.И., и др. Технология обработки данных для прогнозирования притока воды в водохранилище при использовании дистанционного зондирования Земли и сети метеорологических и гидрологических постов // Проблемы региональной энергетики. 2022. № 4. С. 99–109. DOI:10.52254/1857-0070.2022.4-56.09.
6. Золотой А.А., Новиков Д.И. Функция потерь при обучении моделей детектирования лесных и пахотных земель на аэрофотоснимках // Материалы Двенадцатой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли». М.: Корпорация «ВНИИЭМ», 2024. С. 114–117.
7. Корихин Н.Н., Ковязин В.Ф. Необходимость применения искусственного интеллекта для обработки данных дистанционного зондирования Земли // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2023. № 64. С. 61–66.
8. Сарафанов М.И., Казаков Э.Э., Никитин Н.О. и др. Применение методов машинного обучения для заполнения пропусков в данных дистанционного зондирования на основе пространственных взаимосвязей // Всероссийская научная конференция с международным участием к столетию академика РАН К.Я. Кондратьева. СПб., 2020. С. 87–91.
9. Подольская Е.С. Использование данных дистанционного зондирования Земли из космоса для распознавания изображения дорог в лесном хозяйстве // Вопросы лесной науки. 2022. Т. 5. № 4. С. 1–21. DOI:10.31509/2658-607x-202252-115.
10. Павлова А.И. Применение методов машинного обучения для агроэкологической группировки сельскохозяйственных земель // Математика, ее приложения и математическое образование (МПМО23): материалы VIII Международной конференции. Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2023. С. 162–166. DOI:10.53980/9785907599970_162.
11. Рогачев С.А. Анализ данных дистанционного зондирования Земли с использованием методов машинного обучения // Прикладной искусственный интеллект: перспективы и риски: сборник докладов Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 17 октября 2024 г.). СПб.: ГУАП, 2024. С. 309–311.

АВТОРЫ **Новиков Сергей Сергеевич**

Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы», Москва, Россия

 0000-0002-4927-4542

Илюшина Татьяна Владимировна

✉ tilyushina@yandex.ru

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
кафедра землеустройства и кадастров, факультет управления территориями
д-р геогр. наук, доцент

🆔 0009-0008-7114-7479

Новикова Полина Евгеньевна

✉ p.novikova93@mail.ru

Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы», Москва, Россия

🆔 0000-0001-8474-440X

Поступила 04.04.2025. Принята к публикации 23.06.2025. Опубликовано 30.06.2025.



Analysis of violations of the type of permitted land plot use based on space images and prospects for automation of this process

Sergey S. Novikov¹✉, Tatiana V. Ilyushina², Polina E. Novikova¹

¹ Research Center for Earth Operative Monitoring of JSC “Russian Space Systems”, Moscow, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ s.novikov92@inbox.ru

CITATION Novikov SS, Ilyushina TV, Novikova PE. Analysis of violations of the type of permitted land plot use based on space images and prospects for automation of this process. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(3): 160–174. DOI:10.30533/GiA-2025-038.

KEYWORDS type of permitted use of land plot, state land supervision, remote sensing of the Earth, land plot, forest fund lands, Kanopus-V, space image, municipal land control, land use violations

ABSTRACT State land supervision and municipal land control on forest lands in the Russian Federation have their own peculiarities. The organization of the search for violations of forest land use is associated with the significant remoteness of forest lands from settlements, which is complicated by the lack of defined boundaries of a large number of forest areas. It should also be taken into account that it would be problematic to review the large amount of data received manually, much less to do so on a regular systematic basis. The problems of searching for violations could be solved by applying data obtained from remote sensing spacecrafts and through automation. In this regard, this paper considers the possibilities for automating the process of searching for violations on land plots classified as forestry. The legislative base has been studied, the problems that may arise in the construction of the system of automation of the search for violations have been analyzed, and experiments on the automation of processes have been conducted. Recommendations on the necessity to change the current legislation to reduce the number of forest areas without defined boundaries in order to determine violations of the use regime in automatic mode are given. The possibility of building a service for searching violations in forest areas and establishing the time of possible occurrence of use regime violations on the basis of images obtained from spacecrafts such as “Kanopus-V”, as well as the possibility of integrating promising spacecrafts to improve the quality of the system is considered.

REFERENCES

1. Ten AS, Shestakov NV, Sorokin AA, et al. Primenenie metodov mashinnogo obuchenija dlja poiska kovulkanicheskikh ionosfernykh vozmushhenij po dannym GNSS nabljudenij [Application of machine learning methods for detection of covolcanic ionospheric disturbances by GNSS observations data]. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*. 2023;20(1): 37–54. (In Russian). DOI:10.21046/2070-7401-2023-20-1-37-54.
2. Dubrovin KN, Frolov AN, Batjaev DA, et al. Ispol'zovanie metodov distancionnogo zondirovanija Zemli i mashinnogo obuchenija dlja monitoringa pahotnykh zemel' Dal'nego Vostoka [Use of remote sensing and machine learning methods for monitoring cropland in the Far East]. *Interexpo GEO-Siberia. Proceedings of XX International scientific congress*. In 8 vols. Novosibirsk: SSUGT; 2024;4(1): 20–25. (In Russian). DOI:10.33764/2618-981X-2024-4-1-20-25.
3. Garafutdinova LV, Kalichkin VK, Fedorov DS. Obektno-orientirovannaja klassifikacija izobrazhenij distancionnogo zondirovanija zemli s ispol'zovaniem mashinnogo obuchenija [Object-oriented classification of remotely sensed earth observation images using machine learning]. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2024;2: 37–47. (In Russian). DOI:10.31677/2072-6724-2024-71-2-37-47.
4. Danilov AS, Serdjukova EA. Avtomatizirovannoe obnaruzhenie plastika v akvatorijah s ispol'zovaniem dannykh distancionnogo zondirovanija i mashinnogo obuchenija [Automated detection of plastic in water areas using remotely sensed data and machine learning]. *Digital systems and models: theory and practice of design, development and application. Proceedings of the National (with international participation) scientific and practical conference (Kazan, April 10–11, 2024)*. Kazan: KSPEU; 2024: 779–782. (In Russian).
5. Eroshenko SA, Matrenin PV, Hal'jasmaa AI, et al. Tehnologija obrabotki dannykh dlja prognozirovanija pritoka vody v vodohranilishhe pri ispol'zovanii distancionnogo zondirovanija zemli i seti meteorologicheskikh i gidrologicheskikh postov [Data Processing Technology for the Forecasting of the Water Inflow into a Reservoir with the Use of Earth Remote Sensing and the Network of Meteorological and Hydrological Posts]. *Problems of the Regional Energetics*. 2022;4: 99–109. (In Russian) DOI:10.52254/1857-0070.2022.4-56-09.
6. Zolotoj AA, Novikov DI. Funkcija poter' pri obuchenii modelej detektirovanija lesnykh i pahotnykh zemel' na ajerofotosnimkah [Loss function for training detection models of forest and arable lands on aerial photographs]. *Actual problems of creating space systems for remote sensing of the Earth. Proceedings of the Twelfth International Scientific and Technical Conference*. Moscow: VNIIEM Corporation; 2024: 114–117. (In Russian).
7. Korihin NN, Kovjazin VF. Neobhodimost' primenenija iskusstvennogo intellekta dlja obrabotki dannykh distancionnogo zondirovanija Zemli [The need to apply artificial intelligence to the processing of remotely sensed Earth data]. *Actual Problems of the Forest Complex*. 2023;64: 61–66. (In Russian).
8. Sarafanov MI, Kazakov JJ, Nikitin NO, et al. Primenenie metodov mashinnogo obuchenija dlja zapolnenija propuskov v dannykh distancionnogo zondirovanija na osnove prostranstvennykh vzaimosvjazej [An approach to remote sensing data gap-filling using spatial dependencies and machine learning techniques]. *Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation "Earth and space" commemorating the birth centenary of academician Kirill Ya. Kondratyev*. St. Petersburg, 2020: 87–91. (In Russian).
9. Podol'skaja ES. Ispol'zovanie dannykh distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa dlja raspoznavanija izobrazhenija dorog v lesnom hozjajstve [Use of remote sensing data from space for road image recognition in the forestry]. *Forest Science Issues*. 2022;5(4): 1–21. (In Russian). DOI:10.31509/2658-607x-202252-115.
10. Pavlova AI. Primenenie metodov mashinnogo obuchenija dlja agroekologicheskoy gruppировки sel'skohozjajstvennykh zemel' [Application of machine learning methods for agro-ecological grouping of agricultural lands]. *Mathematics, Its Applications and Mathematical Education (MAME23). Proceedings of the VIII International Conference*. Ulan-Ude: Publishing Department of East Siberia State University of Technology and Management; 2023: 162–166. (In Russian). DOI:10.53980/9785907599970_162.
11. Rogachev SA. Analiz dannykh distancionnogo zondirovanija Zemli s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obuchenija [Analysis of Earth remote sensing data using machine learning methods]. *Applied Artificial Intelligence: Prospects and Risks. Proceedings of International Conference (St. Petersburg, October 17, 2024)*. St. Petersburg: SUAI; 2024: 309–311. (In Russian).

AUTHORS **Sergey S. Novikov**

Research Center for Earth Operative Monitoring of JSC “Russian Space Systems”,
Moscow, Russia

 0000-0002-4927-4542

Tatiana V. Ilyushina

 tilyushina@yandex.ru

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Land Management and Cadastre, Faculty of Territory Management
Dr. of Sci. (Geography), Associate Professor

 0009-0008-7114-7479

Polina E. Novikova

 p.novikova93@mail.ru

Research Center for Earth Operative Monitoring of JSC “Russian Space Systems”,
Moscow, Russia

 0000-0001-8474-440X

Submitted: April 04, 2025. Accepted: June 23, 2025. Published: June 30, 2025.