



Научная статья

УДК 332.62

doi: 10.55186/25876740\_2025\_68\_3\_284

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОВИНЦИИ КОНТУМ (РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ) С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ СНИМКОВ НА ПЛАТФОРМЕ GOOGLE EARTH ENGINE

Фам Чи Конг<sup>1</sup>, А.А. Мурашева<sup>1</sup>, Фам Чонг Хай<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье представлена методика оценки динамики землепользования провинции Контум (Республика Вьетнам) с использованием спутниковых данных и платформы Google Earth Engine. Исследование основывается на данных многозональных спутниковых снимков Sentinel-2, официальных картах землепользования провинции за 2018 год и статистических данных о земельных ресурсах. Основные этапы работы включают сбор, предварительную обработку данных, обучение модели на основе алгоритма случайного леса, подбор оптимальных параметров для классификации, валидацию результатов и построение карты общего землепользования. Разработанная методика позволяет детально анализировать изменения землепользования с высокой точностью — 83,5%. В ходе работы выявлены ключевые факторы, влияющие на использование земельных ресурсов, что предоставляет ценные данные для территориального планирования. Построенная карта общего землепользования предоставляет надежный инструмент для региональных органов экологического надзора, а также научных и общественных организаций, занимающихся устойчивым развитием. Карта позволяет выявлять экологические угрозы, оценивать последствия антропогенной деятельности и предлагать решения для рационального управления земельными ресурсами. Методика особенно полезна для анализа сложных территорий с разнообразными природными условиями, что делает её универсальной. Также отмечается высокая эффективность платформы Google Earth Engine, которая позволяет обрабатывать большие объемы данных за короткий промежуток времени. Это существенно снижает затраты на анализ и делает возможным широкое применение предложенной методики в различных регионах. Полученные результаты подчеркивают значимость интеграции современных технологий в процессы управления природными ресурсами.

**Ключевые слова:** провинция Контум, Вьетнам, землепользование, Google Earth Engine (GEE), многозональные снимки, Sentinel-2, классификация, случайный лес (random forest), экологический мониторинг, карты землепользования, дистанционное зондирование (ДЗЗ)

Original article

## ASSESSMENT OF LAND USE DYNAMICS IN KON TUM PROVINCE (VIETNAM) USING MULTISPECTRAL IMAGES ON THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM

Pham Chi Cong<sup>1</sup>, A.A. Murasheva<sup>1</sup>, Pham Trong Hai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

**Abstract.** The article presents a methodology for assessing the dynamics of land use in Kontum Province (Republic of Vietnam) using satellite data and the Google Earth Engine platform. The study is based on data from Sentinel-2 multispectral satellite imagery, official 2018 provincial land use maps, and land resource statistics. The main stages of work include data collection, pre-processing, model training based on a random forest algorithm, selection of optimal parameters for classification, validation of results and construction of a map of total land use. The developed methodology allows for a detailed analysis of land-use changes with high accuracy of 83.5%. In the course of the work, key factors affecting the use of land resources were identified, which provides valuable data for territorial planning. The generated map of common land use provides a reliable tool for regional environmental oversight bodies as well as scientific and public organizations involved in sustainable development. The map allows you to identify environmental threats, assess the consequences of anthropogenic activities and offer solutions for sustainable land management. The technique is especially useful for the analysis of complex areas with a variety of natural conditions, which makes it universal. The high efficiency of the Google Earth Engine platform, which allows you to process large amounts of data in a short period of time, is also noted. This significantly reduces the cost of analysis and makes it possible to widely apply the proposed methodology in different regions. The results obtained emphasize the importance of integrating modern technologies into the processes of natural resource management.

**Keyword:** Kon Tum Province, Vietnam, land use, Google Earth Engine, multispectral images, Sentinel-2, classification, random forest, environmental monitoring, land use maps, remote sensing, environmental management

**Введение.** Землепользование играет ключевую роль в социально-экономическом развитии и экологическом состоянии региона [3]. В последнее время в связи с ростом населения и интенсификацией хозяйственной деятельности увеличивается давление на земельные ресурсы, что требует эффективного управления и мониторинга. Вьетнам, и в частности провинция Контум, не являются исключением, сталкиваясь с вызовами в области устойчивого использования земель и охраны окружающей среды.

Современные технологии дистанционного зондирования земли и геоинформационные системы (ГИС) предоставляют мощные инстру-

менты для анализа землепользования и мониторинга изменений на больших территориях. Одной из таких технологий является платформа Google Earth Engine (GEE), которая позволяет обрабатывать большие объемы спутниковых данных и проводить пространственный анализ в масштабах, недоступных для традиционных методов.

Данное исследование направлено на оценку динамики землепользования провинции Контум с использованием многозональных снимков Sentinel-2 и возможностей GEE. Основной целью исследования является разработка методики классификации землепользования, которая по-

зволяет региональным органам по экологическому надзору и общественным экологическим организациям эффективно управлять и мониторить земельные ресурсы. Достигнутые результаты, включая разработанную карту землепользования, могут способствовать улучшению экологического управления и устойчивого развития провинции Контум.

**Используемые материалы.** Для проведения исследования и достижения поставленных целей использованы следующие материалы:

1. Снимки Sentinel-2
- Спутниковые снимки Sentinel-2 предоставляют высокое пространственное разрешение



ние (10-20 метров) и многозональные спектральные данные, что позволяет эффективно различать различные типы землепользования. В исследовании использовались снимки Sentinel-2 за 2018 г., охватывающие территорию провинции Контум.

2. Карты землепользования провинции Контум за 2018 г.

– Эти карты были использованы для обучения модели классификации и оценки ее точности. Они содержат информацию о типах землепользования, таких как земли лесного фонда, сельскохозяйственные земли, земли водного фонда, земли несельскохозяйственного использования и земли неиспользуемые.

**Район исследования.** Провинция Контум находится в Центральном нагорье Вьетнама и является одной из самых малонаселенных и лесистых провинций страны. Этот район характеризуется разнообразием ландшафтов, включая горные территории, тропические леса, сельскохозяйственные угодья и урбанизированные зоны. Контум занимает стратегически важное положение, граничит с Лаосом и Камбоджей, что делает ее важным объектом для изучения трансграничных экологических процессов (рис. 1) [4].

Географические особенности провинции Контум включают:

1. Горный рельеф. Большая часть территории покрыта горами и холмами, что создает сложные условия для землепользования и требует специальных методов мониторинга.

2. Лесные массивы. Провинция Контум известна своими густыми лесами, которые занимают значительную часть территории. Леса являются важным природным ресурсом и объектом экологического мониторинга, поскольку их сохранение критично для поддержания биологического разнообразия и экосистемных услуг.

3. Сельскохозяйственные угодья. В низменных и предгорных районах активно развиваются сельскохозяйственные производства, включая выращивание риса, кофе и других культур, что оказывает значительное влияние на изменение землепользования.

4. Водные ресурсы. Провинция пересекается несколькими крупными реками, которые играют важную роль в орошении сельскохозяйственных земель и снабжении населения водой.

5. Урбанизированные зоны. Контум также включает в себя несколько городских и поселковых территорий, которые расширяются вследствие экономического роста и увеличения населения.

Исследование динамики землепользования в провинции Контум важно для понимания текущих тенденций и разработки стратегий устойчивого управления земельными ресурсами. Это особенно актуально в условиях нарастающего антропогенного давления и необходимости сохранения экологического баланса в регионе [5]. Полученные данные и разработанные методики могут быть полезны для региональных органов управления и экологических организаций в их усилиях по обеспечению устойчивого развития и охраны окружающей среды в провинции Контум. Программное обеспечение: Google Earth Engine (GEE)

**Этапы исследования:** включают 4 основных этапа (рис. 2):

1. Подбор и предварительная обработка снимков Sentinel-2 и карт землепользования провинции Контум (Вьетнам) в 2018 г.

2. Обучение модели классификации землепользования провинции Контум на основании снимков Sentinel-2 и карт землепользования провинции Контум (Вьетнам) в 2018г через алгоритм случайного леса (random forest).

3. Оценка точности модели путем сравнения результатов классификации землепользования моделей с картами землепользования провинции Контум (это карты, которые не использованы для обучения модели).

4. Построение карты общего землепользования провинции Контум на платформе Google Earth Engine.

**Этап 1: Подбор и предварительная обработка снимков Sentinel-2 и карт землепользования провинции Контум (Вьетнам) в 2018 г.**

Первый этап исследования включает подбор и предварительную обработку данных, необходимых для дальнейшего анализа и классификации

землепользования. В рамках этого этапа выполнялись следующие задачи:

#### 1. Подбор снимков Sentinel-2:

– Для оценки землепользования были отобраны многозональные спутниковые снимки Sentinel-2 за 2018 год [6], охватывающие территорию провинции Контум. Спутник Sentinel-2 предоставляет снимки с высоким пространственным разрешением (10-20 метров) и многозональные данные, что позволяет детально анализировать различные типы землепользования.

– Подбор снимков проводился с учетом следующих критериев:

– Минимальное наличие облачного покрова для обеспечения максимальной видимости поверхности земли.

– Полное покрытие территории провинции Контум для создания целостной картины землепользования.

#### 2. Загрузка и предварительная обработка данных в Google Earth Engine (GEE):

– Снимки Sentinel-2 были загружены на платформу GEE, которая предоставляет мощные инструменты для обработки и анализа спутниковых данных.

– Для повышения качества данных и устранения шумов была проведена атмосферная коррекция снимков, что позволяет уменьшить влияние атмосферных факторов (например, пыли и облачности) на качество изображения.

– Объединение (мозаика) снимков для создания целостного изображения территории провинции Контум.

#### 3. Подготовка карт землепользования 2018 года:

– Карты землепользования провинции Контум за 2018 г. были собраны и подготовлены для использования в качестве эталонных данных при обучении и проверке модели классификации. Эти карты содержат информацию о типах землепользования, таких как леса, сельскохозяйственные угодья, водоемы и урбанизированные территории.

– Данные были оцифрованы и загружены на платформу GEE для последующего использования.

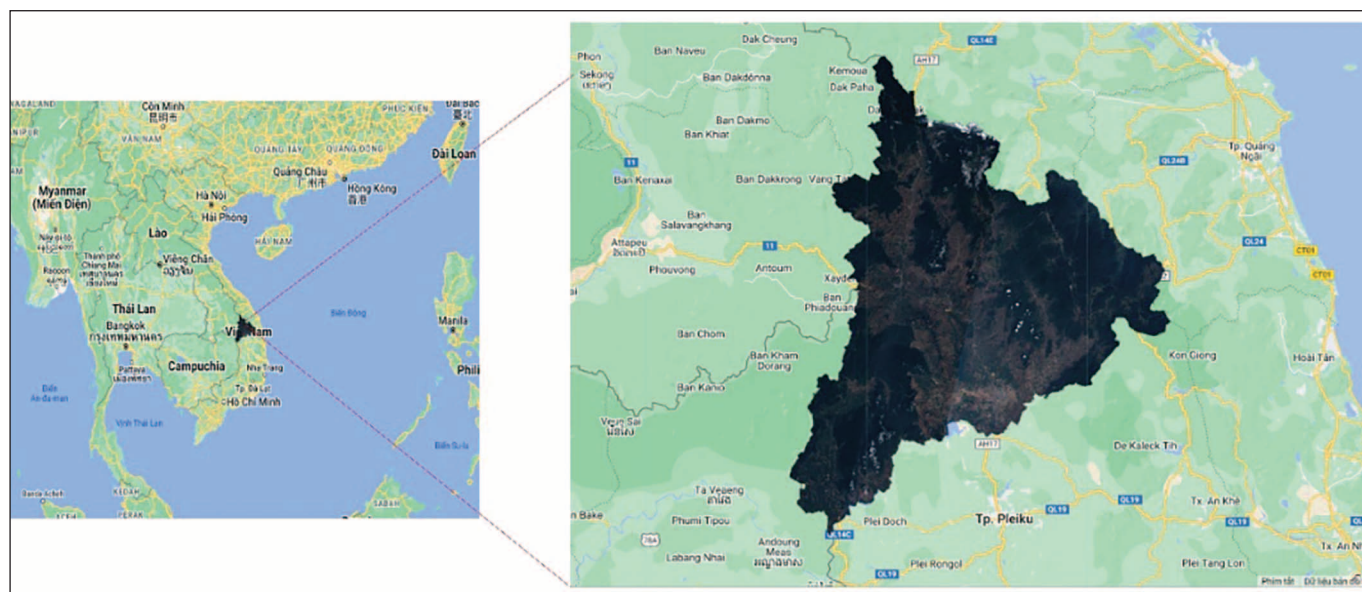


Рисунок 1. Географическое положение провинции Контум  
Figure 1. Geographic location of Kon Tum province





Рисунок 2. Общая схема исследования  
Figure 2. General scheme of the study

#### 4. Разметка данных для обучения модели:

- На основе карт землепользования и снимков Sentinel-2 были подготовлены обучающие и проверочные выборки данных. Обучающие выборки использовались для обучения модели классификации, а проверочные — для оценки ее точности.
- Разметка данных включала идентификацию и классификацию различных типов землепользования на основе визуального анализа и сопоставления с эталонными картами.

В результате выполнения первого этапа были подготовлены высококачественные данные, необходимые для обучения модели классификации землепользования и проведения дальнейшего анализа. Подготовленные данные обеспечили основу для точного и надежного мониторинга изменений землепользования в провинции Контум.

**Этап 2: Обучение модели классификации землепользования провинции Контум на основании снимков Sentinel-2 и карт землепользования провинции Контум (Вьетнам) в 2018 г. через алгоритм случайного леса (random forest)**

На втором этапе исследования была проведена разработка модели классификации землепользования с использованием алгоритма случайного леса (random forest) [7]. Основные шаги этого этапа включают:

##### 1. Выбор признаков для модели:

- Из снимков Sentinel-2 были извлечены спектральные характеристики, такие как значения отражательной способности в различных диапазонах (красный, зеленый, синий, ближний инфракрасный и др.). Дополнительно были рассчитаны вегетационные индексы (например, NDVI) [8], которые помогают различать различные типы растительности.

- Карты землепользования 2018 г. были использованы для определения классов землепользования, таких как леса, сельскохозяйственные угодья, водоемы, урбанизированные зоны и др.

##### 2. Формирование обучающей выборки:

- Обучающая выборка была создана на основе разметки различных типов землепользования на картах провинции Контум и соответствующих пиксельных значений на снимках Sentinel-2 [9].
- Для каждого класса землепользования было выбрано достаточное количество образцов для обеспечения сбалансированности обучающей выборки.

##### 3. Обучение модели с использованием алгоритма случайного леса:

- Алгоритм случайного леса был выбран для классификации из-за его высокой точности, устойчивости к переобучению и способности обрабатывать большие объемы данных.
- Модель случайного леса состоит из множества деревьев решений, каждое из которых обучается на случайной подвыборке данных и использует случайное множество признаков. Итоговая классификация производится путем голосования всех деревьев.
- Обучение модели проводилось в Google Earth Engine, что позволило использовать мощные вычислительные ресурсы платформы для обработки больших объемов данных.

##### 4. Параметры и настройки модели:

- Для повышения точности классификации были настроены параметры модели, такие как количество деревьев в лесу, максимальная глубина деревьев и минимальное количество образцов для разделения узлов.
- Были проведены эксперименты с различными комбинациями параметров для выбора оптимальной конфигурации модели.

#### 5. Оценка точности модели:

- После обучения модель была протестирована на проверочной выборке данных, которая не использовалась для обучения.
- Для оценки точности модели использовались метрики, такие как точность (accuracy), полнота (recall), точность (precision) и F-мера (F1-score). Эти метрики позволяют оценить, насколько хорошо модель распознает различные классы землепользования.
- Результаты тестирования показали, что модель достигла точности 83,5%, что свидетельствует о ее высокой надежности и пригодности для практического применения.

В результате второго этапа была разработана и обучена модель классификации землепользования на основе алгоритма случайного леса, способная точно различать различные типы землепользования в провинции Контум. Полученные результаты служат основой для дальнейшего анализа и построения карт землепользования, что будет рассмотрено на следующих этапах исследования.

**Этап 3: Оценка точности модели путем сравнения результатов классификации землепользования моделей с картами землепользования провинции Контум (карты, которые не использованы для обучения модели)**

На третьем этапе исследования была проведена оценка точности модели классификации землепользования, разработанной на предыдущем этапе. Для этого сравнивались результаты классификации модели с независимыми картами землепользования провинции Контум, которые не использовались при обучении модели. Основные шаги этого этапа включают:

##### 1. Подготовка проверочных данных:

- Независимые карты землепользования провинции Контум за 2018 г. были собраны и подготовлены для использования в качестве эталонных данных для оценки точности модели.





Эти карты содержат информацию о типах землепользования, таких как леса, сельскохозяйственные угодья, водоемы и урбанизированные территории.

- Проверочные данные были тщательно проверены и очищены для обеспечения их корректности и полноты.

## 2. Применение модели к проверочным данным:

- Разработанная модель классификации землепользования была применена к спутниковым снимкам Sentinel-2 за 2018 г., охватывающим территорию провинции Контум.
- Модель произвела классификацию землепользования, назначив каждому пикселю один из predetermined классов (например, лес, сельскохозяйственные угодья, водоемы, урбанизированные зоны).

## 3. Сравнение результатов классификации с эталонными картами:

- Для оценки точности модели результаты классификации были сравнены с независимыми картами землепользования. Сравнение проводилось на основе совпадения классов землепользования в классифицированных данных и эталонных картах.
- Были использованы различные метрики для оценки точности классификации:
- Точность (Overall Accuracy): доля правильно классифицированных пикселей от общего числа пикселей.
- Матрица ошибок (Confusion Matrix): таблица, показывающая распределение правильных и ошибочных классификаций по каждому классу.
- Коэффициент Каппа (Kappa Coefficient): статистическая мера согласия между классификацией модели и эталонными данными, учитывающая случайные совпадения.
- Полнота (Recall): доля правильно классифицированных пикселей данного класса от общего числа пикселей этого класса в эталонных данных.
- Точность (Precision): доля правильно классифицированных пикселей данного класса от общего числа пикселей, классифицированных моделью как этот класс.
- F-мера (F1-score): гармоническое среднее между полнотой и точностью для каждого класса.

## 4. Анализ и интерпретация результатов:

- Полученные результаты были проанализированы для выявления сильных и слабых сторон модели. Особое внимание было уделено классам землепользования, которые модель классифицировала с меньшей точностью, для определения возможных причин ошибок и путей их устранения.
- Итоговая точность модели составила 83,5%, что свидетельствует о высоком качестве классификации и надежности модели.

## 5. Выводы по результатам оценки точности:

- Модель показала высокую точность классификации землепользования, что подтверждает ее пригодность для практического применения в мониторинге и управлении земельными ресурсами провинции Контум.
- Незначительные ошибки классификации были выявлены в некоторых классах землепользования, что может быть связано с схожестью спектральных характеристик различных типов землепользования или ограниченностью данных для обучения.

В результате выполнения третьего этапа была проведена всесторонняя оценка точности модели классификации землепользования, подтверждающая ее высокую эффективность и пригодность для решения задач экологического мониторинга и управления земельными ресурсами в провинции Контум.

## Этап 4: Построение карты общего землепользования провинции Контум на платформе Google Earth Engine

На четвертом этапе исследования была создана итоговая карта землепользования провинции Контум, используя возможности платформы Google Earth Engine (GEE). Основные шаги этого этапа включают:

### 1. Применение обученной модели к полной области исследования:

- Обученная модель классификации землепользования была применена к полному набору данных Sentinel-2, охватывающему территорию провинции Контум. Модель классифицировала каждый пиксель снимков [10], присваивая ему один из классов землепользования.
- Классификация проводилась на уровне пикселей с использованием всех доступных спектральных и индексных данных, что позволило получить детальную карту землепользования.

### 2. Создание карты землепользования:

- Результаты классификации были интегрированы в единый растровый слой, представляющий карту землепользования провинции Контум.
- Визуализация карты включала использование различных цветов для обозначения различных типов землепользования (например, зеленый для лесов, желтый для сельскохозяйственных угодий, синий для водоемов и красный для урбанизированных зон), что делает карту легко читаемой и понятной для анализа.

### 3. Обработка и корректировка карты:

- Для улучшения визуализации и точности карты были применены постобработочные методы, такие как сглаживание и фильтрация, для устранения мелкомасштабных шумов и артефактов.
- Был проведен дополнительный визуальный анализ и проверка карты на соответствие реальной ситуации на местности с использованием доступных данных и экспертизы.

### 4. Интеграция карты на платформу GEE:

- Итоговая карта землепользования была загружена на платформу Google Earth Engine, что обеспечивает доступ к ней для дальнейшего анализа и использования различными заинтересованными сторонами, включая региональные органы управления и экологические организации.

- На платформе GEE карта может быть совмещена с другими пространственными данными и использована для выполнения различных геопространственных анализов, таких как оценка изменений землепользования во времени и выявление проблемных зон.

### 5. Оценка карты и ее применения:

- Итоговая карта землепользования была оценена с точки зрения ее полезности и применимости для управления земельными ресурсами и экологического мониторинга. Были проведены консультации с местными специалистами и органами управления для получения обратной связи и рекомендаций по использованию карты.

- Карта была представлена в различных форматах (например, векторные и растровые данные), что позволяет использовать ее в различных программных обеспечениях и приложениях.

## 6. Примеры использования карты:

- На основе карты землепользования были подготовлены примеры использования для решения конкретных задач, таких как планирование использования земель, мониторинг изменений лесного покрова, оценка воздействия антропогенной деятельности и выявление зон, требующих охраны.
- Эти примеры демонстрируют практическую ценность карты и способствуют ее внедрению в работу региональных органов управления и общественных экологических организаций.

**Результаты.** В результате выполнения четвертого этапа была создана детальная и точная карта землепользования провинции Контум, доступная на платформе Google Earth Engine (рис. 3). Эта карта является важным инструментом для эффективного управления земельными ресурсами и проведения экологического мониторинга, способствующим устойчивому развитию региона.

На диаграмме общего землепользования (рис. 4) представлены основные категории использования земельных ресурсов провинции, что позволяет визуализировать их долю и динамику.

Статистические данные общего землепользования провинции приведены в табл. 1. Кроме того, динамика изменения землепользования с 2016 по 2023 г. подробно представлена в табл. 2, что дает возможность оценить тенденции и выделить наиболее значимые изменения.

### Анализ:

1. **Земли водного фонда** увеличилась на 2186,88 гектаров (14,03%).
2. **Земли лесного фонда** увеличились на 8707,06 гектаров (1,10%).
3. **Сельскохозяйственные земли** уменьшились на 12393,52 гектаров (-7,35%).
4. **Земли несельскохозяйственного использования** увеличилась на 7312,05 гектаров (40,85%), что является наибольшим процентным увеличением среди всех категорий.
5. **Земли неиспользуемые** уменьшились на 74,49 гектаров (-2,35%).

Эти данные показывают значительное увеличение застроенных территорий и водной поверхности, незначительное увеличение лесных площадей, и сокращение сельскохозяйственных земель и пустых земель.

Изменение землепользования в провинции Контум с 2016 по 2023 г. может быть связано с различными факторами. Рассмотрим **некоторые возможные причины** для каждого типа землепользования:

### 1. Увеличение земель водного фонда:

- Климатические изменения: изменение уровня осадков или повышение уровня воды в реках и озерах может привести к увеличению водных поверхностей.
- Строительство водохранилищ и дамб: развитие гидроэнергетики или создание резервуаров для сельского хозяйства и питьевой воды может увеличить площадь водных объектов.
- Развитие аквакультуры: расширение аквакультурных ферм, таких как рыбные или креветочные хозяйства.



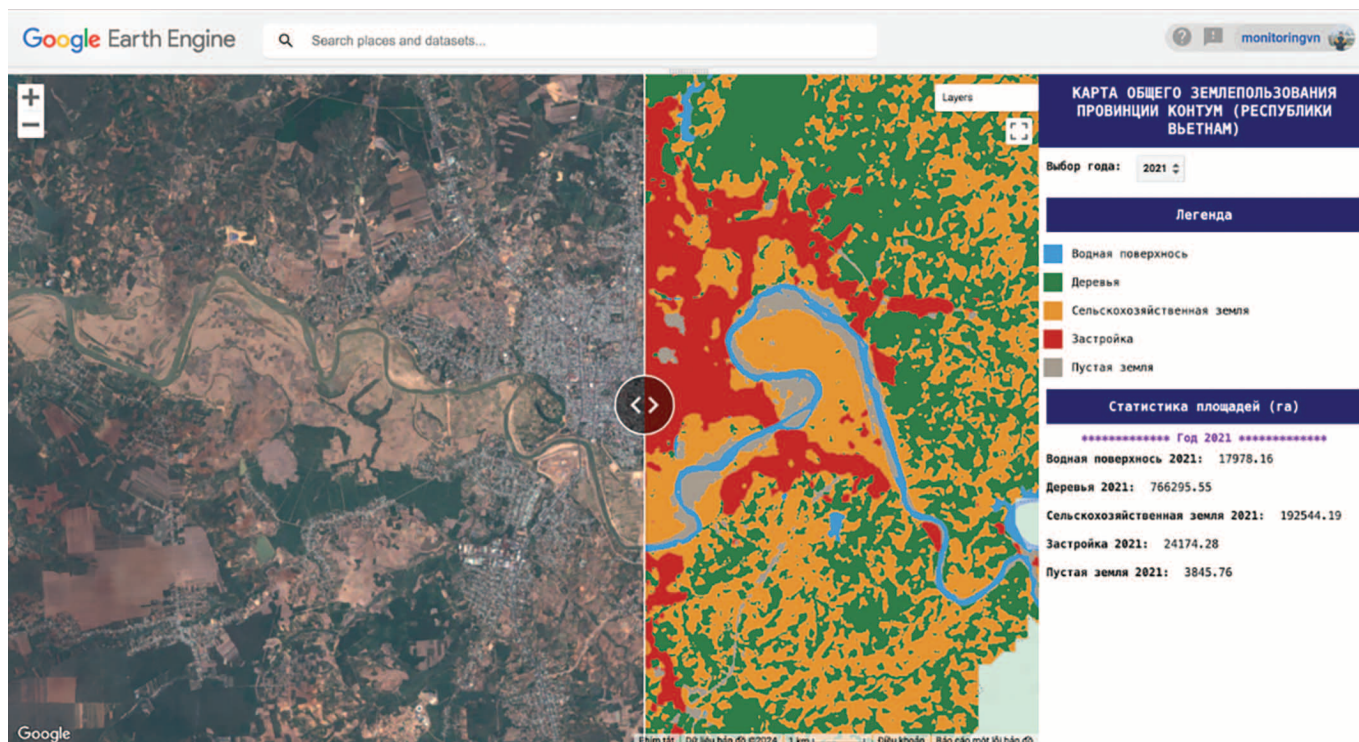


Рисунок 3. Карта общего землепользования провинции Контум  
Figure 3. General land use map of Kon Tum Province

## 2. Увеличение земель лесного фонда:

- Программы по восстановлению лесов: государственные и международные программы по лесовосстановлению и борьбе с обезлесением могут способствовать увеличению лесных площадей.
- Снижение вырубki лесов: усиление контроля за незаконной вырубкой лесов и ограничение промышленной деятельности в лесных зонах.

## 3. Уменьшение сельскохозяйственных земель:

- Урбанизация: расширение городов и поселков может сократить площадь сельскохозяйственных земель.
- Переход к другим типам землепользования: некоторые сельскохозяйственные земли могут быть преобразованы в леса, пастбища или застроенные территории.
- Эрозия и деградация почв: деградация сельскохозяйственных земель из-за эрозии, засоления или истощения почв может привести к их заброшенности.

## 4. Увеличение земель несельскохозяйственного использования:

- Рост населения: увеличение численности населения требует большего количества жилья, инфраструктуры и общественных объектов.
- Экономическое развитие: развитие промышленности, торговли и сферы услуг способствует расширению городских и пригородных территорий.
- Инвестиции в инфраструктуру: строительство дорог, мостов, аэропортов и других инфраструктурных объектов.

## 5. Уменьшение земель неиспользуемых:

- Использование пустых земель: пустые земли могут быть преобразованы в сельскохозяйственные, лесные или застроенные территории.

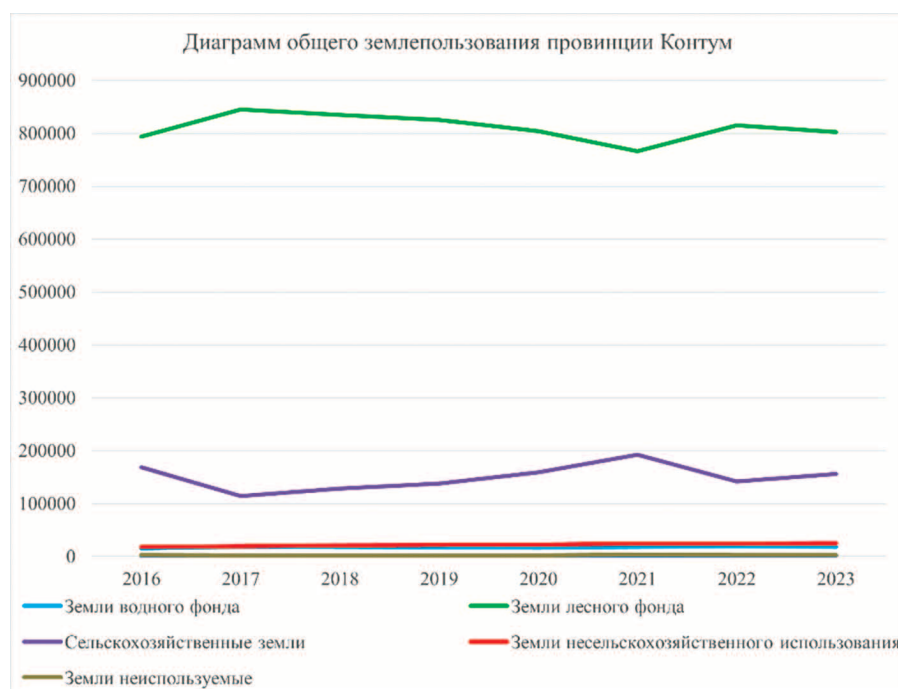


Рисунок 4. Диаграмм общего землепользования провинции Контум  
Figure 4. General land use diagram of Kon Tum Province

- Развитие сельского хозяйства и лесоводства: активное использование ранее заброшенных земель для сельскохозяйственных нужд или лесоводства.

Эти факторы могут взаимодействовать и усиливать друг друга, приводя к комплексным изменениям в землепользовании. Для точного определения причин необходимо проводить детальные исследования, включая анализ политических, экономических и экологических условий в регионе.

**Заключение.** В результате выполненных исследований получены следующие основные научные результаты:

1. Разработана методика классификации землепользования провинции Контум по материалам космической многозональной съемки. Точность достигает 83,5%.

2. Создана карты общего землепользования провинции Контум на платформе Google Earth Engine. С помощью построенной карта-схемы, которая создана на Earth Engine платформе,





Таблица 1. Таблица статистических данных общего землепользования провинции Контум  
Table 1. Table of statistical data of total land use of Kon Tum Province

Годы	Земли водного фонда	Земли лесного фонда	Сельскохозяйственные земли	Земли несельскохозяйственного использования	Земли неиспользуемые
2016	15582,68	793877,21	168574,51	17897,86	3167,83
2017	18729,63	845570,25	114587,15	19798,17	1932,04
2018	17957,56	834809,84	128921,08	20998,65	2140,36
2019	17567,62	825653,96	137875,36	21833,17	1908,18
2020	16631,13	804559,23	159017,82	22493,40	2135,79
2021	17978,16	766295,55	192544,19	24174,28	3845,76
2022	19451,37	815690,14	142329,31	24520,70	2838,04
2023	17769,56	802584,27	156180,99	25209,91	3093,34

Таблица 2. Таблица изменения землепользования провинции Контум с 2016 по 2023 год  
Table 2. Table of land use change in Kon Tum Province from 2016 to 2023

Категория	Абсолютное изменение (гектары)	Процентное изменение (%)
Земли водного фонда	2186.88	14.03
Земли лесного фонда	8707.06	1.10
Сельскохозяйственные земли	-12393.52	-7.35
Земли несельскохозяйственного использования	7312.05	40.85
Земли неиспользуемые	-74.49	-2.35

региональные органы по экологическому надзору и общественные экологические организации могут осуществлять эффективное управление и экологический мониторинг землепользования провинции.

#### Список источников

1. Фам Ч., Мурашева А.А. Динамика земельного фонда провинции Виньфук Вьетнама // *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. Т. 35. № 7.
2. Adepoju K.A., Adelabu S.A. Improving accuracy of Landsat-8 OLI classification using image composite and multisource data with Google Earth Engine // *Remote Sensing Letters*. 2020. Т. 11. № 2, С. 107-116. DOI: 10.1080/2150704X.2020.1715406.
3. Шеховцов Р.В., Авакян О.С. (2017). Роль инфраструктуры в социально-экономическом развитии региона // *Финансовые исследования*. 2017. Т. 2 (55). С. 168-173.
4. Зюнг, Фунг Тхай, Фан Хоанг Линь, Фам Кам Ньунг. Оценка ландшафта как определяющий критерий при выборе территорий выращивания многолетних культур в двух районах провинции Контум (Вьетнам) на границе с Лаосом // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского-природного заповедника РАН* 4 (24) (2022): 60-71.

5. Шамиль К.Ф., Наджафова С.И., Исмаилов Н.М. Актуальность системных исследований экологии Азербайджана для устойчивого развития органического земледелия // *Бюллетень науки и практики*. 2023. Т. 9, № 4, С. 84-101.
6. Nguyen H.T.T., Doan T.M., Tomppo E., McRoberts R.E. Land use/land cover mapping using multitemporal Sentinel-2 imagery and four classification methods — A case study from Dak Nong, Vietnam // *Remote Sensing*. 2020. Т. 12. № 9. С. 1367. DOI: 10.3390/rs12091367.
7. Павлычев А.В., Стародубов М.И., Галимов А.Д. Использование алгоритма машинного обучения Random Forest для выявления сложных компьютерных инцидентов // *Вопросы кибербезопасности*. 2022. № 5. С. 51-58.
8. Huang S., Tang L., Hupy J.P., Wang Y., Shao G. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing // *Journal of Forestry Research*. 2021. Т. 32. № 1, С. 1-6. DOI: 10.1007/s11676-020-01102-7.
9. Raiyani K., Gonçalves T., Rato L., Salgueiro P., Marques da Silva J.R. Sentinel-2 image scene classification: A comparison between Sen2Cor and a machine learning approach // *Remote Sensing*. 2021. Т. 13. № 2. 300. DOI: 10.3390/rs13020300.
10. Cheng B., Schwing A., Kirillov A. Per-pixel classification is not all you need for semantic segmentation // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2021. Т. 34. С. 17864-17875.

#### Информация об авторах:

**Фам Чи Конг**, аспирант, Государственный университет по землеустройству,  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-4878-4061>, [phamchicongktqs@gmail.com](mailto:phamchicongktqs@gmail.com)

**Мурашева Алла Андреевна**, д.э.н., профессор, Государственный университет по землеустройству,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8404-4590>, [amur2@nln.ru](mailto:amur2@nln.ru)

**Фам Чонг Хай**, аспирант, Московский государственный университет геодезии и картографии,  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-3849-4173>, [vietnam.phamtronghai@gmail.com](mailto:vietnam.phamtronghai@gmail.com)

#### Information about the authors:

**Pham Chi Cong**, graduate student, State University of Land Use Planning,  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-4878-4061>, [phamchicongktqs@gmail.com](mailto:phamchicongktqs@gmail.com)

**Alla A. Murasheva**, doctor of economic sciences, professor, State University of Land Use Planning,  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8404-4590>, [amur2@nln.ru](mailto:amur2@nln.ru)

**Pham Trong Hai**, graduate student, Moscow State University of Geodesy and Cartography,  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-3849-4173>, [vietnam.phamtronghai@gmail.com](mailto:vietnam.phamtronghai@gmail.com)

vances in Neural Information Processing Systems. 2021. Т. 34. С. 17864-17875.

11. Министерство природных ресурсов и окружающей среды провинции Контум (2018). Карта землепользования провинции Контум в 2018 году. Контум: Министерство природных ресурсов и окружающей среды.

12. Управление статистики провинции Контум (2023). Статистический ежегодник провинции Контум. Контум: Управление статистики.

#### References

1. Fam Ch. & Murasheva A.A. (2023). *Dinamika zemelnogo fonda provintsii Vinhuk Vietnama*. *Journal of Agriculture and Environment*, vol. 35, no. 7.
2. Adepoju K.A. & Adelabu S.A. (2020). Improving accuracy of Landsat-8 OLI classification using image composite and multisource data with Google Earth Engine. *Remote Sensing Letters*, vol. 11, no. 2, pp. 107-116. DOI: 10.1080/2150704X.2020.1715406.
3. Shekhovtsov R.V. & Avakyan O.S. (2017). *Rol infrastruktury v sotsial'no-ekonomicheskom razvitiy regiona*. *Finansovye issledovaniya*, vol. 2 (55), pp. 168-173.
4. Zuong, Phung Thai, Phan Hoang Linh & Pham Cam Nhung. (2022). *Otsenka landshtafta kak opredelyayushchiy kriteriy pri vybere territoriy vyrashchivaniya mnogoletnikh kultur v dvukh rayonakh provintsii Kontum (Vyetnam) na granitse s Laosom*. *Trudy Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vяземского-prirodnogo zapovednika RAN*, vol. 4 (24), pp. 60-71.
5. Shamil K.F., Nadzhafova S.I. & Ismailov N.M. (2023). *Aktualnost sistemnykh issledovaniy ekologii Azerbaydzhana dlya ustoychivogo razvitiya organicheskogo zemledeliya*. *Byulleten Nauki i Praktiki*, vol. 9, no. 4, pp. 84-101.
6. Nguyen H.T.T., Doan T.M., Tomppo E., & McRoberts R.E. (2020). Land Use/land cover mapping using multitemporal Sentinel-2 imagery and four classification methods — A case study from Dak Nong, Vietnam. *Remote Sensing*, 12(9), 1367. doi: 10.3390/rs12091367.
7. Pavlychev A.V., Starodubov M.I. & Galimov A.D. (2022). *Ispol'zovanie algoritma mashinnogo obucheniya Random Forest dlya vyjavleniya slozhnykh komp'yuternykh incidentov*. *Voprosy Kiberbezopasnosti*, no. 5, pp. 51-58.
8. Huang S., Tang L., Hupy J.P., Wang Y., & Shao G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6. DOI: 10.1007/s11676-020-01102-7.
9. Raiyani K., Gonçalves T., Rato L., Salgueiro P., & Marques da Silva J.R. (2021). Sentinel-2 image scene classification: A comparison between Sen2Cor and a machine learning approach. *Remote Sensing*, 13(2), 300. DOI: 10.3390/rs13020300.
10. Cheng B., Schwing A., & Kirillov A. (2021). Per-pixel classification is not all you need for semantic segmentation. *Advances in neural information processing systems*, vol. 34, pp. 17864-17875.
11. Ministry of Natural Resources and Environment of Kon Tum Province (2018). *Karte zemlepol'zovaniya provintsii Kontum v 2018 godu*. Kontum: Ministry of Natural Resources and Environment
12. Statistical Office of Kon Tum Province (2023). *Statisticheskii ezhegodnik provintsii Kontum*. Kontum: Statistical Office of Kon Tum Province.

