

УДК (528.8:621.397.7-182.3)+630
DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-96-105

Методика уточнения и обновления информации о лесных ресурсах посредством использования данных дистанционного зондирования и мобильных устройств

Г. И. Гонец¹✉, Е. В. Комиссарова¹, А. А. Колесников¹

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: gonets.grigoriy.2000@mail.ru

Аннотация. В статье предложена методика уточнения и обновления информации о лесных ресурсах в сфере картографии и геоинформатики посредством использования данных дистанционного зондирования и мобильных устройств (мобильной ГИС). Методика содержит в своей структуре организацию процессов получения и обработки космических снимков, извлечение из них необходимой пользователю информации с применением специализированного программного комплекса, процесс обмена и интеграции данных между программными продуктами, визуализацию результатов. Задействованы следующие виды программных продуктов и решений: ГИС QGIS, модуль Semi-automatic Classification Plugin, мобильная ГИС QField. Рассмотрено применение классификации с обучением для получения информации о лесных ресурсах, благодаря чему выполнено обновление данных с использованием разновременных космических снимков. Получена качественная и количественная оценка проведенных исследований об изменении видового состава объектов растительности на отдельной территории. Разработано структурное содержание методики в общем виде – концепция системы обновления данных.

Ключевые слова: методика, ДЗЗ, ГИС, мобильные ГИС, лесные ресурсы, классификация с обучением

Для цитирования:

Гонец Г. И., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Методика уточнения и обновления информации о лесных ресурсах посредством использования данных дистанционного зондирования и мобильных устройств // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 1. – С. 96–105. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-96-105

Введение

В современных реалиях жизни для осуществления государственной деятельности в различных сферах необходимо разрабатывать и всестороннее использовать технологические новшества, позволяющие ускорить и оптимизировать сбор, обработку, накопление и визуализацию разнородных данных.

Лесоустройство – система специально проводимых мероприятий в сфере лесохозяйственной деятельности, включающая в себя регулирование состояния и изменения лесных ресурсов, учет и оценку лесного фонда [1].

Неизбежная необходимость в постоянной адаптации технологий оказала огромное влияние на сферу управления лесами, обогатив ее новыми перспективными возможностями.

Одна из важнейших целей этого процесса заключается в получении информации о текущем состоянии лесных массивов и в осознании того, как природные процессы влияют на их будущие результаты. С учетом современной специфики на обработку данных в реальном времени и создание цифровых двойников для достижения указанной цели требуется, чтобы новая информация была получена с использованием новых данных, внедрения ГИС, пространственных баз данных, а также данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2, 3].

С широким развитием ГИС и информационных технологий в целом именно в картографию внедряются новейшие технологические элементы, позволяющие усовершенствовать и расширить процесс создания, редактирования и обновления пространственных и статистических данных, служащих основой при создании лесоустроительных карт.

Проведение лесоустройства направлено на повышение эффективности и рациональности использования земель как главного средства производства [4]. Создание, уточнение и обновление лесоустроительных карт относится к основным задачам картографирования лесов, что очень важно для ведения и развития лесного хозяйства, в которое активно внедряются новые технологические элементы, связанные с ГИС-технологиями [5].

Важно отметить, что применение ГИС-технологий в лесоустроительных работах начало активно внедряться в начале 1990-х гг. [6–8]. В последнее десятилетие активно совершенствуются и внедряются не только настольные ГИС, но и ГИС, преобразованные под мобильное использование.

Так как значительная часть концепций и исследований, связанных с ведением лесного хозяйства, была разработана в последние 50 лет, с возникновением новых проблем, потребностей и изменением пространственных и временных масштабов, необходимо применять высококачественные данные о состоянии лесных экосистем и их изменениях. Из этого можно сделать вывод, что традиционные методы лесного хозяйства уже недостаточно удовлетворяют информационные потребности [9].

Улучшить сложившуюся ситуацию призваны современные технологии, в частности, использование возможностей ГИС, специализированных модулей работы с данными, мобильных ГИС [7]. Применение мобильных ГИС в процессе лесоустроительных работ позволяет производить сбор данных в полевых условиях, в том числе выполнять корректировку изучаемых явлений [10].

В наше время широко используют данные ДЗЗ для составления и обновления картографической продукции различного рода и назначения. За последние два десятилетия системы инвентаризации и мониторинга лесных ресурсов

перешли к методам, основанным на ДЗЗ [11]. Инструкция по проведению лесоустройства в России подразумевает использование ДЗЗ при решении различного круга задач (Об утверждении лесоустроительной инструкции : приказ Минприроды России от 05.10.2022 № 510. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351878696>. – Текст: электронный).

Использование данных со спутников особенно важно для осуществления мониторинга состояния лесов, поскольку архивы накопленной информации насчитывают несколько десятилетий и постоянно пополняются свежими снимками, в связи с чем открылась возможность проведения контроля над глобальными запасами лесных ресурсов Земли с учетом динамики [12, 13].

Развитие аэрокосмической съемки, ДЗЗ и применяемых технологических решений позволило существенно упростить методику мониторинга, сделать его дистанционным, а также автоматизировать данный процесс. Важно помнить, что для осуществления наиболее качественного мониторинга в сфере лесного хозяйства необходимо использовать комбинацию различных программных продуктов, функционал которых направлен на непосредственную работу с данными ДЗЗ.

В связи с тем, что процессы в природе склонны к постоянным изменениям, возникает необходимость картографировать их по наиболее достоверным материалам. Данные материалы служат основой для повышения точности отображения реальности при создании будущих картографических произведений, являющихся основой в организации и принятии решений в области лесного хозяйства для рационального ведения государственного управления ресурсами [14–16].

Материалы и методы исследования

Для выполнения исследований используется фрагмент территории, занимаемый Караканским бором Ордынского района Новосибирской области.

Разработанная методика по уточнению и обновлению информации о лесных ресурсах с применением ДЗЗ и мобильных устройств апробирована на указанном выше

участке местности. Однако спектр применяемых решений способствует использованию данной методики для ведения лесного хозяйства любой анализируемой территории.

Основной единицей информации в выполняемой методике можно считать данные о видовом составе древостоя на изучаемой территории.

Поскольку наличие доступной и организованной информации позволяет фокусировать свои усилия на выполнении задачи, значительно исключая время на подготовку разнородных данных, очень важно использовать программные решения, позволяющие упростить и автоматизировать их обработку [17].

Для осуществления разработанной методики задействованы следующие виды программных продуктов и решений:

- ГИС QGIS, направленный на работу с пространственными данными в единой среде, осуществляющий сбор, обработку, а также визуализацию информации;

- модуль Semi-automatic Classification Plugin (SCP) для QGIS, осуществляющий получение и обработку разновременных космических снимков (КС), а также интеграцию

и обработку данных в ГИС;

- мобильная платформа ГИС QField. Программный продукт интегрируется с данными QGIS и служит важной составляющей при осуществлении работ в полевых условиях.

ГИС QGIS выступает в роли основного продукта, а связь QGIS и модуля SCP позволит организовать процесс по поиску и обработке данных ДЗЗ, а также сэкономит время на работу с разнородной информацией.

В ходе реализации методики предлагается использование методов автоматизации, в частности, классификации КС с обучающей выборкой, а затем выполнение процессов анализа и интерпретации результатов с целью получения качественных и количественных показателей по видовому составу древостоя.

Методика позволяет визуализировать изменения данных лесных ресурсов для использования в тематической картографии

лесного хозяйства, а также получать качественную и количественную оценку протекающих в природе процессов, что очень полезно для ведения и организации лесохозяйственной деятельности и государственного учета.

Результаты исследования и их обсуждение

Далее рассмотрим общую концепцию процесса уточнения и обновления данных. В общем случае перед пользователем стоит задача в получении и систематизации данных ДЗЗ с целью выполнения процесса обновления информации о лесных ресурсах на необходимую территорию.

Подбираемый КС на исследуемый участок должен полностью охватывать территорию местности, иметь наилучшее пространственное разрешение для наиболее качественного распознавания объектов, содержать минимальный процент облачности, а также быть выполненным в летнее время, когда индекс вегетации растительности наиболее высокий.

Для поиска КС используется ГИС QGIS с установленным модулем Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Модуль SCP использует сторонние сервисы и ресурсы для поиска и получения КС. Для получения возможности поиска и скачивания данных ДЗЗ в специальном окне модуля необходимо выполнить авторизацию. Далее открывается возможность поиска КС по заданным критериям. Разработанные функции программной составляющей модуля позволяют скачивать КС напрямую из открытых баз данных. В разработанной методике используются разновременные КС со спутника Sentinel-2 MPC: снимки 2016 и 2023 гг.

Следующий шаг – объединение полученных каналов снимка для получения мультиспектрального изображения, с которым будем работать в дальнейшем. При выполнении работ по лесному хозяйству применяется широко известная комбинация спектральных каналов 5, 3, 2, направленная на выполнение дешифрирования растительности – хвойная растительность имеет более

темно-красные оттенки в сравнении с лиственными породами, отражающимися в светлых тонах [18].

Следующий важный шаг – выполнение процесса классификации данных с обучением благодаря использованию различных спектральных каналов КС, установление зависимостей между элементами снимка, получение итогового результата обработки данных ДЗЗ. После создания набора спектральных каналов снимка необходимо создать входной файл для обучающей классификации. На основе этого файла будет произведено вычисление спектральных данных снимка и отнесение диапазона данных к одному или другому классу объектов. Затем происходит создание файла с обучающей выборкой, на основе которого программа будет рассчитывать математическую модель классификации в дальнейшем [19].

К проекту QGIS добавляется векторный слой, с помощью которого пользователь предлагает программе объекты для формирования обучающей выборки. Методика подразумевает обнаружение и выделение следующих объектов местности (рис. 1).

На основе создания обучающих полигонов происходит отнесение одного или другого типа местности к определенному классу объектов. Заполняется таблица классов для соответствующих объектов местности [19]. Аналогично указываются и добавляются необходимые параметры будущей классификации. Когда необходимые классы добавлены и сохранены, необходимо выполнить процесс классификации с обучением. В работе используется наиболее распространенный и простой в понимании алгоритм «Максимальное правдоподобие». Выбор данного метода обусловлен высокой точностью классификации с минимальной вероятностью получения ошибочного результата. Алгоритм справляется с большим количеством эталонных значений при минимальных аппаратных требованиях. В основе функциональности лежит сравнение пикселей КС с пикселями, попавшими в заданные границы эталонных значений, с дальнейшим отнесением пикселей к тому или иному классу [19].

По завершении процесса классификации получаем растр местности, где отдельный класс соответствует своему типу объектов.

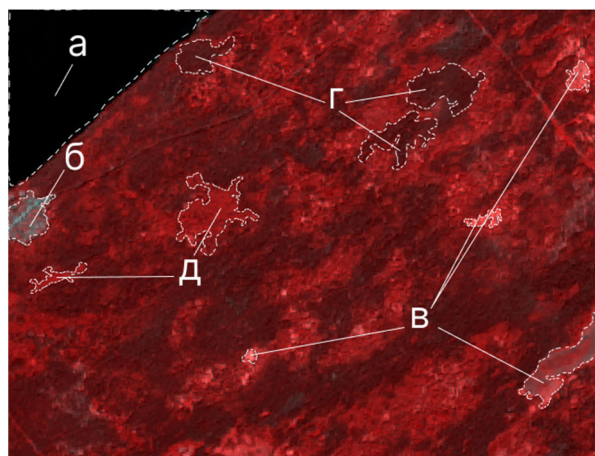


Рис. 1. Фрагмент КС Sentinel-2 MPC 2016 г.:

а – водная поверхность; *б* – территории без леса в населенных пунктах; *в* – территории без леса; *г* – территории с преобладанием сосны; *д* – территории с преобладанием березы

Проведенная классификация снимка показала, что выделение малого количества типов классов объектов неизбежно влечет ошибки и неточности, которые могут сказаться на принятых решениях в лесоустройстве. Необходимо обновить полученную информацию и увеличить количество типов классов объектов.

В частности, на снимке выделены лиственные породы (рис. 2). Используется КС Sentinel-2 MPC 2023. После аналогичных действий по классификации КС результаты сравнения данных можно увидеть рис. 3.

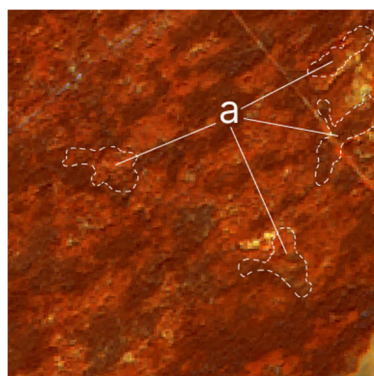


Рис. 2. Фрагмент КС Sentinel-2 MPC 2023 года: *а* – лиственная



Рис. 3. Фрагменты классификации КС Sentinel-2 MPC 2016, 2023 алгоритмом «Максимальное правдоподобие»

В случае, когда результаты проведенной классификации снимка удовлетворяют поставленным целям и задачам, происходит процесс векторизации и обработки данных

для будущего картографического материала. Когда полученные данные сильно или частично отличаются от ожидаемых, происходит процесс уточнения классификации с дальнейшей повторной обработкой.

Обработка и анализ полученной классификации может включать получение качественных и количественных характеристик, визуальный анализ и интерпретацию итогов обработки.

На основе данных классификации методами анализа, применением функций калькулятора раstra получена необходимая информация. В таблице представлены выявленные численные характеристики исследуемого участка за 2016, 2023 гг.

Результаты классификации участка территории: 2016, 2023 гг.

Тип объекта	Классификация по данным 2016 г., % от общей площади территории	Классификация по данным 2023 г., % от общей площади территории	Изменение 2016–2023, %
Сосна	54,19 + 3,17	50,43	7,46
Береза	20,17	23,87	18,34
Лиственница	Не установлено	2,93	Не установлено
Озеро	21,55	21,54	-0,05
Территории без леса, населенные пункты	0,91	1,23	35,17

Рассмотрим замечания: значение «3,17» в таблице ошибочно отнесено к типу объектов «Сосна» для данных 2016 г. вследствие недостаточного количества указанных классов при выполнении классификации. Значение «7,46» дано без учета ошибочно выявленных объектов «Сосна».

Классификация 2023 г. показала, что на исследуемой территории наибольшее распространение занимает сосна – 50,43 % от общей площади; береза – 23,87 %; лиственница – 2,93 %; территории без леса – 1,23 %. Водная поверхность, представленная озером, занимает 21,54 % территории. Классификация свидетельствует о том, что на анализируемом участке за 7 лет увеличилась площадь территорий без леса. Это связано с вырубкой лесных массивов, сельскохозяйственной деятельностью, естественными процессами.

Ошибки классификации возникают в том случае, когда пиксели изображения по

ошибке присваиваются к неверному классу, как произошло в нашем исследовании.

По результатам классификации данных формулируется вывод о проведении корректировок данных. В случае если собранных данных недостаточно или эти данные определены неточно (без возможности оценки по данным ДЗЗ), принимается решение о целесообразности выезда специалиста в конкретный участок местности – используется связь программных комплексов ГИС QGIS и мобильной ГИС QField. QField построен на основе данных QGIS и позволяет выполнять оцифровку и редактирование данных напрямую в полевых условиях [20].

Осуществив установку приложения на Android, пользователь организует работу с проектом данных в ПО QGIS: какие данные необходимо перенести на мобильное устройство для дальнейшей работы в полевых условиях [21].

Для передачи данных из проекта QGIS используется специально разработанный модуль QFieldSync. Благодаря функционалу модуля у пользователя есть возможность настройки проекта QGIS таким образом, чтобы отображался экстенд, доступный на мобильном устройстве. Проект QGIS упаковывается и сохраняется в базе данных компьютера, затем отправляется на мобильное устройство [22].

Картографическое изображение визуализируется в QField на экране мобильного устройства. Возможности изменения положения и масштаба, а также включения и выключения слоев карты, позволяют проводить работу с данными. Стоит отметить, что QField подсказывает геолокацию пользователя благодаря встроенному в мобильное устройство датчику GPS, что позволяет получать координаты объектов на местности [1, 10].

Специалист выезжает на изучаемую местность, где с применением QField происходит получение количественных и качественных характеристик о видовом составе древостоя, заполняется и корректируется информация в базе данных, редактируются и добавляются при необходимости векторные слои [20, 21].

Для осуществления синхронизации данных обратно с QGIS необходимо подключить мобильное устройство к компьютеру и выполнить перемещение папки в указанную в настройках папку для импорта или создать новую. Модуль QFieldSync синхронизирует собственную базу данных с внешними данными сервера, тем самым в проекте QGIS отображаются полученные данные и изменения, которые дорабатываются и используются в дальнейших процессах [1, 21].

Важно отметить, что данные полевых исследований могут быть использованы в качестве эталонов для количественной оценки результатов классификации в лесоустройстве. В том числе, собранные данные полевых исследований участков лесных территорий подтверждают или уточняют разрабатываемые эталонные участки, улучшая точность автоматизированной классификации и итогового картографического произведения в дальнейшем.

Структурное содержание разработанной методики в общем виде – концепция системы обновления данных – представлена далее (рис. 4).

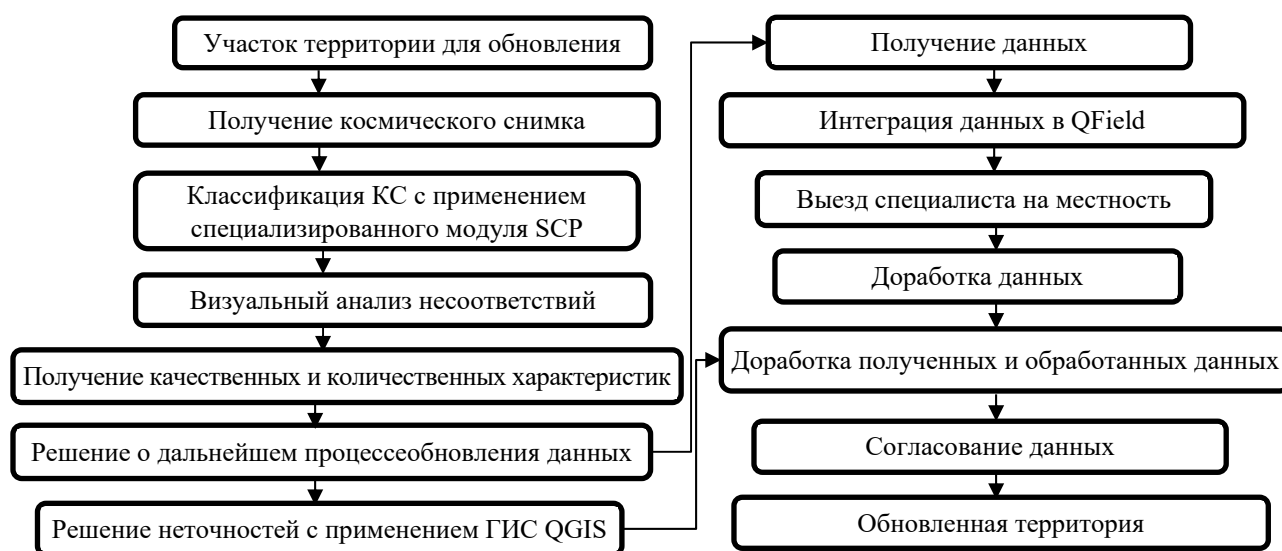


Рис. 4. Структурное содержание методики в общем виде

Выводы

Результатом проведенного исследования служит разработанная методика уточнения и обновления информации о лесных ресурсах посредством использования данных ДЗЗ

и мобильных устройств. Проведенная в работе классификация за 2016, 2023 гг. выполнена с целью выявления изменений на анализируемом участке, однако разработанной методикой следует руководствоваться при выполнении и одиночных классификаций

для поставленной задачи по обновлению территории.

В исследовании продемонстрированы особенности недостаточного количества данных, связанных с выполнением классификации. В то же время изучение данной особенности позволило установить качественные и количественные характеристики изучаемых объектов. Исследования позволяют реализовывать широкий круг возможностей. Можно утверждать, что система, созданная с учетом научно-методических ре-

шений, позволит осуществлять оперативный сбор и редактирование данных о лесоустройстве.

Далеко не всю информацию в наши дни можно получить посредством космической съемки, а также с применением картографических данных, поэтому можно сказать точно: данная технология по применению мобильных ГИС будет развиваться, дорабатываться и совершенствоваться [22–24]. На основе методики возможна разработка обновленной картографической продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонец Г. И., Комиссарова Е. В. Применение мобильных устройств и ГИС при уточнении и обновлении информации о лесных ресурсах // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, посвященного 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803-1806 гг.). – СПб. : Свое издательство, 2023. – С. 710–714.
2. Вагизов М. Р., Заяц А. М. Концепция инфраструктуры единого геоинформационного центра управления лесным хозяйством (часть 1) // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 3. – С. 50–61. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-3-50-61. – EDN JCEAFC.
3. Steven E. Franklin. Remote Sensing for Sustainable Forest Management / Steven E. Franklin. – Boca Raton, Florida: 2001. – P. 3–4. – DOI 10.1201/9781420032857.
4. Белоусов А. О., Уварова Е. Л. Геоинформационные технологии в землеустройстве // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК : Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург, 24–26 марта 2021 г. Ч. 2. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2021. – С. 124–127. – EDN VMBCQK.
5. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В. Новый аналого-цифровой метод формирования и использования картографического отображения геопространства с применением мультимедийных средств // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 361–374. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-1-26-361-374. – EDN IWOJMV.
6. Крылов А. М., Владимирова Н. А., Малахова Е. Г. Использование свободных ГИС в системе дистанционного лесопатологического мониторинга // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 1. – С. 148–152. – EDN OTWMIT.
7. Лебзак Е. В., Янкелевич С. С. Методические аспекты геоинформационного картографирования лесного хозяйства с применением мобильных технологий // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 1. – С. 86–96. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-1-86-96. – EDN QURHFL.
8. Каракулов А. Ю., Максютлова Д. М. Возможности использования программного обеспечения QGIS для целей управления земельными ресурсами // Рациональное использование земельных ресурсов в условиях современного развития АПК : Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тюмень, 24 ноября 2021 г. – Тюмень, 2021. – С. 82–85. – EDN DNJRCM.
9. Ferretti M., Fischer R. Forest Monitoring: Methods for Terrestrial Investigations in Europe with an Overview of North America and Asia Great Britain: 2013. – P. 3–7. – DOI 10.1016/B978-0-08-098222-9.00001-7. – EDN RRAHOJ.
10. Лебзак Е. В. Апробация методики геоинформационного картографирования лесного хозяйства с применением мобильных технологий // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 100–111. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-100-111. – EDN PQMNRV.

11. Gusev V., Sidorenko N., Shumeiko I. Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies: Forest cover Classification Analysis Methods from Satellite / Gusev V., Sidorenko N., Shumeiko I. – Sevastopol: 2022. – P. 178–185.
12. 100 Earth Shattering Remote Sensing Applications & Uses [Electronic resource]. – URL: <https://gisgeography.com/remote-sensing-applications/> (дата обращения: 27.01.2024).
13. Крылов А. М., Владимировна Н. А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоинформатика. – 2011. – № 3. – С. 53–57. – EDN STYTOZ.
14. Позднякова Ю. С., Подгорный Я. Б. Применение ГИС-технологий для анализа состояния лесного хозяйства // Актуальные исследования. – 2021. – № 36 (63). – С. 24–26. – EDN XAQQMK.
15. Чибисова И. С. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Эпоха науки, 2019. – № 19. – С. 85–86. – DOI 10.24411/2409-3203-2019-1923 – EDN BTXFKQ.
16. Папаскири Т. В. О концепции цифрового землеустройства // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2018. – № 11. – С. 5–17.
17. Кащенко Н. А., Попов Е. В., Чечин А. В. Геоинформационные системы : учебное пособие для вузов. – Н. Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 130 с. – ISBN 978-5-87941-863-7. – EDN YONQJY.
18. Хамедов В. А. Разработка методики мониторинга лесных земель на основе космических снимков оптического и радарного диапазонов : дисс. канд. техн. наук : 25.00.26 / Хамедов Владимир Александрович. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 121 с.
19. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation [Electronic resource]. – URL: <https://semiautomaticclassificationmanual.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения: 05.02.2024).
20. Field Ecosystem Documentation. Get started with Field and QFieldCloud [Electronic resource]. – URL: <https://docs.qfield.org/get-started/> (дата обращения: 11.11.2022).
21. Гонца Г. И., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Методика использования мобильных устройств при выполнении практических работ // Актуальные вопросы образования. – 2023. – № 3. – С. 17–24. – EDN YAAIYI.
22. Using QGIS and Field for Field Data Collection [Electronic resource]. – URL: <https://www.line-45.com/post/using-qgis-and-qfield-field-data-collection> (дата обращения: 22.02.2023).
23. Заблочный В. Р. Особенности использования ГИС на мобильном устройстве (на примере MapXMobileViewer) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 1. – С. 65–72.
24. Керчев И. А., Волкова Е. С., Мельник М. А. Возможности ГИС для изучения процессов распространения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах Сибири // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 44–54. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-4-44-54. – EDN VTUUSI.

Об авторах

Григорий Иванович Гонца – магистрант кафедры картографии и геоинформатики.

Елена Владимировна Комиссарова – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики.

Колесников Алексей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики.

Получено 29.02.2024

© Г. И. Гонца, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников, 2025

Methodology for clarifying and updating information on forest resources through the use of remote sensing data and mobile devices

G. I. Gonets¹✉, E. V. Komissarova¹, A. A. Kolesnikov¹

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: gonets.grigoriy.2000@mail.ru

Abstract. The article proposes a methodology for clarifying and updating information about forest resources in the field of cartography and geoinformatics, through the use of remote sensing data and mobile devices (mobile GIS). The methodology contains in its structure the organization of processes for obtaining and processing satellite images, extracting information from them that the user needs using a specialized software package, the process of exchanging and integrating data between software products, and visualizing the results. The following types of software products and solutions are involved: QGIS GIS, Semi-automatic Classification Plugin module, QField mobile GIS. The application of classification with learning to obtain information about forest resources is considered, due to which data is updated using multi-time satellite images. A qualitative and quantitative assessment of the conducted studies on changes in the species composition of vegetation objects in a separate territory has been obtained. The structural content of the methodology has been developed in a general way – the concept of a data update system.

Keywords: methodology, remote sensing, GIS, mobile GIS, forest resources, classification with training

REFERENCES

1. Gonets, G. I., & Komissarova, E. V. (2023). The use of mobile devices and GIS in clarifying and updating information about forest resources. *Sbornik materialov uchastnikov XIX Bol'shogo geograficheskogo festivalya, posvyashchennogo 220-letiyu so dnya nachala pervoj russkoj krugosvetnoj ekspedicii pod rukovodstvom I. F. Kruzenshterna i Yu. F. Lisyanskogo (1803-1806 gg.) [A collection of materials from participants of the XIX Great Geographical Festival dedicated to the 220th anniversary of the beginning of the first Russian circumnavigation expedition led by I. F. Kruzenshtern and Yu. F. Lisyansky (1803-1806)]*, 710–714. [in Russian].
2. Vagizov M. R., Zayats A. M. (2022). The concept of the infrastructure of the unified geographic information center for forestry management (part 1). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(3), 50–61 DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-3-50-61. EDN JCEAFC [in Russian].
3. Steven, E. Franklin. (2001). Remote Sensing for Sustainable Forest Management *Boca Raton, Florida*. P. 3–4. DOI 10.1201/9781420032857.
4. Belousov, A. O., & Uvarova, E. L. (2021). Geoinformation technologies in land management. *Intellektualnyj potencial molodyh uchenykh kak drayver razvitiya APK [Intellectual potential of young scientists as a driver of agricultural development]*, 2, 124–127. EDN VMBCQK [in Russian].
5. Lisitsky, D. V., & Komissarova, E. V. (2020). A new analog-to-digital method for the formation and use of cartographic mapping of geospatial space using multimedia tools. *InterKarto. InterGIS. [The InterCarto. InterGIS]*, 26(1), 361–374. EDN IWOJMV [in Russian].
6. Krylov, A. M., Vladimirova, N. A., & Malakhova, E. G. (2012). The use of free GIS in the remote forest pathology monitoring system. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik [Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forest Bulletin]*, 1, 148–152. EDN OTWMIT [in Russian].
7. Lebzak, E. V., & Yankelevich, S. S. (2022). Methodological aspects of geoinformation mapping of forestry using mobile technologies. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(1), 86–96. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-1-86-96. EDN QURHFL [in Russian].
8. Karakulov, A. Y., & Maksutova, D. M. (2021). The possibilities of using QGIS software for land management purposes. *Racionalnoe ispolzovanie zemelnykh resursov v usloviyah sovremennogo razvitiya APK [Rational use of land resources in the conditions of sovremennogo razvitiya APK]*, 82–85. EDN DNJRCM [in Russian].
9. Ferretti, M., Fischer, R. (2013). Forest Monitoring: Methods for Terrestrial Investigations in Europe with an Overview of North America and Asia. *Great Britain* P. 3–7. EDN RRAHOJ.
10. Lebzak, E. V. (2022). Approbation of the methodology of geoinformation mapping of forestry using mobile technologies. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27 (4), 100–111. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-100-111. EDN PQMNRV.[in Russian].

11. Gusev, V., Sidorenko, N., & Shumeiko, I. (2022). Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies: Forest cover Classification Analysis Methods from Satellite *Sevastopol*. P. 178–185.
12. 100 Earth Shattering Remote Sensing Applications & Uses Retrieved from <https://gisgeography.com/remote-sensing-applications/> (accessed January 27, 2024) [in English].
13. Krylov, A. M., & Vladimirova, N. A. (2011). Remote monitoring of forest conditions based on satellite imagery data. *Geomatika [Geomatics]*, 3, 53–57. [in Russian].
14. Pozdnyakova, Yu. S., & Podgorny, Ya. B. (2021). The use of GIS technologies for the analysis of the state of forestry. *Aktualnye issledovaniya [Current research]*, 36(63), 24–26. EDN XAQQMK [in Russian].
15. Chibisova, I. S. (2019). Information technologies in forestry. *Epoha nauki [The Age of Science]*, 19, 85–86. EDN BTXFKQ [in Russian].
16. Papaskiri, T. V. (2018). About the concept of digital land management. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel [Land management, cadastre and land monitoring]*, 11, 5–17. [in Russian].
17. Kashchenko, N. A., Popov, E. V., & Chechin, A.V. (2012). *Geoinformacionnye sistemy : uchebnoe posobie dlya vuzov [Geoinformation systems : a textbook for universities]*, Nizhny Novgorod : NNGASU, 130 p. EDN YONQJY [in Russian].
18. Khamedov, V. A. (2016). *Razrabotka metodiki monitoringa lesnyh zemel na osnove kosmicheskikh snimkov opticheskogo i radarnogo diapazonov [Development of a methodology for monitoring forest lands based on satellite images of optical and radar ranges]*, Novosibirsk : SSGUGT, 121 p. [in Russian].
19. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Retrieved from <https://semiautomatic-classificationmanual.readthedocs.io/en/latest/> (accessed February 05, 2024) [in English].
20. Field Ecosystem Documentation. Get started with Field and QFieldCloud. Retrieved from <https://docs.qfield.org/get-started/> (accessed November 11, 2022) [in English].
21. Gonets, G. I., Komissarova, E. V., & Kolesnikov, A. A. (2023). The methodology of using mobile devices when performing practical work. *Aktualnye voprosy obrazovaniya [Current issues of education]*, 3, 17–24. EDN YAAIYI [in Russian].
22. Using QGIS and Field for Field Data Collection. Retrieved from <https://www.line-45.com/post/using-qgis-and-qfield-field-data-collection> (accessed February 22, 2023) [in English].
23. Zablotsky, V. R. (2010). Features of using GIS on a mobile device (using the example of MapXMobileViewer). *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka [News of universities. Geodesy and aerial photography]*, 1, 65–72. [in Russian].
24. Kerchev, I. A., Volkova, E. S., & Melnik, M. A. (2021). GIS capabilities for studying the processes of distribution of the Ussuri polygraph in Siberian fir forests. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(4), 44–54. DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-4-44-54. EDN BTYUSI. [in Russian].

Author details

Grigory Ivanovich Gonets – Graduate, Department of Cartography and Geoinformatics.

Komissarova Elena Vladimirovna – Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics.

Kolesnikov Alexey Alexandrovich – Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics.

Received 05.11.2024

© G. I. Gonets, E. V. Komissarova, A. A. Kolesnikov, 2025