

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ВЫРУБОК НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Д. А. Кислицын, К. Я. Лис

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
dimas_13082000@mail.ru, LisKY@bsu.by*

Приводятся результаты комплексного использования индекса VARI и его разницы, рассчитанной на основе разновременных космических снимков Sentinel-2 (даты съемки: 07 мая 2018 г. и 01 мая 2023 г.), а также индексов NDVI и MNDWI, которые использованы для повышения точности при определении контуров лесных вырубок за 5-летний период. Картографирование сплошных рубок в рамках сельсоветов Новогрудской возвышенности выполнено в среде ArcGIS 10.7.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование; Sentinel-2; лесные вырубки; Новогрудская возвышенность.

Введение. Ключевым фактором для оперативного управления лесами и мониторинга лесов является наличие актуальной пространственной информации о состоянии лесных ресурсов. Лесные вырубки являются одним из основных видов нарушений лесного покрова, а для анализа геоэкологических аспектов природопользования может использоваться информация о пространственном распределении сплошных рубок, полученная на основе цифровых технологий, что определяет актуальность исследования.

Идентификация лесных вырубок может проводиться не только на основе данных космической съемки или глобальных продуктов изменений лесного покрова, но и с использованием геометрических метрик [3]. Применение искусственных нейронных сетей при выполнении комплексной обработки разновременных космических снимков Sentinel-2 для картографирования вырубок и ветровалов проанализировано в статье [2].

Цель исследования – геоинформационное картографирование лесных вырубок на территории Новогрудского, Кореличского и Дятловского районов Гродненской области на основе цифровой обработки космических снимков.

Материалы и методы исследований. Мультиспектральные космические снимки Sentinel-2 с уровнем обработки L2A (даты съемки: 07 мая 2018 г. и 01 мая 2023 г.), имеющие пространственное разрешение 10 м для каналов NIR, Red, Green, Blue, использованы в качестве исходных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Исследуемая территория представлена тремя районами Гродненской области (Новогрудский, Кореличский, Дятловский), которые в основном расположены в пределах Новогрудской

возвышенности. Геоинформационный и картографический методы, а также цифровая обработка космических снимков, использованы для проведения исследования.

Индекс устойчивости к видимой атмосфере (VARI) рассчитывается на основе каналов Red, Green, Blue и позволяет выделить растительный покров в видимой части спектра, а также заметно снижает влияние разницы освещения и атмосферных явлений [1]. Расчет спектральных индексов VARI, NDVI, MNDWI выполнен на основе функции «Изображения – Индексы» в ArcGIS Pro, а для индекса VARI также вычислена его разница за 5-летний период, что необходимо для сопоставления уровня вегетации в начале мая. При идентификации участков сплошных рубок использованы значения индекса VARI менее 0 на основе снимка Sentinel-2 за 01 мая 2023 г., а также его разница за исследуемый период – менее -0,06 (т.е. уменьшение индекса VARI в 2023 г. по сравнению с 2018 г.). Для выделения участков, соответствующих данным индексным критериям, выбраны такие инструменты, как «Извлечь по атрибутам» и «Булев оператор And». Следует отметить, что снижение индекса VARI для начала мая за период с 2018 по 2023 гг. проявляется не только для участков лесных вырубок, но и для некоторых контуров пахотных земель из-за смены сельскохозяйственных культур в рамках севооборотов. Пересечение контуров, выделенных на основе индекса VARI, а также его разницы, и растрового слоя лесных земель, полученного по данным векторного слоя из OpenStreetMap, выполнено путем использования инструмента «Булев оператор And». Удаление участков, которые имеют площадь менее 30 пикселей (0,3 га), проведено с помощью инструментов «Группировка» и «Извлечь по атрибутам». Генерализация растровых контуров и их конвертация в векторный формат осуществляется на основе применения инструментов «Фильтр большинства» и «Растр в полигоны».

Однако, использование информации, полученной только на основе анализа индекса VARI, не позволяет достичь требуемой степени достоверности, так как нередко участки заболоченных лесов ошибочно идентифицируются как лесные вырубки, что обусловлено изменениями уровня вегетации в зависимости от уровня грунтовых вод. Индекс MNDWI, который рассчитывается на основе спектральных каналов Green и SWIR [1], может применяться не только для выделения водных объектов, но и для разделения экосистем с различным уровнем влажности почв. В качестве индексного критерия, использованы средние значения MNDWI, которые не превышают -0,19 (на основе космического снимка Sentinel-2 за 01 мая 2023 г.), в рамках векторных контуров сплошных рубок, полученных на основе анализа индекса VARI.

Следует отметить, что для некоторых участков сплошных рубок, проведенных в 2018 и 2019 гг., наблюдается постепенное восстановление уровня вегетации, поэтому в рамках контуров вырубок среднее значение индекса NDVI не превышает 0,35. Сглаживание участков выполнено с помощью инструмента «Сгладить полигоны», а заполнение пробелов –

на основе инструмента «Удалить часть полигона». Плавное округление границ незначительно уменьшило площадь небольших контуров, поэтому в полученном векторном слое были выделены участки, имеющие площадь более 0,27 га.

Для достижения высокой степени достоверности при идентификации сплошных рубок необходима информация не только о спектральных индексах, но и о геометрических характеристиках полигональных объектов. Так, некоторые погрешности связаны с выделением новых широких просек и наиболее крупных полос выборочных рубок, а также с определением небольших участков вдоль рек. Количественный анализ особенностей формы объектов выполнен нами на основе двух геометрических критериев: первый – отношение периметра к площади, умноженное на 100, а второй – отношение периметра к площади, которая взята в квадратный корень. Невысокие значения первого критерия позволяют выбрать относительно крупные участки, для которых не характерна вытянутая форма, но имеющие однородную или извилистую границу. Вторым геометрическим критерий определяет степень вытянутости объектов независимо от их размеров, что позволяет выделить участки вдоль рек, которые не относятся к лесным вырубкам. Далее выполняется выборка объектов, имеющих вытянутую форму: по первому геометрическому критерию значения составляют более 6,5, а по второму – более 5,0 (рис. 1).



Рис. 1. Выборка участков, не относящихся к сплошным рубкам, на основе двух геометрических критериев

Затем осуществляется переключение выборки в таблице атрибутов векторного слоя для выделения участков сплошных рубок, которые экспортируются в отдельный класс пространственных объектов. При использовании только первого геометрического критерия проявляется влияние площади объекта, а в случае применения только второго критерия могут возникнуть

неточности из-за отнесения крупных участков сплошных рубок с извилистой формой границы к линейно-вытянутым объектам, поэтому анализ двух критериев позволяет повысить степень достоверности.

Результаты и их обсуждение. Следует отметить, что участки сплошных рубок, размер которых превышает 10 га, составляют около 15 % от их общей площади, в то время как лесные вырубки с площадью от 1,0 до 5,0 га – 49,8 %. Сплошные рубки в основном сконцентрированы в северо-западной и северной частях Новогрудского района, к западу от городского поселка Козловщина, на северо-западе Дятловского района, в окрестностях бассейна реки Молчадь, в восточной части Кореличского района. Наибольшие площади сплошных рубок (более 250 га) характерны для 4 сельсоветов, которые имеют достаточно высокий уровень лесистости территории, и в них сконцентрировано около 53,7 % от общей площади лесных вырубок Новогрудской возвышенности (рис. 2).

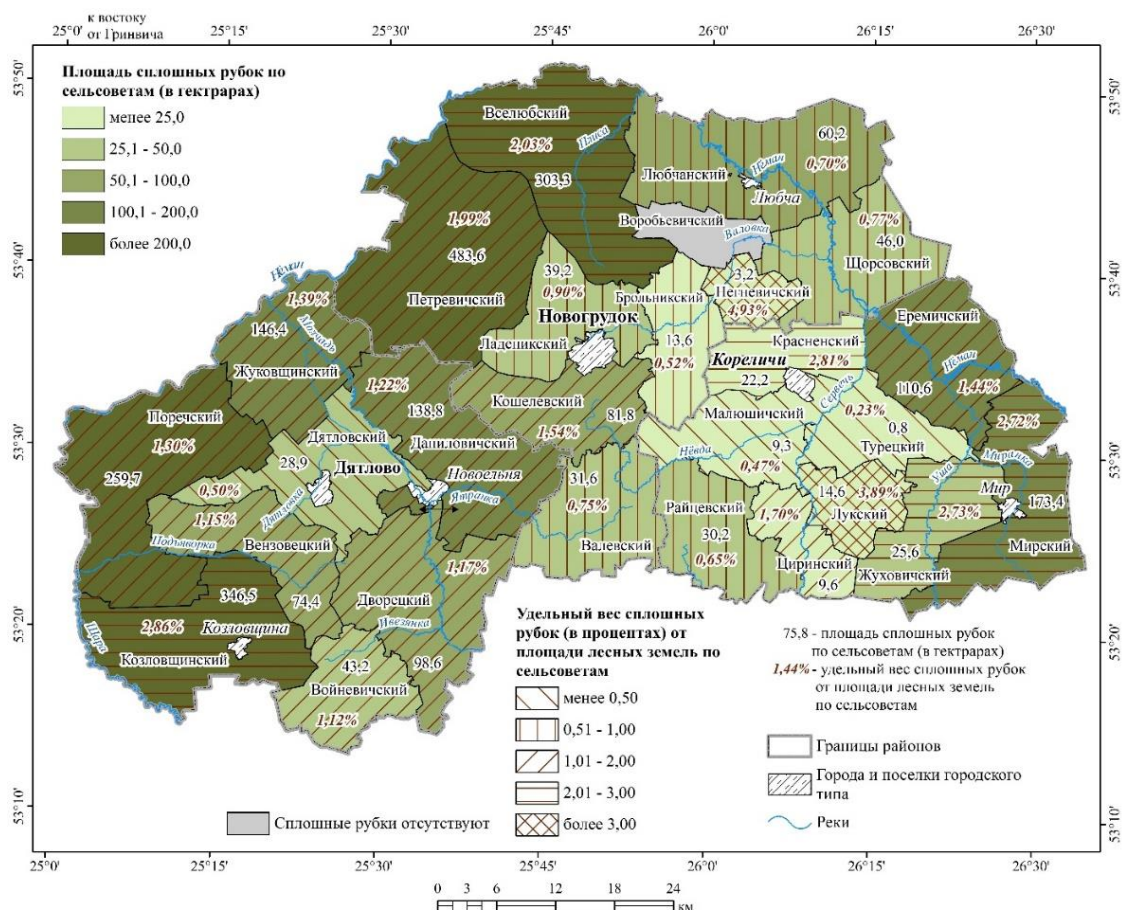


Рис. 2. Карта пространственного распределения сплошных рубок по сельсоветам Новогрудской возвышенности за период с 2018 по 2023 гг.

Для 7 сельсоветов, которые расположены в центральной части Кореличского района, а также к востоку от Новогрудка в окрестностях бассейна реки Валовка, сплошные рубки встречаются фрагментарно и их площадь не превышает 25 га, что обусловлено очень высокой сельскохозяйственной освоенностью территории и наличием небольших участков лесных земель. Для такого показателя, как удельный вес сплошных рубок от площади лесных земель, пространственные закономерности несколько отличаются. Так, наиболее высокие значения данного показателя (более 3 %) характерны для Лукского и Негневичского сельсоветов, что обусловлено очень низкой лесистостью территории, поэтому наличие даже относительно небольших вырубок делает более высоким их удельный вес от площади лесных земель. Для большей части сельсоветов исследуемой территории удельный вес сплошных рубок от площади лесных земель составляет от 0,5 % до 2,0 %.

Таким образом, общая площадь сплошных рубок, полученная на основе использования только индексных критериев, составила 2880 га, а после применения геометрических критериев – 2596 га. Для оценки степени достоверности использовались среднегодовые значения площадей сплошных рубок в пределах территории ГЛХУ «Дятловский лесхоз» и ГЛХУ «Новогрудский лесхоз» (расположены преимущественно в границах Дятловского, Новогрудского и Кореличского районов), которые составляют в среднем около 500 га за 1 год. Эффективность использования представленной методики подтверждается высокой точностью (более 90 %), которая рассчитана при сопоставлении площадей сплошных рубок за 5-летний период.

Заключение. Таким образом, комплексное использование различных спектральных индексов (VARI, MNDWI, NDVI), а также разницы индекса VARI за 5-летний период при сопоставлении уровня вегетации в начале мая, позволяет идентифицировать сплошные рубки, а также уменьшить количество ошибочно определенных контуров, связанных с участками заболоченных лесов. Для повышения уровня точности использована информация о двух геометрических критериях, рассчитанных на основе периметра и площади векторных контуров, что необходимо для удаления линейно-вытянутых полигональных объектов (новые широкие просеки и наиболее крупных полосы выборочных рубок, а также небольшие участки вдоль рек), которые не относятся к сплошным рубкам.

Библиографические ссылки

1. Галерея индексов ArcGIS Pro [Электронный ресурс]. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения: 12.07.2024).

2. Распознавание вырубок и ветровалов по спутниковым снимкам Sentinel-2 с применением сверточной нейронной сети U-net и факторы, влияющие на его точность / А. И. Канев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20, № 3. С. 136–151.

3. Швецов Е. Г., Пономарев Е. И. Мониторинг сплошных вырубок с использованием спутникового продукта глобального изменения лесного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 4. С. 140–148.