

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ю. С. Давидович, В. М. Яцухно

*Белорусский государственный университет,
Минск, Беларусь, seg98001@gmail.com*

В научной работе представлены результаты геоинформационного анализа фрагментации наземных природных экосистем ландшафтов Беларуси на 4 территориальных уровнях (национальном, региональном, субрегиональном и локальном) с использованием разработанного авторами специализированного программного комплекса. Наиболее перспективным и эффективным методом исследования и оценки указанного явления является использование материалов дистанционных съемок как наиболее объективных и оперативных сведений по данному вопросу. Использование инструментов в среде геоинформационных технологий позволяет определить метрические композиционные и конфигурационные показатели, характеризующие степень фрагментации природных экосистем ландшафтов в автоматизированном режиме обработки материалов аэрокосмических съемок.

Ключевые слова: фрагментация; наземные экосистемы; метрики фрагментации; данные дистанционного зондирования Земли.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF LANDSCAPES FRAGMENTATION IN BELARUS BASED ON REMOTE SENSING DATA

Y. S. Davidovich, V. M. Yatsukhno

*Belarusian State University,
Minsk, Belarus, seg98001@gmail.com*

This scientific paper presents the results of a geoinformation analysis of the fragmentation of terrestrial natural ecosystems in Belarusian landscapes at four territorial levels (national, regional, subregional, and local) using a specialized software package developed by the authors. The most promising and effective method for studying and assessing this phenomenon is the use of remote sensing data, as it provides the most objective and timely information on this issue. The use of geoinformation technology tools allows for the determination of metric compositional and configurational indicators characterizing the degree of fragmentation of natural ecosystems in landscapes through the automated processing of aerospace imagery.

Keywords: fragmentation; terrestrial ecosystems; fragmentation metrics; remote sensing data.

1. Введение

В настоящее время становятся все более актуальными и практически востребованными результаты геоинформационного анализа пространственных характеристик территорий и расположенных на них многочисленных объектов с целью принятия научно-обоснованных и эффективных управленческих и хозяйственных решений в разных отраслях деятельности. В первую очередь в геоинформационном анализе нуждаются территории, подверженные значительным структурно-функциональным изменениям под влиянием антропогенной деятельности, а также природных вызовов и угроз. В Республике Беларусь к числу негативных последствий в результате их проявления является чрезмерная фрагментация наземных экосистем ландшафтов (лесных, луговых, болотных, древесно-кустарниковых), обусловленная расчленением и последующей гетерогенизацией на более мелкие и изолированные их участки. Формирование последних является результатом крупноплощадного агрохозяйственного, в том числе мелиоративного, использования земельного фонда, создания и функционирования развитой сети и объектов транспортной инфраструктуры, линий электропередач, системы коммуникаций, расширение городских поселений, рекреационных зон, промышленного и гражданского строительства и др. [1–6].

Проблема фрагментации природных экосистем ландшафтов является весьма актуальной и практически востребованной для условий Беларуси, которую следует учитывать при современном территориальном планировании, оценке воздействия на окружающую среду, реализации мер по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия, восстановлению природных экосистем.

2. Основная часть

При выборе территориальных объектов исследования и последующей оценки фрагментации природных экосистем ландшафтов учитывался и был использован полимасштабный подход разных иерархических уровней. Главной особенностью указанного подхода является рассмотрение масштабов разных иерархических уровней (республиканского, регионального, субрегионального и локального) в пределах изучаемой территории Беларуси.

Для оценки фрагментации естественных экосистем ландшафтов авторами был разработан программный комплекс системы оценки фрагментации ландшафтов с применением данных дистанционного зондирования Земли (ПК СОФЛ), который включает:

- программный комплекс получения и обработки геоданных для оценки фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования Земли, состоящего из программных комплексов построения ландшафтных карт национального, регионального, субрегионального и локального уровней;

- модуль определения информационных метрик (количественных показателей) пространственной структуры и конфигурации отдельных изолированных природных экосистем в ландшафтах;

- модуль установления степени фрагментации и составления разномасштабных карт.

Перечисленные выше программные модули разработаны на технической базе УП «Геоинформационные системы» и НИЛ экологии ландшафтов БГУ в программных продуктах ArcGIS 10.8 и ArcGIS Pro 3.2 на операционной системе Windows 10 с использованием алгоритмов построения пользовательских инструментов геообработки пространственных данных на основе геомodelей ModelBuilder.

Программный комплекс построения ландшафтных карт национального уровня создает классифицированный вектор фрагментации природных экосистем ландшафтов национального уровня на территорию Беларуси. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Suomi NPP на два фенологических периода, закрывающие всю территорию Беларуси. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI и NBR и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются и создается вектор, содержащий данные о естественных лугах, сельскохозяйственных землях и лесах. На последнем этапе создается классифицированный вектор, состоящий из 6 классов: водные объекты, болота, населенные пункты, леса, естественные луга и сельскохозяйственные земли.

Программный комплекс построения ландшафтных карт регионального уровня создает классифицированный вектор фрагментации природных экосистем ландшафтов регионального уровня на исследуемую ландшафтную провинцию. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Landsat-8/9 на два фенологических периода, закрывающие всю исследуемую территорию. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI, NBR, NDTI и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются и создается вектор, содержащий данные о естественных лугах, сельскохозяйственных полях, лесах и открытой земле. На последнем этапе создается классифицированный вектор, состоящий из 7 классов: водные объекты, болота, населенные пункты, открытая земля, леса, естественные луга и сельскохозяйственные земли.

Программный комплекс построения ландшафтных карт субрегионального уровня создает классифицированный вектор фрагментации природных экосистем ландшафтов субрегионального уровня на исследуемый административный район. На первом этапе автоматизировано скачиваются снимки Sentinel-2 на два фенологических периода, закрывающие всю исследуемую территорию. Строятся спектральные индексы NDVI, NDWI, NBR, NDTI и комбинируются в одно изображение с вырезанной облачностью. Далее два комбинированных изображения классифицируются и создается вектор, содержащий данные естественных лугов, сельскохозяйственных полях, лесах и открытой земле. На последнем этапе создается классифицированный вектор, состоящий из 8 классов: водные объекты, болота, населенные пункты, дороги, открытая земля, леса, естественные луга и сельскохозяйственные земли.

Программный комплекс построения ландшафтных карт локального уровня создает классифицированный вектор фрагментации природных экосистем ландшафтов локального уровня на исследуемый административный район. Согласно данным полей LANDTYPE и LANDCODE входного вектора земельной информационной системы Беларуси (ЗИС) по заданному правилу происходит переклассификация с добавлением полей classname и classvalue, отвечающих за имя и номер класса. На выходе создается классифицированный вектор, состоящий из 9 классов: водные объекты, болота, населенные пункты, дороги, ЛЭП и продуктопроводы, открытая земля, леса, естественные луга и сельскохозяйственные земли.

Модуль определения информационных метрик был направлен на установление количественных показателей пространственной структуры и конфигурации отдельных изолированных природных экосистем в ландшафтах.

Для количественной характеристики и определения степени фрагментации природных экосистем ландшафтов предлагается применять метрические показатели (индексы): MP – количество патчей каждого вида земель, ед.; PLAND – процент определенного вида земель, %; MPS – средний размер (площадь) фрагмента (патча), км²; PD – плотность фрагмента, ед./км²; LSI – индекс формы; MSI – средний индекс формы; MPAR – отношение периметра к площади; MESH – эффективный размер ячейки, км²; SHEI – индекс равномерности Шеннона.

По результатам определения метрик (показателей) фрагментации ландшафтов определяется площадь сокращения экосистем ландшафтов, а также учитываются показатели связности, непрерывности, формы контуров экосистем и их взаиморазмещение, что позволяет с количественной определенностью устанавливать степень фрагментации ландшафтов. Исходя из размера площади сохранившихся природных экосистем в данном

масштабе в ландшафтах их можно ранжировать на: очень трансформированные – менее 25 %; сильно – 25–50 %; средне – 50–75 %; слабо трансформированные – более 75 %.

Для оценки фрагментации естественных и лесных экосистем Беларуси была составлена карта масштаба 1:3 000 000 с размером ячейки 5x5 км (рис. 1).

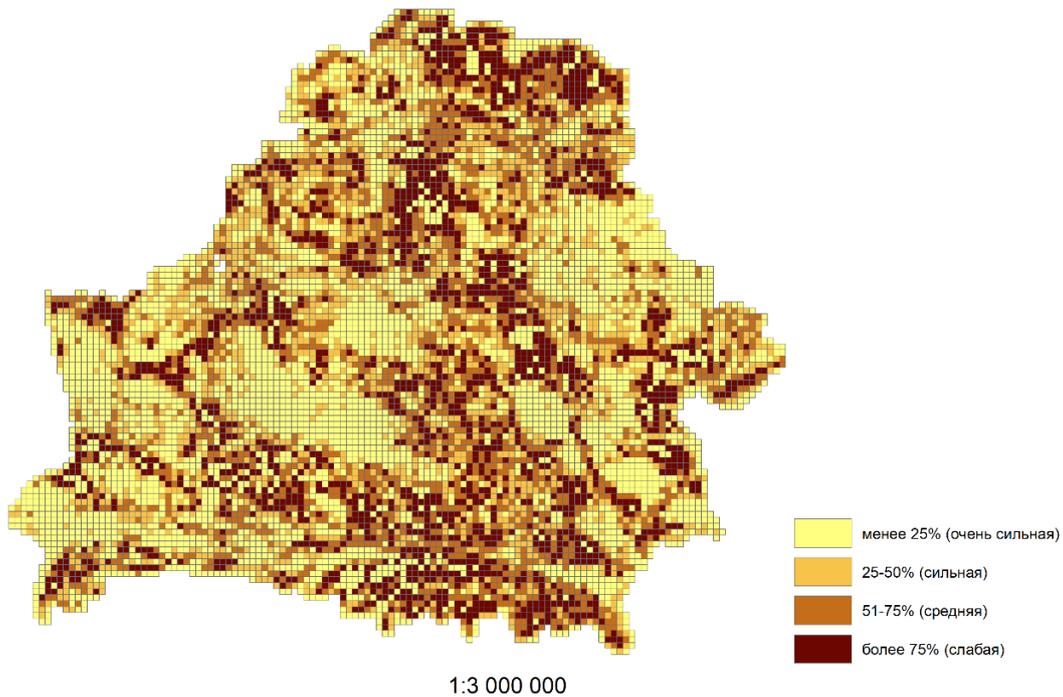


Рис. 1. Степень фрагментации природных экосистем ландшафтов Республики Беларусь

В настоящее время при изучении, оценке и картографировании фрагментации природных экосистем ландшафтов Беларуси наиболее востребованным инструментом выявления пространственного сочетания наземных экосистем являются космические мультиспектральные снимки разного пространственного разрешения. Необходимость их применения объясняется объективностью, масштабом охвата изучаемых территорий и слагающих их ландшафтов, а также доступностью и возможностью обработки в современных программных продуктах.

3. Заключение

Представленные результаты исследований получены при выполнении мероприятия 16 «Разработать систему оценки фрагментации ландшафтов Беларуси с применением данных дистанционного зондирования

Земли с целью регулирования антропогенных нагрузок на них и сохранения биоразнообразия экосистем» подпрограммы 6 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.

Библиографические ссылки

1. Гусев А. П. Фрагментация ландшафтного покрова как фактор деградации потенциала самовосстановления геосистем // Вес. БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. 2014. № 1. С. 58–61.

2. Давидович Ю. С. Исследование и оценка фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием методов дистанционного зондирования // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. В 7 ч. Ч. 5. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2024. С. 81–87.

3. Давидович Ю. С. Оценка фрагментации наземных экосистем ландшафтов Беларуси по данным дистанционного зондирования Земли // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С. А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]. Брест, 2023. Ч. 2. С. 42–45.

4. Скачкова А. С., Яцухно В. М. Планирование территориальных схем экологических сетей на основе результатов оценки фрагментации и разнообразия ландшафтов // Земля Беларуси. 2016. № 4. С. 25–29.

5. Украинский П. А. Фрагментация лесов верхней части бассейна реки Ворскла с конца XVIII века // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 2017. № 1. С. 82–91.

6. Яцухно В. М. Региональная и внутрирегиональная оценка фрагментации ландшафтов (на примере Белорусского Поозерья) // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии : материалы VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию каф. геогр. экологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–15 нояб. 2024 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2024. С. 42–47.