РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ СРЕДСТВАМИ ГИС

М. М. Максимов, В. Ю. Даглис

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

А.А.Сидорович

кандидат биологических наук, государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

В работе описана методика определения и анализа проницаемости среды обитания млекопитающих Белорусского Поозерья. Для данного определения изначально были отобраны разновременные космоснимки исследуемой территории, производилось их дешифрирование, далее полученные растры векторизировались. Затем на основании полученных векторных данных производился расчет ландшафтных индексов, на основании которых далее рассчитывался интегральный индекс проницаемости среды обитания животных, по значениям которого можно производить анализ проницаемости среды в зависимости от особенностей территории и от вида мобильности животного.

Ключевые слова: проницаемость среды обитания животных; дистанционное зондирование Земли; ландшафтные индексы; геоинформационные системы.

Введение. В настоящее время происходит интенсивное развитие спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), становятся широкодоступными данные высокого разрешения, современные спутниковые системы делают возможным получение большого объема качественной и количественной информации о различных объектах, процессах и явлениях [1]. Параллельно развиваются информационно-вычислительные технологии, позволяющие эффективно работать с данными ДЗЗ [2]. Все это делает возможным широкое использование данных ДЗЗ и программного инструментария геоинформационных систем (ГИС) для решения задач изучения и управления биологическим разнообразием, обеспечивает новый уровень исследований в области природоохранной деятельности [3] в том числе позволяет выявлять структуру экосистем, осуществлять моделирование и прогнозирование популяционных процессов [4].

Основная часть. Под «проницаемостью среды обитания» (landscape permeability или habitat connectivity в ландшафтной экологии) понимается способность территории обеспечивать места обитания и миграции для различных видов животных и растений [5], либо способность различных организмов перемещаться через ландшафт (Suter. Landscape Permeability). Различают различные подходы к оценке проницаемости ландшафтов: видовой, экосистемный, территориальный и т.д.

Видовой подход подразумевает оценку проницаемости исходя из мобильности (способности проникать через ландшафт) конкретного вида. Экосистемный подход (рисунок 1) характерен для североамериканской школы ландшафтной экологии с ее биогеографическими корнями, в основе которого лежит концепция Р. Формана «патч – коридор – матрица» (patch – corridor – matrix). С этой точки зрения ключевыми особенностями ландшафта, важными для выживания в нем популяции некоего вида являются процент территорий, покрытых природной растительностью, их связность и фрагментированность. Территориальный подход связан с подразделением территории по ее функциональному назначению.

В данной работе используется экосистемный подход оценки проницаемости, однако с учетом видовых особенностей модельных видов.

Исходными данными выступают данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ), полученные из различных источников.

Электронный ресурс Globeland30 (www.globallandcover.com) предоставляет растровые данные по покрытию земель на территорию планеты (рисунок 2а). Растр классифицирован на 9 категорий (таблица 1) и имеет размер ячейки 30х30 метров. Так были получены данные на территорию Белорусского Поозерья на 2000, 2010 и 2020 гг.

Для выполнения расчёта индексов проницаемости среды на 1980-1990 гг. использованы данные с сенсора LANDSAT-5 Thematic Mapper.



Рис. 1. Схема «патч – коридор – матрица» экосистемного подхода

Таблица 1

Значение	Описание
10	Обрабатываемые земли
20	Древесная растительность
30	Переувлажненная растительность
40	Древесно-кустарниковая растительность
50	Травянистая растительность
60	Водные объекты
70	Снег (не используется)
80	Селитебные земли
90	Облака / нет данных

Классы растра покрытия земель

Высокое пространственное разрешение (30 м/пиксель) хорошо подходит для разноуровневой оценки, а наличие 6-ти спектральных каналов (синий – SR_B1, зеленый – SR_B2, красный – SR_B3, ближний ИК – SR_B4, коротковолновые ИК – SR_B5 и SR_B7) а так же 1 термальный (ST_B6) дает возможность достаточно точно классифицировать снимки по типам земель.

Подбор снимков, их объединение в мозаику, а также классификацию выполняли в Google Earth Engine (www. earthengine.google.com). Google Earth Engine – это облачная платформа геопространственного анализа, которая позволяет пользователям визуализировать и анализировать спутниковые снимки земли.

Для выполнения работы было получено 2 мозаики (собранные в единый растр многозональные снимки), данные для которых удовлетворяют следующим критериям:

Растр должен покрывать исследуемую территорию. Практическим путем установлено, что это снимки, имеющие значение атрибута WRS_PATH между 182 и 185, и WRS_ROW 21 – 22.



Рис. 2. Векторизованные растры покрытия земель (а – на 2020 г., б – на 1980-е гг.)

Дата. Для выполнения работы использовались наборы данных с 1984 по 1987 гг. для расчёта значений на 1980-е годы, и 1992 по 1997 гг. для 1990-х.

Месяц. Эмпирическим путем исходя из качества снимков оптимальным периодом выбран месяц май. Причинами данного выбора выступает различимая разница на снимках между естественными (леса, луга, кустарники) и антропогенными территориями (с/х земли, селитебные территории).

Облачность. Отбраковывались снимки, закрытые облачностью более чем на 35%.

После проверки платформой данных из коллекции на соответствие установленным критериям, удовлетворяющие всем условиям снимки были собраны в список, отсортированный по увеличению площади закрытых облаками территорий, благодаря чему в приоритете будут более «чистые» снимки. Дополнительно, на данном этапе были отмаскированны территории, покрытые облаками, и рассчитан вегетационный индекс NDVI для более точного дешифрирования растительности.

Для выполнения классификации был выбран метод классификации с обучением, основанный на создании тренировочных участков. Данные участки создавались по классификации в таблице 1 для унификации данных. После выделения некоторого количества участков была выполнена классификация всей мозаики. Для классификации растра был применен классификатор smileRandomForest. Данный классификатор основан на машинном обучении, просчитав все соответствия типов данных к показателям каналов растра он строит алгоритм на заданное число деревьев, по которым в дальнейшем будет работать инструмент классификации. Полученный результат сравнивали с исходным растром, и в случае неудовлетворения результатом классификации выделяли дополнительные тренировочные объекты. Данную очередность повторяли до получения удовлетворительного результата (рисунок 2б).

Перед векторизацией для удаления шумов с классифицированных растров был многократно применен фильтр большинства. Полученные растры были векторизованы инструментом растр в вектор (векторизация), который является стандартным инструментом ГИС QGIS. Данный инструмент предлагает 2 варианта векторизации, учитывая связь по диагонали или игнорируя ее. В исследовании большую роль играют размеры участков, их число и связи между ними, по этой причине было принято решение использовать первый вариант (учитывать связь по диагонали).

Для оценки проницаемости среды использовалось 10 индексов представленных в таблице 2. Для расчета индексов (за исключением индексов связности ландшафта была построена модель в ГИС АгсМар, вычисляющая данные индексы по исходной векторной сетке (рисунок 3).

Таблица 2

индексы проницаемости среды			
Индекс, единица	Характеристика индекса		
Индексы площади, структуры и краевые зоны (Area & Edge)			
PLAND (Patch Density), %/ км ²	Удельная площадь лесных участков		
NP (Number of Patches), 1/n	Число участков (в контуре)		
PURBAN 1-%	Удельная доля селитебных участков		
PLAKES 1-%	Удельная доля Водных участков		
Индексы конфигурации (Shape metrics)			
LPI (Largest Patch Index), га	Отношение площади самого большого массива к об-		
	щей площади лесов		
Связанность ландшафта (Connectivity metrics)			
RPC	Индекс корневой вероятности		
IsoSI	Индекс изоляции		
APC	Средний индекс связанности		
Иные индексы			
ROADS, км	Нормализованная протяженность дорог националь-		
	ного и регионального значения (в контуре)		
RIVERS, км	Нормализованная протяженность рек (в контуре)		



Рис. 3. Модель расчета индексов в ГИС АгсМар

В основу расчетов индексов связности ландшафтов взято семейство индексов сетевой доступности местообитаний, которые количественно определяют функциональную связанность на основе площади ключевых местообитаний, их пространственной конфигурации, расстояний между участками и возможностей расселения видов, обитающих в конкретных местообитаниях. Каждая связь между любыми двумя участками ai и aj характеризуется вероятностью расселения какого-либо вида pij, полученной как функция расстояния (в нашем случае евклидово (прямолинейное) расстояние от края до края), совпадающая с вероятностью 50% для среднего расстояния расселения видов (в нашем случае для средних способностей расселения модельных видов на 1 км, 5 км и 10 км). В

отличие от других семейств индексов, индексы связанности характеризуются вычислительной сложностью, которая по своей природе меняется в зависимости от количества участков целевого местообитания, поскольку необходимо учитывать связь между каждой парой отдельных участков. Для целей настоящего исследования использовались три индекса связанности – индекс корневой вероятности (RPC), индекс изоляции (IsoSI) и средний индекс связанности (APC), которые измеряют различные аспекты связанности, но получены из одного и того же семейства. Информация о патч-областях рассматривается, либо по их произведению (как в случае RPC), либо только по одному из них на каждую пару (IsoSi рассматривает область патча назначения), либо ни по одному из них, как в случае АРС. Для автоматизации процесса расчета индексов связанности ландшафта (APC, IsoS, RPC) разработано программное обеспечение «Connectivity», написанное на языке программирования Python 3.8.4 в среде разработки PyCharm Community Edition 2021.3.2. В дальнейшем планируется исследование временной динамики изменения индексов проницаемости, включая индексы связанности.



Рис. 4. Пример расчета интегрального индекса проницаемости среды обитания для среднемобильных видов млекопитающих Белорусского Поозерья на 2020 год

В результате получены данные о проницаемости среды для млекопитающих на территорию Белорусского Поозерья, а также рассчитан общий, интегральный

индекс по имеющимся данным, результаты расчета которого представлены на рисунке 4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Land observing satellite data center: Big data challenges and a potential solution / W. Xu [et al.] // Geomatics and Information Science of Wuhan University. -2017. -Vol. 42, No 1. -P. 7-13.

2. Yakubailik O., Kadochnikov A., Tokarev A. Applied software tools and services for rapid web GIS development // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM-2015. – Vol. 1 (2). – P. 487–494.

3. Сипач, В. А. Географическая информационная система как основа информационного обеспечения природоохнанной деятельности особо охраняемых природных территорий / В. А. Сипач, В. С. Люштык, О. А. Семенов // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ) : сборник научных статей. – Минск: 2019. – С. 212–229.

4. Connectivity conservation management : in Protected Area Governance and Management / I. Pulsford [et al.] // Eds.: G. L. Worboys [et al.]. – Canberra : ANU Press. – 2015. – P. 851–888.

5. Singleton, P..; Gaines, William L.; Lehmkuhl, John F. Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment. Res. Pap. PNW-RP-549.Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. – 2002. – 89 p.