

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГОВОЙ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ

Е.В. Соколовский¹, А.Б. Торбенко¹, А.В. Казак¹, И.В. Чекалов²,

¹Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова,

²Минск, ВЗИСХ НАН Беларуси

Данные дистанционного зондирования Земли получают все более широкое применение в сфере оценки состояния агроэкосистем. Одним из вариантов использования материалов мультиспектральной съемки является дифференциация территорий по параметрам продуктивности.

Целью исследования является создание карт продуктивности сельскохозяйственных угодий по данным мониторинговой мультиспектральной съемки.

Материал и методы. Первичный картографический материал получен при помощи беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 Multispectral RTK. Территория облета расположена близ д. Красный Двор Витебского района. Рельеф равнинный с незначительными, до 3 м, перепадами высот. Поле ограничено лиственным лесом с густым подлеском, а с северо-востока грунтовой дорогой, за которой расположен сельскохозяйственный участок с идентичными рельефом, севооборотом, режимом внесения удобрений и ядохимикатов. Высота проведения аэрофотосъемки – 100 м. Параметры перекрытия фотографий по продольной и поперечной оси соответственно 60% и 80%. Первичная обработка данных производилась при помощи программного обеспечения DJI Terra. В результате первичной обработки получен набор данных, включающий в себя растровые данные видимого спектра, а также диапазонов красной границы спектра и ближнего инфракрасного излучения. Кроме того, данное ПО позволяет получать карты таких индексов, как NDVI, NDRE, GNDVI, LCI и OSAVI. Последующая обработка данных производилась на базе геоинформационной платформы QGIS.

Облеты производились в июне, августе и сентябре 2021 года. Первый период охватывает фазу формирования зерна озимого ячменя, облет в августе происходил после уборки урожая, а третий период соответствует первым всходам озимого рапса.

Выбор периодов аэрофотосъемки обусловлен необходимостью получения данных о разных культурах, а также данных о возможных очагах распространения сорной растительности.

Результаты и их обсуждение. Формирование карты-схемы зон продуктивности происходило в следующем порядке:

1. Подготовка и стандартизация картографического материала;
2. Формирование векторного слоя границ исследуемого участка;
3. Формирование слоя границ различных форм мезорельефа;
4. Формирование слоя грид-модели;
5. Формирование первичной структуры данных на основе растров индекса NDVI;
6. Определение зон различной степени продуктивности.

Этап 1. Подготовка и стандартизация картографического материала ограничивается приведением растров к единой системе координат, выравнивания пиксельной сетки. В связи с тем, что аэрофотосъемка в первые два облета производилась с использованием навигации только по системе GPS, а последнего облета - с использованием поправочного сигнала RTK, на данном этапе также выполняется перепривязка первых двух растров по контрольным объектам к их координатам на третьем растре. Таким образом, учитывая высокую точность построения математической модели рельефа беспилотным комплексом, удалось добиться расхождения растровых данных по смещению, не превышающему 10 см.

Этап 2. Формирование слоя границ исследуемого участка осуществляется при помощи нейросетевого комплекса Garpi, в частности модуля определения функционального назначения территорий.

Применительно к данному объекту исследования, этап 3 можно пропустить в связи с малыми размерами поля и незначительными перепадами высот в его границах.

Этап 4. Слой грид-модели формируется в границах исследуемого участка по следующим параметрам: сетка точек регулярная, среднее расстояние между соседними точками 0,25 м, смещение точек определяется положением ближайшего пикселя растра под ними, но не превышает разрешения растра в 0,15 м/пикс.

Этап 5. Формирование первичной структуры данных на основе данных индекса NDVI заключается в переносе данных с нижележащих растров в точечные объекты модели. На данном этапе также на основе данных соседних пикселей путем экстраполяции заполняются пустые значения растра. Кроме того, при попадании точки модели на границу пиксельной сетки вычисляется средневзвешенное значение для занесения в базу данного объекта. Весовым коэффициентом при этом является степень близости соседних пикселей. Кроме того, к данным индекса NDVI на данном этапе применялся алгоритм сглаживания. Обусловлено это особенностями формирования растровых данных, при которых объекты, значительно меньше по размерам, чем разрешение итогового набора, в связи с положением солнца и их отражающей способностью, формируют значения выброса в итоговом наборе. Алгоритм сглаживания в таком случае снижает точность выходных данных, но исключает шумовые значения в итоговых данных. При этом снижение шумовых значений тем выше, чем больше имеется разнесенных во времени данных по конкретному участку как в макропределах (месяцы, недели), так и отснятых в разное время суток.

На последнем этапе формировалась тепловая карта продуктивности. Итоговым значением ячейки грид-модели является средневзвешенное значение индекса NDVI в каждой точке. Весовой коэффициент отдельных значений определяется уровнем стабильности значения во времени, т. е. уровню соответствия $\frac{An}{k \cdot An-1}$ и $\frac{Mn}{Mn-1}$, где An - значение индекса в точке в период калькулируемого облета, $An-1$ - значения индекса в той же точке в предыдущий период наблюдения, k - весовой коэффициент предыдущего значения индекса, который для первого периода принимается равным 1, а в дальнейшем принимается равным частному при делении большего из значений $\frac{An}{k \cdot An-1}$ и $\frac{Mn}{Mn-1}$ на меньшее. А Mn и $Mn-1$ - соответственно средние значения целого растра в настоящий и предыдущий период наблюдения.

Результатом применения описанного алгоритма явилась схема продуктивности поля, которая по своим параметрам может быть применима не только для анализа данных, но и как базовая основа для формирования автоматизированных заданий по дифференцированному внесению удобрений для автопилотируемой техники.

Заключение. Таким образом, разработанная модель анализа данных мультиспектральной съемки позволяет в автоматическом режиме формировать карту продуктивности угодий. При этом исходный набор данных может постоянно пополняться свежими материалами, что позволяет актуализировать результат. Особенно важным моментом является комплиментарность результатов с системами дифференцированного внесения удобрений, имеющимися на вооружении сельхозпредприятий Витебской области, продвигающих идеи точного земледелия.

РЕДКИЕ И НОВЫЕ ВИДЫ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA) ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. ЧАСТЬ 15

*И.А. Солодовников
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Данная работа продолжает цикл статей и содержит аннотированный список впервые выявленных как для геоботанических округов, так и для территории Республики Беларусь видов жесткокрылых [1-4].

Цель исследования – уточнение видового состава жесткокрылых (Coleoptera) геоботанических округов Республики Беларусь.

Материал и методы. В результате полевых исследований по стандартным методам энтомологических исследований и обработки более 6 тыс. экз. собранных жесткокрылых в 1997-2021 гг., были детерминированы виды жесткокрылых, впервые выявленные как для геоботанических округов, так и для территории Республики Беларусь. Знаком * – отмечены виды, впервые обнаруженные на территории определенного геоботанического округа, ** – для Республики Беларусь. Цифра перед знаком * обозначает: 1 – Западно-Двинский; 2 – Ошмянно-Минский; 3 – Оршанско-Могилевский; 4 – Неманско-Предполесский; 6 – Бугско-Предполесский; 7 – Полесско-Приднепровский геоботанический округ. При приведении данных этикеток в целях