

УДК 004.896

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАЛЕСЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДЗЗ

Т.А. Макаровских

Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

E-mail: Makarovskikh.T.A@susu.ru

А.Э. Жулев

Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

E-mail: Makarovskikh.T.A@susu.ru

В.Н. Максимова

Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

E-mail: Makarovskikh.T.A@susu.ru

О.А. Дернова

Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

E-mail: Makarovskikh.T.A@susu.ru

Ключевые слова: точное земледелие, мониторинг, интеллектуальный анализ данных.

Аннотация: В настоящее время появляется большое количество различных разработок для ведения умного земледелия. Большинство из них посвящено либо ведению учета в области АПК, либо поддержанию базы данных объектов интереса для одного пользователя. В нашей статье рассмотрены возможности региональной системы «УралГИС-Агро», хранящей информацию о всех сельскохозяйственных объектах региона. Поскольку система является расширяемой, в нее постоянно добавляется новый функционал. В данной статье рассматриваются возможности программного модуля, который на основе снимка ДЗЗ позволяет определить объекты (поля), которые не были в эксплуатации более 5 лет. Программа по имеющимся в базе данных полигонам определяет каждый объект интереса и сохраняет изображение в матричном представлении для каждого полигона в отдельности, затем вычисляет долю (в процентах) элементов полученной матрицы, значения вегетационного индекса для которых выше порогового в течение заданного промежутка времени и формирует список идентификационных номеров (ID) заросших полигонов, для которых полученное процентное соотношение не ниже заданного значения. На основе полученных данных формируется список ID полигонов для передачи в лесной фонд, которые были зарощены в течение заданного числа предыдущих сезонов. Такой модуль предназначен для интеграции в системы, ориентированные на специалистов в области принятия управленческих решений в сельском и лесном хозяйстве.

1. Введение

В настоящее время появляется большое количество различных разработок для ведения умного земледелия. Большинство из них посвящено либо ведению учета в области АПК, либо поддержанию базы данных объектов интереса для одного пользователя.

Например, одна из широко используемых систем для работы в области АПК – 1С: Предприятие 8. ERP Агропромышленный комплекс [1], в основном направлена на ведение учета активов предприятия, а модули для мониторинга имеющихся угодий развиты не достаточно сильно. Применяемая большинством фермеров по всему миру программа OneSoil [2] ориентирована на использование отдельным пользователем.

Заращение сельскохозяйственных земель – значимая экономическая проблема. Дело в том, что земли, относящиеся к категории сельскохозяйственных, должны использоваться по назначению. По закону они не могут долго простаивать и не возделываться совсем: в таком случае, их изымают у собственника. Проблема состоит в том, что с 1990-х гг. многие неиспользуемые сельскохозяйственные земли не были учтены. Поля, устроенные в лесной зоне, вновь покрылись древесной растительностью – за это время успел вырасти полноценный молодой лес, что значительно осложняет идентификацию бывшего поля и снижает возможности его дальнейшего возделывания [3]. На территории Челябинской области в 22 муниципальных образованиях на учете стоит более миллиона сельскохозяйственных угодий. Причем, информация о большинстве из них, как и во всей стране, не обновлялась последние 20-30 лет. В 2021 году Рослесинфорг начал работы по второму циклу госинвентаризации лесов. Это позволит провести анализ зарастающих земельных участков для оценки потенциала ведения лесного хозяйства на таких участках [4]. Поэтому задача поиска невостребованных угодий с целью их дальнейшей передачи в лесной фонд является актуальной. В нашей статье рассмотрены возможности региональной системы «УралГИС-Агро», хранящей информацию о всех сельскохозяйственных объектах региона и обеспечивающей взаимодействие пользователя с ней. Поскольку система является расширяемой, в нее постоянно добавляется новый функционал. Рассмотрим возможности программного модуля, который на основе снимка ДЗЗ позволяет определить объекты (поля), которые не были в эксплуатации более 5 лет. Программа по имеющимся в базе данных полигонам определяет каждый объект интереса и сохраняет изображение в матричном представлении для каждого полигона в отдельности, затем вычисляет долю (в процентах) элементов полученной матрицы, значения вегетационного индекса для которых выше порогового в течение заданного промежутка времени и формирует список идентификационных номеров (ID) заросших полигонов, для которых полученное процентное соотношение не ниже заданного значения. На основе полученных данных формируется список ID полигонов для передачи в лесной фонд, которые были зарослены в течение заданного числа предыдущих сезонов. Такой модуль предназначен для интеграции в системы, ориентированные на специалистов в области принятия управленческих решений в сельском и лесном хозяйстве.

2. Описание исходных данных

Исходные данные для анализа можно получить, используя мультиспектральные снимки из космоса. В рассматриваемой работе будут использоваться находящиеся в свободном доступе снимки со спутника Landsat [5]. Изображения со спутника хранятся в формате GeoTIFF, который представляет собой многослойное растровое изображение, состоящее из миллионов пикселей. Каждый слой этого изображения соответствует одному из каналов съемки. На настоящем этапе исследования используются свободно доступные снимки Landsat. Снимок, очевидно, представляет собой бесшовное мозаичное цветосинтезирующее изображение, в ряде случаев часть пикселей этого изображения перекрыта облаками, что может привести к получению ряда погрешностей анализа. С целью снижения погрешности используются снимки со следующими характеристиками: интервал дат съемки – с мая по сентябрь; периодичность съемки – 1 раз в 5 суток; диапазон углов Солнца – 20–90 градусов; угол визирования -40/40; допустимый процент облачности – 15%. Информация об объектах интереса (сельскохозяйственных угодьях, принадлежащих определенному муниципальному образованию) хранится в базе данных системы «Урал ГИС-Агро» в бинарном формате.

Рассматриваемый модуль разработан на языке Python 3, в котором имеется инструментарий для работы с гео-информацией. В частности, имеются библиотеки, обеспечивающие возможность получения из мультиспектрального снимка фрагмента, соответствующего полигону, заданному в бинарном формате. В частности, использована библиотека Shupely, которая преобразует данные из бинарного формата во внутренние объекты (полигоны либо линии) и использует их для обрезки изображений.

На выходе имеем изображение в матричном представлении для каждого полигона, хранящегося в базе данных.

3. Представление исходных данных для проведения анализа

Для проведения анализа заросленности территорий будем использовать индекс NDVI. Это один из наиболее важных и значимых индексов при исследовании качества вегетации. NDVI – это сокращение от нормализованного разностного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index), и это показатель, описывающий плотность растительности на территории на основе спутниковых либо мультиспектральных снимков.

Для расчета показателя используется следующая формула:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где $NDVI$ – нормированный разностный вегетационный индекс; NIR – отражение в ближнем инфракрасном спектре (полоса 5 снимка Landsat); RED – отражение в красной области спектра (4 полоса снимка Landsat).

После извлечения пикселей снимка, лежащих внутри контура полигона получим матрицу значений вегетационного индекса для каждого диапазона, используя приведенную выше формулу. Используя все значения матрицы для каждого

объекта, вычислим долю (в процентах) элементов матрицы, значения которых больше порогового. Это будут пиксели, которые соответствуют зонам с повышенной вегетацией.

Пороговые значения взяты на основе работы [6], в которой автором исследуется растительность в заповеднике «Лосиный остров». Поскольку климатические условия и растительность исследуемого региона незначительно отличаются от исследуемого в [6] объекта, достаточно использовать средние значения NDVI для рассмотренных в [6] видов растений, округленные до сотых: май (0,49), июнь (0,68), июль (0,59), август (0,49), сентябрь (0,51). Использование такого вектора средних значений NDVI оправдано, поскольку в случае, когда сельскохозяйственный объект используется по назначению, значения вегетационного индекса отличаются. Например, при возделывании пшеницы в одном из муниципальных районов Челябинской области имеем следующие значения NDVI по данным приложения OneSoil [2] май (0,09), июнь (0,19), июль (0,35), август (0,28), сентябрь (0,25).

Далее, под заросшим будем понимать объект, для которого доля пикселей с повышенной вегетацией превышает 75% [7]. Сформируем список идентификационных номеров (ID) таких объектов.

4. Выявление залесенных территорий

Очевидно, невозможно принять решение о постоянной заросленности территории на основе единственного снимка. Поэтому под постоянно заросленной (залесенной) территорией, которая должна быть рассмотрена в качестве претендента для передачи в лесной фонд, будем понимать территорию, которая на протяжении 5 вегетационных периодов постоянно имела повышенную вегетацию. Как уже отмечалось выше, под вегетационным периодом для Уральского региона будем понимать промежуток времени с мая (когда лиственные леса уже покрыты листвой) по сентябрь (когда лиственный покров еще не сброшен и имеет в основной массе зеленый цвет).

Разработанный нами модуль формирует список ID таких заросших полигонов. Данные полигоны в базе данных помечаются как претенденты для передачи в лесной фонд. Окончательное решение о передаче объектов принимается после их осмотра.

Несмотря на простоту выполняемых действий, которые приведены в схеме на рисунке 1, данная процедура при отсутствии автоматизации определения вегетационного индекса и анализа имеющихся в базе данных полигонов практически не выполнима для региона, поскольку объем анализируемых данных велик и составляет порядка 107 объектов. По той же причине невозможен и осмотр всех сельскохозяйственных угодий. Помимо всего прочего, при осмотре невозможно количественно оценить степень залесенности отдельно взятого участка. Для формирования перечня залесенных территорий для муниципальных образований Челябинской области, разработанный модуль был интегрирован в уже существующую и успешно функционирующую в виде веб-приложения систему УралГИС-Агро.

5. Интеграция в систему УралГИС-Агро

В 2018 году Южно-Уральский государственный университет объявил о создании «Геопортальной системы мониторинга сельского хозяйства» [8, 9], направленной на рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения. Разработка продолжается по сей день. Система содержит базу данных сельскохозяйственных объектов Челябинской области. Основным преимуществом системы является ее построение на основе открытых компонентов, что обеспечивает доступность программных средств и возможность расширения функционала своими силами и усилиями коллег со всего мира. Система реализована в виде удобного веб-интерфейса. Модуль, описанный в разделах 1.2–1.4, интегрирован в систему УралГИС-Агро в виде микросервиса для конечного пользователя. При нажатии на кнопку «Сформировать слой для передачи лесфонд», осуществляется выборка записей из таблицы необрабатываемых полигонов, для которых вегетационный индекс был выше порогового для всех имеющихся снимков в течение последних 5 лет. Полученная выборка сохраняется в отдельной таблице для последующего отображения в виде отдельного слоя «Для передачи в лесфонд». Дальнейшие действия и принятие решений осуществляется экспертами в соответствующей области.

Список литературы

- 1С:Предприятие 8. ERP Агропромышленный комплекс [Электронный ресурс] // URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/erpark/features> (дата доступа 28.12.2023).
- OneSoil. Официальный сайт [Электронный ресурс] // URL: <https://onesoil.ai/ru/> (дата доступа 28.12.2023).
- Лес наступает. Как зарастают сельскохозяйственные земли/ Геопространственная аналитика [Электронный ресурс] <https://geonovosti.terratech.ru/nature/les-nastupaet/> (дата доступа 28.12.2023).
- В 15 регионах России в 2023 году начнут поиск заросших лесом пашен [Электронный ресурс] // URL: <https://tass.ru/ekonomika/16822533> (дата доступа 28.12.2023).
- EarthExplorer. Официальный сайт [Электронный ресурс] // URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата доступа 28.12.2023).
- Нур М. Разработка методики применения данных космических съемок для мониторинга лесов : диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.34. [Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»]. Москва, 2021. 150 с. : ил.
- Постановление Правительства РФ от 8 июня 2022 г. N 1043 «О внесении изменений в Положение об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения».
- Максимова В.Н. Применение геоинформационных технологий для рационального использования земель сельскохозяйственного назначения (практический аспект) // Управление инвестициями и инновациями. 2018. № 2. С. 62-66.
- Максимова В.Н., Шестакова Л.И. Внедрение цифровизации земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области в 2019 году, как основа адаптивно-ландшафтного землеустройства // В сборнике: Ландшафтоведение и ландшафтная экология: коадаптация ландшафта и хозяйственной деятельности. Материалы международной научно-практической конференции. Ред. Е.А. Позаченюк [и др.]. Симферополь, 2020. С. 70–75.