

УДК 004.02

СПУТНИКОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Дворинович А.С.

научный руководитель канд. техн. наук Маглинец Ю.А.

Сибирский федеральный университет

Земля является одним из важнейших объектов научных исследований. С течением времени технологии, применяемые для изучения ее характеристик, претерпевали изменения: изначально они несли практический, опытный характер и проводились непосредственно на местности (методы наземного исследования). С развитием аэро- и космической техники появилась возможность проводить дистанционные исследования, на данный момент они являются глобальным и более оперативным способом получения геопространственных данных. Развитие приборов дистанционного зондирования (ДЗ) привело к расширению возможностей исследований в лесохозяйственной, нефтегазовой, транспортной, муниципальной, сельскохозяйственной (с/х) сферах, а так же нашло обоснование в мониторинге и предотвращении чрезвычайных ситуаций.

Обширность территорий страны доказывает, что применение методов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) является на данный момент приоритетным для развития картографирования агроландшафтов. В условиях необходимости обеспечения регулярного мониторинга, данные спутниковой съемки являются практически безальтернативным источником геопространственной информации. Кроме того, важным преимуществом спутниковой съемки также является оперативность, объективность и независимость получаемой информации.

Использование геопространственной информации, полученной с помощью космической съемки, невозможно без соответствующих методов актуализации данных (программно-технических средств, методов тематической обработки спутниковых изображений и пр.).

Данный пример [1] реализован для участков Луганской области, по результатам подготовлены электронные карты типов использования земель с учетом сохранения биоразнообразия и ландшафтов.

Район работ охватывает 10 – 15-километровую зону вокруг отделения Луганского природного заповедника – «Стрельцовская степь». Общая площадь территории исследуемого участка – 53 тыс. га. Зональными для региона являются настоящие и реже выщелоченные черноземы со степной растительностью, в большинстве замещенной пашнями.

Выделяемые объекты: пашня;

- сады;
- виноградники;
- пастбища;
- пастбища закустаренные (поросшие кустарниками);
- сенокосы;
- пойменные заболоченные земли;
- залежные или деградированные пахотные земли;
- леса;
- крутосклоны и овраги (включая каменистые осыпи);
- застроенные земли (жилая, промышленная и общественная застройка);
- под водой.

Одной из задач является выделение территории, подверженных эрозии.

Снимки Landsat в 6 спектральных каналах предоставляют информацию для расчета различных вегетационных индексов, характеризующих подстилающую поверхность, таким образом, появляется многомерное описание состояния каждого пиксела рассматриваемой территории.

Построена трехмерная модель рельефа, на основе которой производится оценка эрозии, смыв почв. Строится карта типов рельефа в различной степени подверженных эрозии почв. В основном, эрозия определяется уклоном, кривизной или формой поверхности и длиной склона. На склонах крутизной менее 1° эрозия, как правило, отсутствует. Смыв почвы начинается при крутизне склона выше $1,5 - 2^\circ$. На пологих склонах эрозия выражена слабо. Слабо покатые и покатые склоны с углами $2 - 5^\circ$ и $5 - 9^\circ$ уже опасны в эрозионном отношении. Эрозия усиливается на выпуклых поверхностях и ослабляется на вогнутых.

К этому множеству значений индексов применяется факторный анализ, снижающий размерность. Получаемые факторы обычно отражают некоторый элементарный физический процесс, описывающий пространственное варьирование состояния экосистем. Устанавливается равновесность, например, по средствам дискриминантного анализа. Все отклонения от равновесия в сторону деградации будут выделять эродированные почвы. Зная равновесную норму, для каждого случая можно количественно оценить степень эродированности. Если принять, что норме отвечает некоторое региональное значение запасов углерода, то можно определить его потери, определяемые деградацией.

На последующих этапах строится слой полигональных объектов, представляющих собой границы участков типов использования земель.

Работа ведется в режиме многооконного редактирования: один и тот же слой (типов использования земель) совмещен в разных окнах с космическими снимками и дополнительными планово-картографическими материалами.

Снимок Landsat7 обеспечивает возможность работы в масштабе $1:15\ 000 - 1:20\ 000$, но требует наличия нескольких разновременных наборов снимков. Использовались дополнительные планово-картографические материалы (топоснова или землеустроительные материалы) масштаба $1:10\ 000 - 1:25\ 000$. Все материалы были приведены к одной системе координат.

Конечным результатом работы по созданию электронной карты типов использования земель опытных участков стал слой полигональных объектов, представляющих собой границы участков типов использования земель. Поэтому суть работы состояла в векторизации данных границ по растровой подложке (космическим снимкам). Учитывая, что полученные таким образом полигоны должны стать базой эталонов для проведения автоматической контролируемой классификации по обучающим выборкам, работа по подготовке такой эталонной базы выполнялась только в режиме ручной векторизации.

Основными для метода автоматизированного картографирования растительного покрова на основе данных спутниковых наблюдений спектрорадиометра MODIS [2] являются механизмы предварительной обработки данных дистанционного зондирования Земли для устранения искажений, вызванных влиянием облаков и других факторов, многолетних временных серий данных спутниковых изменений спектрально-отражательных характеристик земного покрова, а так же автоматическое распознавание его типов на основе алгоритма локально-адаптивной классификации с обучением LAGMA.

Метод предлагает использование данных ежедневных измерений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) земной поверхности в красном и ближнем ИК каналах (пространственное разрешение – 250 м). Дополнительный источник информации – измерения КСЯ в голубом и среднем ИК диапазонах с разрешением 500 м, кроме того учитываются угловые характеристики Солнца и прибора в момент наблюдений.

Предварительная обработка рядов многолетней временной серии данных MODIS направлена на снижение мешающих факторов: облака, снежный покров, тени, образуемые облаками, аппаратные шумы. Производится исключение пикселей с превышающим некоторый порог значением угловых характеристик освещения и наблюдения; исключаются пиксели с влиянием снежного и облачного покрова; пиксели соответствующие участкам с тенями облаков; проводится фильтрация временных рядов данных; строятся свободные от влияния сезонные композитные изображения; производится построение и сглаживание многолетних временных рядов значений перпендикулярного вегетационного индекса PVI.

Для выбора наблюдений, пригодных для обработки по геометрическим условиям освещения и наблюдения, используются пороговые критерии $VZA > 40^\circ$ и $SZA > 80^\circ$, где VZA – зенитный угол наблюдения, SZA – зенитный угол Солнца.

В основе алгоритма детектирования участков с наличием облачного и снежного покрова лежит использование нормализованного индекса снега NDSI.

$$NDSI = (R3 - R6) / (R3 + R6),$$

где принимается, что

- «снег» соответствует значениям $R3 > 0,05$ и $NDSI > 0,1$;
- «облачность» – $R3 > 0,05$ и $-0,2 < NDSI < 0,1$;
- «полупрозрачная облачность» – $R3 > 0,05$, $-0,35 < NDSI < -0,2$;
- «чистая поверхность» – все остальные случаи.

Пиксели, окружающие классы «облачность» и «полупрозрачная облачность» относят к этим классам, если их значение $R3$ не меньше значения крайних пикселей принадлежащих классу.

Далее рассчитывается местоположение теней образуемых облаками, основа – предполагаемое значение максимальной высоты облаков, используются данные об углах наблюдений и положения Солнца. Максимальное возможное значение высоты облаков принято как $h = 12$.

На основе предварительной обработки формируется набор «масок» с указанием статуса каждого пиксела. В результате были сформированы двухмесячные композитные изображения за весенний, летний и осенний период 2010 года и зимнее композитное изображение.

Для выявления сельскохозяйственных земель используются еженедельные композитные изображения значения КСЯ и значения перпендикулярного вегетационного индекса PVI.

$$PVI(R1, R2) = -0,74R1 + 0,67R2 - 0,034,$$

где $R1$ и $R2$ соответствуют измерениям КСЯ в красном и ближнем ИК каналах.

На основе измерений выделено 3 признака распознавания пахотных земель: индекс кратчайшего сезона вегетации $L1/2$, индекс весеннего развития растительности MSI, индекс сезонного снижения фитомассы NSMI.

На следующем этапе производится распознавание типов растительного покрова. Разработан алгоритм LAGMA, в рамках которого формируется пространственное распределение сигнатур на основе репрезентативной совокупности эталонных объектов (обучающей выборки) с известной принадлежностью к одному из классов заданного множества для рассматриваемой территории.

Следующим шагом предложена разработка легенды карты растительного покрова, которая берет за основу систему классификации земного покрова LCCS (Land Cover Classification System), разработанная ФАО ООН. Признаками для классификации являются 22 тематических класса, образующих шесть групп земного покрова:

- леса;
- травяно-кустарниковая растительность;
- тундра;
- водно-болотные комплексы;
- другие типы растительного покрова, не покрытые растительностью земли.

Обучающая выборка и классификация типов земного покрова формируются на основе данных опорных карт, а так же на основе итерационного подхода, предусматривающего ее коррекцию по результатам многократного использования процедуры классификации и экспертной оценки получаемых результатов.

По итогам работ создана карта под названием TerraNorte RLC, которая отражает пространственное распределение растительного покрова на территории России, пространственное разрешение – 250 м.

Рассмотренные выше подходы к спутниковому картографированию определяют тенденцию активного развития отрасли и высокую степень применимости результатов автоматизации использования данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве, так как позволяет детектировать, исследовать и преобразовать геопропространственную информацию для получения актуальных, объективных данных о состоянии сельскохозяйственных угодий и определения вида растительного покрова территорий.

На данный момент автоматизированное распознавание агроландшафтов на территории Красноярского края является одной из приоритетных задач в сельскохозяйственной отрасли.

Для края характерны: разница климатических условий для северных и южных районов, гористая местность, труднодоступность отдельных районов. Кроме того, остро стоит проблема введения в сельскохозяйственный оборот «залежных земель».

Механизм определения степени эродированности земель и их деградации может послужить примером для формирования метода определения пригодности агроландшафтов для с/х целей, в то время как опыт создания электронной карты территории по многолетней серии космических снимков предлагает самый полный и уточненный спектр работ по картографированию растительного покрова в целом.

Данные, используемые для создания электронных карт, обладают достаточным пространственным разрешением для столь обширной территории, как РФ. Для меньших территорий необходимо подбирать данные ДЗЗ с более высоким разрешением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Euroconsult Mott MacDonald совместно с ICF. «Комплексное использование земель Евразийских степей. Подходы к подготовки стратегий социально-экономического развития сельских территорий». Технический отчет: Мероприятие 1.1.4 d. Украина, Молдова и Западная часть России.
2. С.А. Барталев, В.А. Егоров, Д.В. Ершов, А.С. Исаев, Е.А. Лупян, Д.Е. Плотников, И.А. Уваров. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, Том 8. №4 – С. 285 – 302.