

УДК 528.837

Митрофанов Е.М.

Московский государственный университет геодезии и картографии

**МЕТОДИКА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА
ДЕГРАДАЦИИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ПО ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

E. Mitrofanov

Moscow State University of Geodesy and Cartography

**METHODS OF GEOSPATIAL ANALYSIS OF FOREST VEGETATION
DEGRADATION BY HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING DATA**

Аннотация. В статье рассмотрена технологическая схема оценки деградации лесной растительности по гиперспектральным данным на основе эмпирического ГИС-моделирования с целью повышения эффективности выполнения лесоустроительных работ. Описывается особенность гиперспектральных съемочных материалов, позволяющих повысить эффективность изучения лесопокрытых земель дистанционными методами. Дается обоснование актуальности, эффективности и практической полезности предложенного метода оценки состояния древостоя.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, аэросъемка, экологический мониторинг, вегетационные индексы, профилактика пожаров, растительный стресс, спектроскопия, гиперспектральные данные.

Abstract. We consider a technological method for assessing forest vegetation degradation with the help of empirical GIS-modeling data aimed at increasing the efficiency of forest management tasks. We describe the analysis of hyperspectral survey materials, which allow one to increase the efficiency of forest area research projects by means of remote control tools.

Key words: remote sensing of Earth, aerial survey, environmental monitoring, vegetation indexes, vegetation indices, fire hazard, plant stress, spectroscopy, hyperspectral data.

Современные экономические реалии лесного хозяйства нашей страны вынуждают фокусироваться на решении конкретных отраслевых проблем, связанных прежде всего с эффективностью управления. Не в последнюю очередь потому, что во время планирования производственных мероприятий, помимо фактора эффективности, требуется учитывать еще один немаловажный параметр – рентабельность. Подобный подход позволяет достигать оптимальных результатов посредством рационального распределения имеющихся средств и возможностей. В связи с этим становится необходимым создание автоматизированных систем управления, которые могли бы помочь специалистам принимать наиболее эффективные решения и обеспечивать гибкую и качественную оценку ситуации и выработку решений на ее основе [3].

В отношении лесного хозяйства России в результате мероприятий по реорганизации структуры и деятельности входящих в него подразделений изменились функции муниципальных, федеральных и региональных органов управления. Штат лесной охраны существенно сократился. Централизованные системы лесоустройства не работают с требуемой эффективностью, и все лесоустроительные предприятия преобразованы в филиалы Рослесинфорга, основной задачей которого является разработка методологии и проведение государственной инвентаризации лесов. Проведение современных мероприятий по лесоустроительным работам за-

© Митрофанов Е.М., 2013.

труднено из-за того, что корпус полевых специалистов-лесостроителей уменьшился до такого размера, что рассчитывать в ближайшие годы на выполнение больших объемов работ невозможно по техническим причинам.

На текущий момент в современном российском лесном хозяйстве достаточно широко используются географические информационные системы (ГИС). При этом, несмотря на достаточную изученность подобных методов, в реальной производственной практике потенциал ГИС не используется в полагающейся ему регламентной мере. По сути, лесное хозяйство – это работа с лесопокрываемыми площадями как с набором географических объектов. Подобные действия по сути своей предполагают операции над картами и схемами. Под ГИС подразумевается аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [2].

В мировой практике за последние годы наблюдается широкое внедрение в космический мониторинг земной поверхности методов и средств спектрометрирования, заключающихся в регистрации спектральных сигнатур отраженного излучения от снимаемых объектов посредством совокупности смежных спектральных каналов, охватывающих видимый и тепловой диапазоны электромагнитных волн. Существует два основных вида спектрометрических методов, различающихся прежде всего числом эксплуатируемых спектральных каналов: многозональная (мультиспектральная) съемка, осуществляемая не более чем в десяти каналах, и гиперспектральная съемка, осуществляемая в десятках или сотнях каналов.

В отличие от мультиспектральной съемки, избирательно регистрирующей те или

иные области спектра, гиперспектрометры регистрируют более полную, сплошную спектральную сигнатуру излучения, отраженного от снимаемой местности, в виде совокупности достаточно узких спектральных каналов, перекрывающую весь регистрируемый сенсором спектральный диапазон. Принципиальные отличия спектральных сигнатур, получаемые мультиспектральными и гиперспектральными сканерами, определяются прежде всего характером спектральной кривой, отображающей зависимость спектральной яркости объекта от длины волны, которая для обычных широкополосных сканеров оказывается обобщенной, сравнительно с кривой, получаемой с помощью гиперспектрометра.

Поскольку гиперспектрометрия обеспечивает получение качественно новых данных, благодаря высокому спектральному разрешению, существует потребность разрабатывать методику обработки этих данных для нужд национальных отраслей хозяйства, таких, как лесное хозяйство, ввиду того, что старые методы не позволяют в полной мере извлекать максимум информации из съемочных сцен. Особенно это актуально в связи с выводом на орбиту 25 июня 2013 г. отечественного спутника «Ресурс-П» [1], оснащенного гиперспектральной аппаратурой.

Разработанный метод анализа деградации лесной растительности имеет в своей основе эмпирическое ГИС-моделирование количественных отношений между результатами обработки данных дистанционного зондирования (вегетационные индексы) и биохимическими параметрами лесных массивов. Занимаясь выделением и изучением вещественного состава растительности по материалам дистанционного зондирования, необходимо учитывать посредством ГИС-обработки дополнительную информацию, как-то: температурный режим, влажность, сезонные особенности, таксационные данные и прочее.

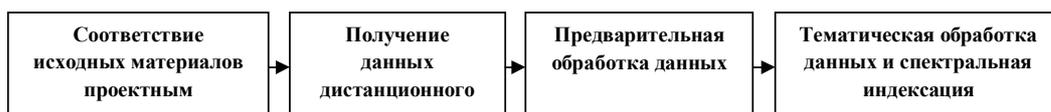
Приведенная схема (рис. 1) была разработана для решения следующих задач: создание и выбор наиболее информативных спектральных показателей в рамках контек-

ста задачи, дальнейшего расчета уравнений связи между ними и характеристиками насаждений и построения тематических картограмм на территорию экспериментального участка. Для этих целей последовательно выполнялись этапы, начиная от сбора исходных материалов и заканчивая созданием картографических материалов. Данная схема представляет собой основу методики оценки деградации лесной растительности средствами ГИС на основе узкополосных спектральных показателей. Относительно применяемых современных подходов предложенная методика отличается наличием специально созданных универсальных моделей гиперспектральных

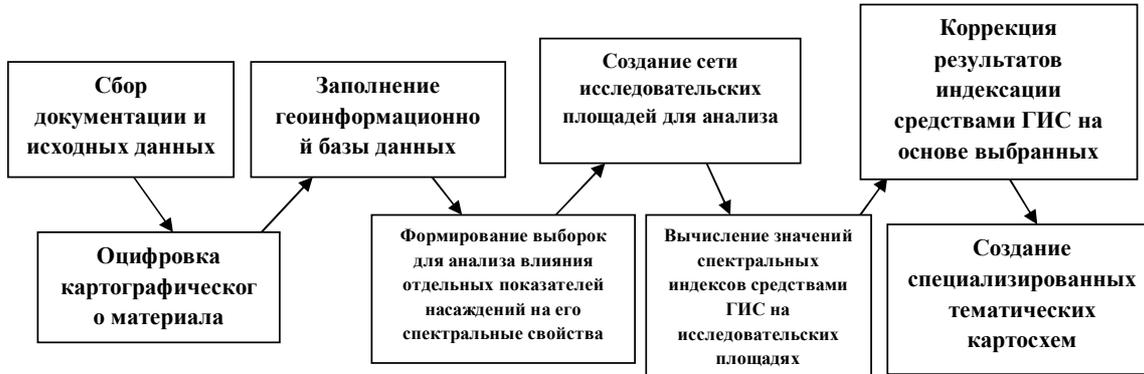
индексов, расширенным блоком статистического анализа и корректировкой получаемых результатов средствами ГИС-анализа.

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ). Правильная подборка материалов космической съемки является ключевой задачей при проведении любых исследований, подразумевающих использование данных дистанционного зондирования. Аэрокосмические ДДЗ должны отвечать требованиям проводимых исследований, т.е. иметь характеристики, позволяющие оценить тот или иной объект, свойство или явление. К этим характеристикам относятся пространственное и радиометрическое разрешения, коли-

Данные дистанционного зондирования



ГИС-анализ



Статистический анализ

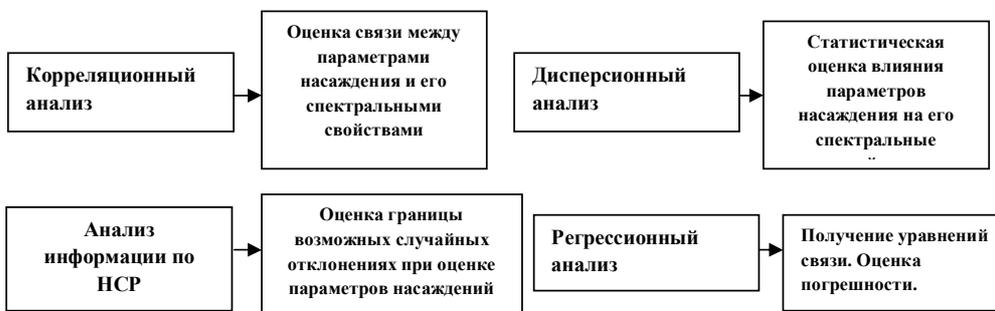


Рис 1. Схема методики оценки объекта средствами ГИС.

чество и длина спектральных диапазонов, размер спутниковой сцены.

Поскольку в основе предложенного метода лежит изучение биохимии и физиологии растительности, необходимо применение аппаратуры с высоким спектральным разрешением (порядка 10 нм), для того чтобы строить индексные модели по конкретным узким диапазонам волн. Отобранный для выполнения снимок ГСК-3Л содержал 290 каналов, соответствующих диапазонам с учетом спектрального разрешения отдельного 7-10 нм, в зависимости от длины волны. Пространственное разрешение: остальных каналов составляет 10 м/пиксель, радиометрическое: разрешение – 12 бит. Размер сцены составляет 1,5 км на 2,7 км. Таким образом, он удовлетворяет поставленным условиям. Тематическая обработка космических снимков заключалась в классификации объектов, анализе коэффициентов отражения растительности, выборе, обосновании и оценке спектральных индексов.

ГИС-анализ отвечает за сбор исходных данных, а именно картографических материалов и результатов наземного дешифрирования, с целью их сопоставления с результатами обработки данных дистанционного зондирования и выявления эмпирических связей. Последнее позволяет выполнить пересчет из относительных величин (индексы) в абсолютные (категория поврежденности древостоя). Этот блок включает в себя наиболее трудоемкие этапы интеграции информационного обоснования. На основании данных с лесоустроительных планшетов и таблиц была создана ГИС на экспериментальный полигон. В нее были отдельным слоем внесены результаты актуальных наземных исследований, проведенных на дату съемочных мероприятий. Была отобрана выборка тестовых площадей по таксационным и инвентаризационным параметрам древостоя, на основании которых уже были выбраны тестовые участки, где производилась статистическая обработка результатов биоиндексации.

Статистический анализ заключался в выявлении спектральных показателей (индексов и диапазонов), наиболее информатив-

ных для оценки состояния лесных насаждений и вычисления на их основе уравнений связи таксационных характеристик лесных насаждений со спектральными отражательными свойствами. Выявление наиболее информативных спектральных показателей было осуществлено методами корреляционного и дисперсионного анализов, которые применяли альтернативно друг другу с целью получения достоверных результатов. Оценка делимости характеристик растительности в рамках индекса была выполнена посредством анализа по наименьшей случайной разнице. Вычисление уравнений связи между таксационными характеристиками насаждений и их спектральными отражательными свойствами было реализовано с помощью регрессионной оценки совокупности данных, полученной на исследовательских участках.

На основе созданной карты лесопокрытия сосновыми насаждениями и с помощью информативных индексных показателей существует возможность получать тематические картографические материалы по каждому из исследуемых параметров методом эмпирического прогнозирования. Средствами ГИС-анализа можно получить комбинационные картосхемы, позволяющие более качественно оценивать происходящие в древесной растительности процессы. К примеру, повышение в хвое содержания пигментов антоциана характерно как для испытывающей бурный рост молодой растительности, так и для деградирующей старой [4]. Поэтому включение в обработку данных о возрастных категориях древостоя, в качестве дополнительных данных в процесс ГИС-анализа, позволяет избавиться от неоднозначности и более надежно оценивать состояние растительности.

В пользу эффективности метода говорит то, что обработанные в его рамках индексные изображения биохимических данных на территории Савватьевского лесничества Тверской области продемонстрировали сравнительное преимущество перед популярными текущими подходами на основе структурных индексов, что отразилось в виде более высоких значений F-критерия и коэффициен-

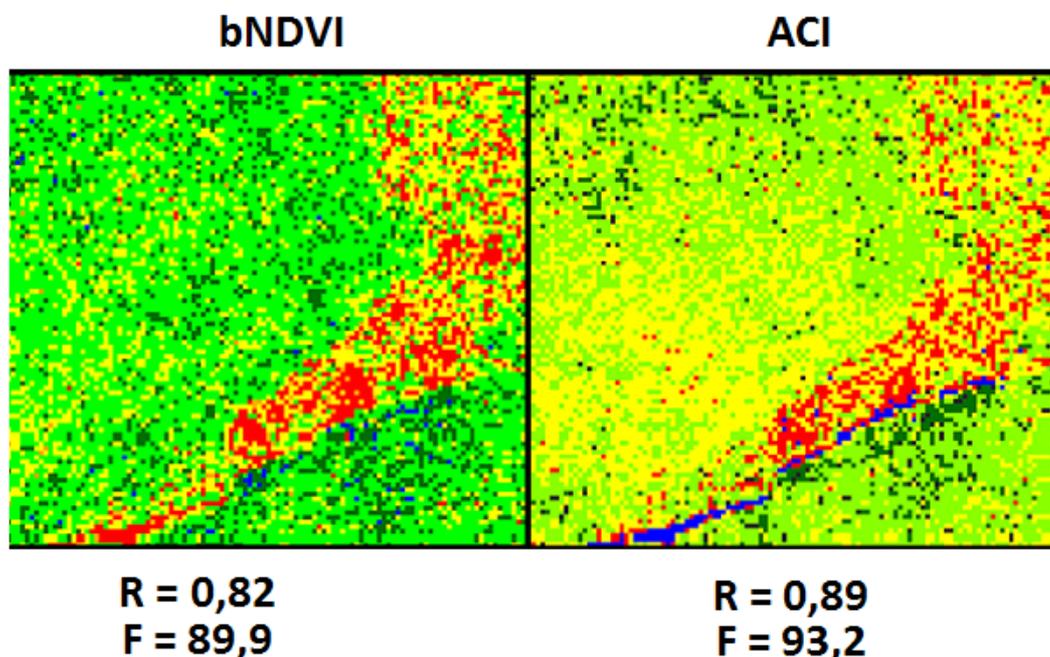


Рис. 2. Сравнение методов оценки деградации растительности по структурному многозональному индексу bNDVI и биохимическому-гиперспектральному индексу.

та корреляции (см. рис. 2). Также решение задач, связанных с выявлением площадей угнетенной деградировавшей сосновой растительности с низким бонитетом, будет более надежным ввиду физиологических особенностей процессов, протекающих в хвое древостоя. Данные изображения получены и обработаны по созданным в рамках методики моделям, с учетом того, что модифицированный нормализованный вегетационный индекс (bNDVI) является активно применяющимся сейчас широкополосным структурным индексом. Индекс содержания антоцианов (ACI) – узкополосный биохимический индикатор, расчет которого невозможен при использовании многозональной аппаратуры.

Также одним из преимуществ данной методики является ее универсальность с точки зрения программного обеспечения. Предложенную последовательность операций можно реализовать в любых программах, позволяющих выполнять математические операции с растровыми слоями (ARC Gis, Панорама, ENVI, ERDAS) и статистическую обработку (Excel, Statistica и др.). Примене-

ние данного метода позволит повысить эффективность комплекса мероприятий по выполнению государственной инвентаризации лесов Российской Федерации. На основе метода возможна реализация актуального мониторинга стрессовых ситуаций древостоя, с целью выявления причин ухудшения его состояния, и прогнозирование дальнейших тенденций развития ситуации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Космический аппарат «Ресурс-П» выдал первые тестовые снимки // Федеральное космическое агентство [сайт]. – URL: <http://www.federspace.ru/19661/> (дата обращения: 02.12.2013 г.)
2. Кошкарев А.В. Картография и геоинформатика: пути взаимодействия // Изв. АН СССР, сер. геогр. – 1990. – № 1. – С. 27-37.
3. Никофоров А.А. Анализ структуры, динамики и продуктивности лесного растительного покрова с применением ГИС-технологий, математического и 3D моделирования на примере Лисинского УОЛХ: дис. ... канд. географ. наук. – СПб., 2005. – 157 с.
4. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3 (4). – С. 28-32.