

УДК 528.837

Митрофанов Е.В. Шашнев И.В.

Московский государственный университет геодезии и картографии

Бубненко Д.И.

Московский государственный областной университет

О ПРИМЕНЕНИИ УЗКОСПЕКТРАЛЬНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

E. Mitrofanov, I. Shashnev

Moscow State University of Geodesy and Cartography

D. Bubnenkov

Moscow State Regional University

APPLICATION OF NARROWBAND VEGETATION INDICES FOR ASSESSMENT OF FOREST GREENERY

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения узкоспектральных вегетационных индексов при оценке состояния растительности для повышения эффективности выполнения лесоустроительных работ, наряду с использованием узкодиапазонных индексных изображений в качестве инструмента оценки санитарно-экологического состояния лесных массивов. Дается оценка показателям угнетения растительного покрова, на основании которых становится возможным выявлять участки поверхности, где лесной покров подвергся серьезному нарушению, а также участков, испытывающих стрессовую нагрузку.

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

Abstract. Along with the use of narrow-range indices of images as a tool to evaluate the environmental sanitation status of forests, we consider the possibility of using narrowband vegetation indices for assessing the vegetation condition in order to increase the implementation of forest management activities. We have assessed the vegetation oppression performance index which can be used to identify the surface areas, where the forest cover has undergone a serious violation, and the areas experiencing stress load.

Key words: remote sensing of the Earth, aerial survey, environmental monitoring, vegetation indices, vegetation indices, fire prevention, plant stress.

В настоящее время в Российской Федерации при планировании лесопользовательских работ все большее применение находят методы дистанционного зондирования как эффективное средство изучения лесных экосистем, регистрации изменений в лесном фонде, инвентаризация, контроль за вырубками и проч. Нормативный документ, утвержденный Министерством природных ресурсов России [2] регламентирует методы ДЗЗ как основные производственные. Совершенствование методов лесохозяйственного дешифрирования, связанное с углубленным изучением структуры лесов и моделированием таксационных характеристик насаждений – одно из главных направлений лесного хозяйства и аэрокосмического мониторинга лесных земель, которым должно быть отдано приоритетное начало [3]. Во время проведения Всероссийского лесоустроительного совещания, прошедшего 19 января 2012 г. в Казани, было принято решение разработать современные и эффективные технологии таксации лесов на основании сочетания выборочных натурных работ и дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли высокого и сверхвысокого разрешения, приме-

нения программно-аппаратного комплекса нового поколения по автоматизированной комплексной обработке данных таксации лесов, с учетом передового опыта развитых стран при участии ведущих научных организаций в указанной сфере деятельности.

В данной работе авторы ставят целью рассмотреть возможность применения узкодиапазонных индексных изображений в качестве инструмента оценки санитарно-экологического состояния лесных массивов. Учитывая возможности и преимущества данных, полученных с гиперспектральной съемочной аппаратуры, можно получать информацию не только об общем состоянии растительности в комплексе, но и выделять уникальную узкую информацию. Это стало возможным благодаря значительно большему числу каналов, чем в многозональной съемке, анализ которых позволяет более глубоко отслеживать происходящие в растительности процессы. Вегетационный индекс – это показатель, рассчитываемый в результате операций с различными спектральными диапазонами по материалам дистанционного зондирования с целью определения параметров растительности в кон-

кретном пикселе снимка. Соответственно, эти индексы определяются особенностями отражения объектов. Обоснование использования вегетационных индексов состоит в том, что некоторые математические операции с разными спектральными каналами могут дать полезную информацию о растительности, и эффективность их применения подтверждается множеством эмпирических данных.

Для выявления состояния растительности обычно используют вегетационные индексы, которые являются линейно-дробными комбинациями определенных спектральных каналов, выбирающиеся в зависимости от признака, который собираются выявлять. Чаша всего выбираются каналы из диапазонов 0,6-0,7 мкм (красный) и 0,8-0,9 (ближний инфракрасный диапазон). Обусловлен этот выбор прежде всего особенностями отражающей способности растительности. В красной области спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листа. Высокая фотосинтетическая активность ведет к мень-

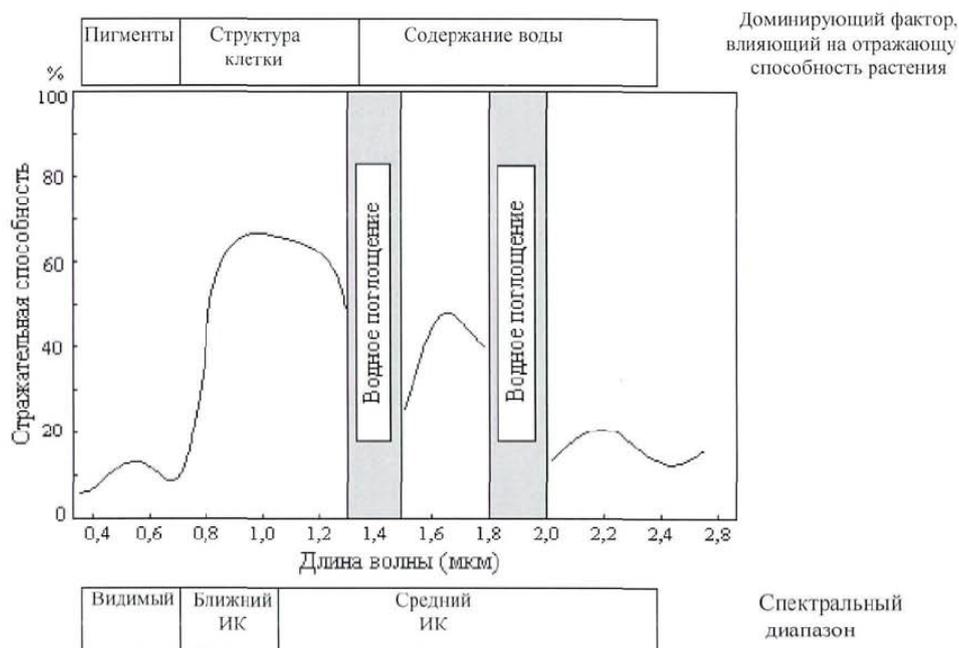


Рис 1. Типичный вид кривой спектрального отражения древесной растительности

шему отражению в красной области спектра и большему – в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных. Различная степень поглощения и отражения световой энергии и ИК-спектра позволяет одновременно определить несколько важных показателей, определяющих реальное состояние растений.

Одним из самых широко используемых в производстве индексов является нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), представляющий собой простой количественный показатель фотосинтетической активной биомассы. Данный индекс хорошо известен, изучен, прост для вычисления, имеет широкий диапазон значений (от -1 до +1) и отлично выделяет растительность. Чем выше значение индекса, тем более благоприятное состояние растительности (более 0,7 – здоровая, менее 0,4 – угнетенное).

$$NDVI = (R_{800} - R_{680}) / (R_{800} + R_{680}),$$

где R_n - NDVI является безразмерным показателем и демонстрирует корреляцию с другими параметрами, имеющими важность для решения серии важных задач природопользования, а именно с величиной биомассы, минеральной насыщенностью почв, эвапотранспирацией, объемом выпадающих осадков и др.

Преимущества гиперспектральной съемки позволяют как рассчитывать уникальные вегетационные индексы, так и модифицировать уже имеющиеся с целью их усовершенствовать или оптимизировать для решения конкретной производственной задачи. При использовании гиперспектральных данных дистанционного зондирования целесообразно использовать специальную модифицированную версию NDVI - RedEdgeNormalizedDifferenceVegetationIndex (NDVI₇₀₅), определяемую по узким красным диапазонам спектра: $NDVI = (R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705})$. Этот индекс также дает представление об общем количестве и состоянии растительности на поверхности земли. Однако важное отличие состоит в том, что для расчетов этих индексов учитывается степень отражения световых волн на участке спектра от 0,690 до 0,750 мкм, т. е. рассматривается область ближнего инфракрасного склона спектральной кривой растительности (rededge), которая позволяет выделять повреждения растительности на ранних стадиях [2]. Использование значений коэффициентов отражения в узких спектральных зонах позволяет фиксировать даже небольшие изменения состояния растительности, что повышает точность и эффективность применения данного метода для конкретных задач лесопользования, связанных с анализом лесопатологии растительных насаждений.

Способность эффективно поглощать и усваивать световую энергию является важным

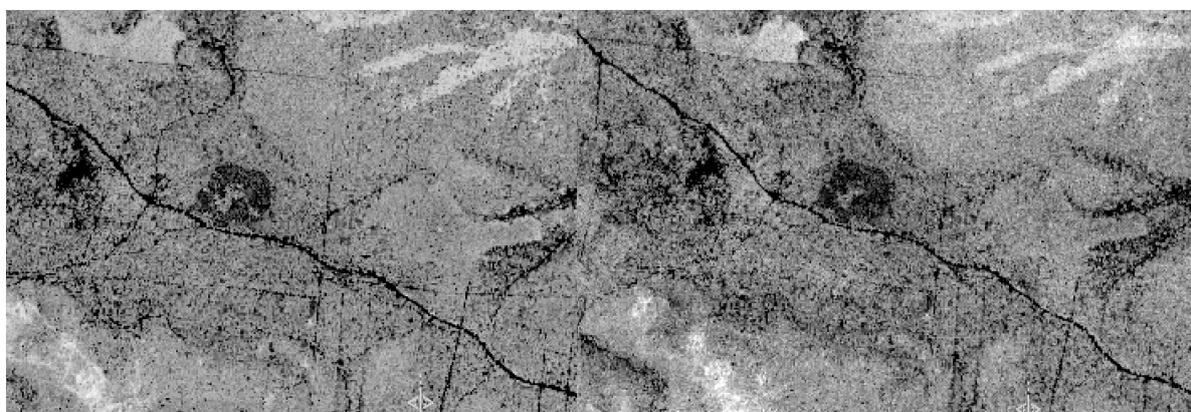


Рис. 2. Вегетационные индексы NDVI и NDVI₇₀₅

показателем, характеризующим состояние здоровья растения и потенциал его роста. Известно что максимумы поглощения света пигментами растительности происходит в 445, 880 и 800 длинах волн. На этом строится принцип расчета индекса поглощения основными пигментными структурами (mSIPI): $mSIPI = (R_{800} - R_{445}) / (R_{800} + R_{680})$.

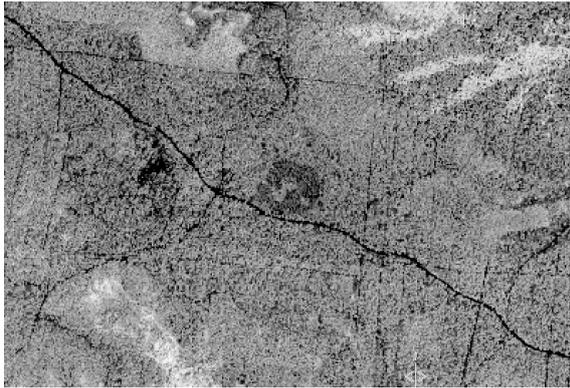


Рис. 3. Вегетационный индекс mSIPI

Данный индекс очень чувствителен к соотношению каротиноидов (А и В) к хлорофиллу, при этом не сильно зависящий от структуры растительного навеса [7]. Уменьшение величины SIPI является индикатором стресса растительности. Этот индекс применяется для мониторинга состояния растительности и выявления стресса.

Изображения, составленные из узких спектральных диапазонов, позволяют судить о поглощении азота и синтезе основных органических веществ в растениях. Индекс отражения света среднего инфракрасного диапазона огрубевшим углеродом растительных тканей PSRI рассчитывается по формуле: $PSRI = (K_{680} - K_{500}) / K_{750}$.

Индекс позволяет учесть общее количество «сухого» углерода в виде лигнина и целлюлозы. Такой углерод в больших количествах присутствует в древесине и в мертвых или сухих растительных тканях. Увеличение этих показателей отражает процесс старения и отмирания растений. Индекс принимает значения от -1 до 1, и для зеленой растительности характерен диапазон от -0,1 до 0,2.

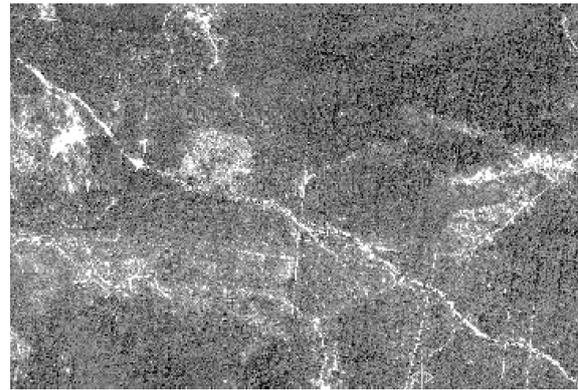


Рис. 4. Вегетационный индекс PSRI

Важным показателем состояния угнетенности растительности является повышение концентрации содержания каротина и антоциана в клетках. Для определения этих параметров применяются узкополосные индексы пигментации. Каротиноиды функционируют в процессах поглощения света растительностью, а также предохраняют их от вредного воздействия чрезмерно высокой освещенности. Антоцианы являются водорастворимыми пигментами, в избытке присутствующие как при формировании нового листового покрова, так и при отмирании старого [6]. Рассчитываются индексы по формулам:

$$CRI1 = (1/R_{510}) - (1/R_{550}),$$

$$ARI1 = (1/R_{550}) - (1/R_{700}).$$

Индексы этой группы позволяют выявить стрессовое состояние растений, так как именно при стрессовом состоянии содержание пигментов может меняться в значительных пределах. Мониторинг поглощения узких спектральных зон позволяет выявить стрессовое состояние растительности еще до того, как оно будет заметно «невооруженным глазом». Это весьма существенно для предупреждения развития необратимых отрицательных процессов в самом растении [6].

Индексы водной оценки были созданы для того, чтобы определять содержание влаги в растительности. Содержание воды – важный показатель, высокое содержание влаги характерно для здоровой растительности, которая

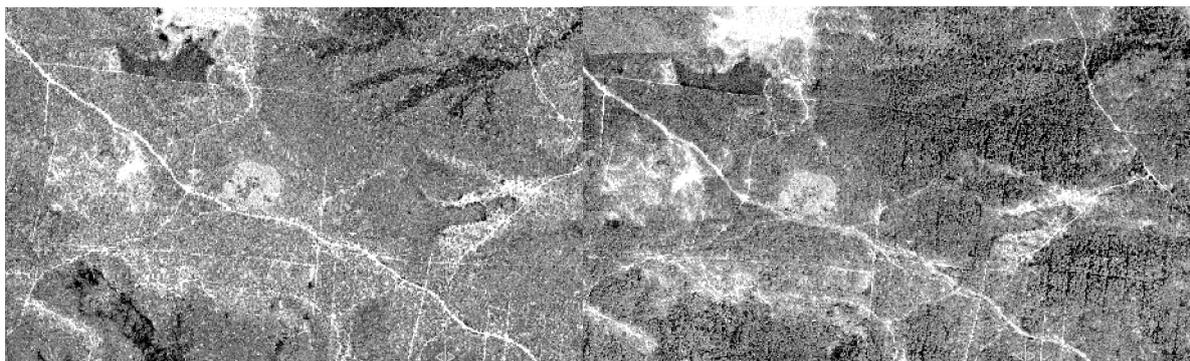


Рис. 5. Вегетационные индексы ARI1 и CRI1

быстрее растет и более устойчива к пожарам. Для расчетов индексов используется ближний и средний инфракрасный диапазоны [5]. С повышением содержания воды в растительности сила поглощения световых волн в диапазоне 970 повышается сравнительно с диапазоном 900. Водный индекс рассчитывается по формуле:

$$WBI = R_{900}/R_{970}.$$

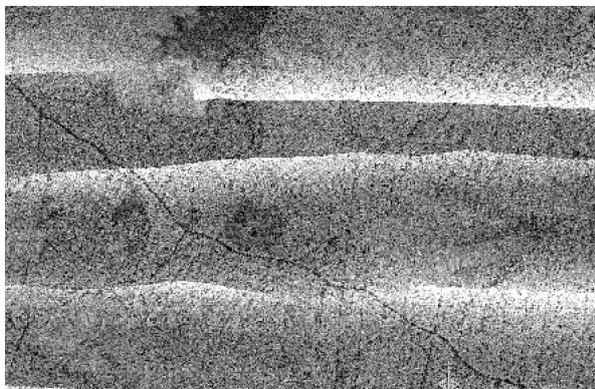


Рис. 6. WBI

Для расчета используется ближний и средний инфракрасный диапазоны. Индекс WBI широко применяются для выявления пожароопасности и водяного стресса на выделенных территориях.

Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью

задач. Они очень часто становятся одним из инструментов при проведении более сложных типов анализа и основой для получения численных данных для использования в расчетах оценки и прогнозирования. Среди них узкоспектральные индексы особенно эффективны, так как рассчитаны для определения конкретных узких параметров растительности, что позволяет создавать дополнительное информационное обоснование при исследовательских работах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нагорный В.Д. Определение и мониторинг продуктивного потенциала сельскохозяйственных земель // Международный научно-технический и производственный журнал "Науки о Земле".-2011.- № 1.-С. 7.
2. Наставление о выполнении лесоустроительных работ 2008 г. // Инструкция, утвержденная Приказом МПР России от 6 февраля 2008 года N 31.- 102 с.
3. Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве // Йошкар-Ола, 2005.- 390 с.
4. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика.-2011.-№2.-С. 5.
5. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика.- 2009.- № 3.- С. 5.
6. ENVI User's Guide: ENVI Version 4.1. – Research Systems, Inc. [September 2011 Edition].
7. H. Genc, L. Genc, H. Turhan. Vegetation indices as indicators of damage by the sunnpest (Hemiptera: Scutelleridae) to field grown wheat // African Journal of Biotechnology. – 18 January, 2008.- Vol. 7 (2).- P. 173-180.