

РОСЯЙКИНА Е. А., ИВЛИЕВА Н. Г.

**ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
В ГИС-ПАКЕТЕ ARCGIS¹**

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения ГИС-пакета ArcGIS для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Особое внимание уделяется определению и анализу вегетационного индекса NDVI.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, спутниковый снимок, ГИС-пакет ArcGIS, вегетационный индекс NDVI.

ROSYAIKINA E. A., IVLIEVA N. G.

**PROCESSING OF REMOTELY SENSED DATA
BY MEANS OF ARCGIS SOFTWARE**

Abstract. The article considers the use of ArcGIS software for processing of remotely sensed data. The authors focus on calculation and analysis of the vegetation index (NDVI).

Keywords: remote sensing, satellite image, ArcGIS software, vegetation index (NDVI).

Обработка данных дистанционного зондирования (ДДЗ) – область, которая активно развивается уже много лет, и все теснее интегрируется с ГИС [10]. В последнее время и в исследовательской деятельности студентов широко используется космическая информация [5; 6].

Растровые данные являются одним из основных типов пространственных данных в ГИС. Они могут представлять спутниковые снимки, аэрофотоснимки, регулярные цифровые модели рельефа, тематические grids, полученные в результате ГИС-анализа и геоинформационного моделирования.

В ГИС-пакете ArcGIS имеется набор инструментов для работы с растровыми данными, что позволяет проводить обработку ДДЗ непосредственно в ArcGIS, а также выполнять дальнейший анализ с использованием аналитических функций ГИС. Полная интеграция с ArcGIS позволяет провести быстрое преобразование пространственно-координированных растровых данных из одной картографической проекции в другую, выполнить трансформирование и координатную привязку изображения, конвертацию из растрового в векторный формат и наоборот.

В более ранних версиях ArcGIS для профессиональной обработки растровых изображений требовался дополнительный модуль Image Analysis. В последних версиях

¹ Статья выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-05-00860-а).

ArcGIS в стандартный набор добавлен целый ряд функций для работы с растрами, многие из которых доступны в новом окне «Анализ изображений» (Image Analysis) [9]. В него включены четыре конструктивных элемента: окно со списком открытых растровых слоев; кнопка «Опции» (Options) для установки параметров по умолчанию для некоторых инструментов; два раздела с инструментами («Отображение» и «Обработка»).

В разделе «Отображение» собраны вместе настройки, улучшающие визуальное восприятие снимков на экране монитора, в разделе «Обработка» представлен ряд функций по работе с растрами. Проведенные исследования показали, что панель «Обработка окна» в окне «Анализ изображений» (Image Analysis) значительно упрощает работу с растрами в ArcMap [8]. В программе ArcGIS также поддерживается контролируемая и неконтролируемая классификация цифровых изображений. Для анализа можно привлекать и функции дополнительных модулей Spatial Analyst и 3D Analyst.

Для исследования нами использовались снимки Landsat 4-5 TM: многозональный (архивированный набор изображений в формате GeoTIFF) и синтезированный снимок в натуральных цветах в формате JPEG с координатной привязкой. Пространственное разрешение космических снимков 30 м. Снимки получены через сервис *EarthExplorer* Геологической службы США. Уровень обработки исходного многозонального космоснимка – L1. Такой уровень обработки снимков Landsat обеспечивает их радиометрическую и геометрическую коррекцию с использованием цифровых моделей рельефа («земная» коррекция). Выходная картографическая проекция UTM, координатная система отсчета WGS-84.

Для формирования синтезированного изображения – широко применяемого яркостного преобразования многозонального снимка, использовался инструмент «Объединить каналы» группы инструментов «Растр». В зависимости от решаемых задач комбинации каналы могут быть различными.

При обработке мультиспектрального снимка часто выполняют преобразования, строящие «индексные» изображения. На основе математических операций с матрицами значений яркости в определенных каналах создается растровое изображение, значениям пикселей присваивается вычисленный «спектральный индекс». На основе полученного изображения проводят дальнейшие исследования.

Для исследования и оценки состояния растительности широко применяют так называемые вегетационные индексы. Они основаны на различиях яркости пикселей на снимках в видимой и ближней инфракрасной частях спектра. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально, исходя

из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв [1; 11].

Основное внимание в нашем исследовании было уделено изучению распределения и динамики вегетационного индекса NDVI. Важнейшей областью применения этого индекса является определение состояния посевов сельскохозяйственных культур.

Использование кнопки NDVI окна Анализ изображений позволяет выполнить преобразование снимков в ближней инфракрасной (NIR) и красной (RED) съемочных зонах и вычислить так называемый вегетационный индекс NDVI как нормализованную разность их значений [11].

Формула для вычисления NDVI, используемая в ArcGIS, модифицирована:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) * 100 + 100 [8].$$

Это приводит к целочисленному 8-битовому изображению, так как диапазон вычисленных значений ячеек – от 0 до 200.

NDVI может рассчитываться вручную с помощью инструмента «Калькулятор раstra» в Spatial Analyst. В ArcGIS уравнение расчета NDVI, используемое для создания выходных данных, выглядит следующим образом:

$$NDVI = float (NIR - RED) / float (NIR + RED).$$

В работе были исследованы разновременные значения индекса NDVI, рассчитанные на сельскохозяйственных землях хозяйства «Красинское» Дубенского района Республики Мордовия. Съемка проводилась со спутника Landsat 4-5 TM в 2009 г. Даты съемок: 24 апреля, 19 мая, 4 июня, 5 июля, 23 августа, 29 сентября. Даты подобраны таким образом, чтобы каждая из них попадала на разный период вегетации растений.

Значения NDVI вычислялись помощи инструмента «Калькулятор раstra» в Spatial Analyst. На рисунке 1 представлен результат выполненных операций в специально подобранной цветовой шкале на всей территории Дубенского района.

Индекс рассчитывается как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму. В результате значения NDVI меняются в диапазоне от –1 до 1. Для зеленой растительности, которая обладает большой отражательной способностью в ближней инфракрасной области спектра и хорошо поглощает излучение в красном диапазоне, значения NDVI не могут быть меньше 0. Причинами отрицательных значений в основном являются облачность, водоемы и снежный покров. Очень маленькие значения NDVI (меньше 0,1) соответствуют областям с отсутствием растительности, значения от 0,2 до 0,3 представляют кустарники и луга, в большие значения (от 0,6 до 0,8) – леса. На исследуемом участке по полученным растрам, представляющим

значения NDVI, несложно идентифицировать водные объекты, густую растительность, облака, а также выделить населенные пункты.

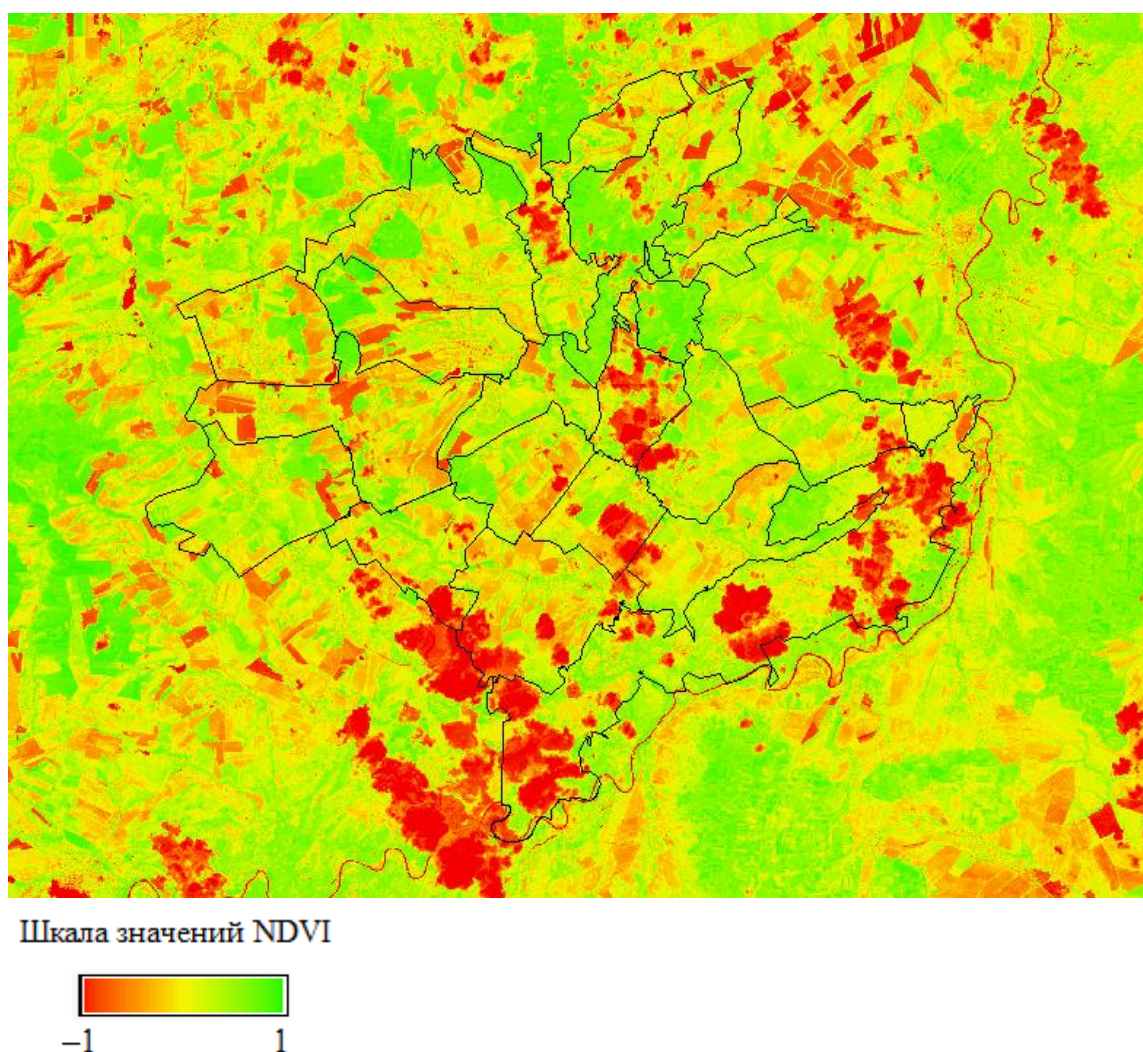


Рис. 1. Синтезированный растр распределения NDVI.

Поля, занятые теми или иными сельскохозяйственными культурами, определить сложнее, особенно из-за того, что период вегетации у разных культур различается, и максимум фитомассы приходится на разные даты [7]. Поэтому в качестве источника в работе использовалась схема полей сельскохозяйственных культур хозяйства «Красинское» Дубенского района за 2009 г. В ГИС была выполнена координатная привязка картосхемы, занятые сельскохозяйственными культурами поля оцифрованы. Для исследования изменений значений индекса NDVI за период вегетации были выделены тестовые участки.

Программное обеспечение растровых систем позволяет осуществлять статистический анализ рядов распределения, составленных по всем значениям элементов растра или из отдельных значений (попадающих в какую-либо исследуемую область) [4].

Далее с помощью инструмента «Зональная статистика в таблицу» модуля «Spatial Analyst» по значениям ячеек, лежащим в пределах выделенных зон (участков с разными культурами), была получена описательная статистика индекса – максимальное, минимальное и среднее значение, разброс, среднеквадратическое отклонение и сумма (рис. 2). Такие расчеты произведены на все даты съемок.

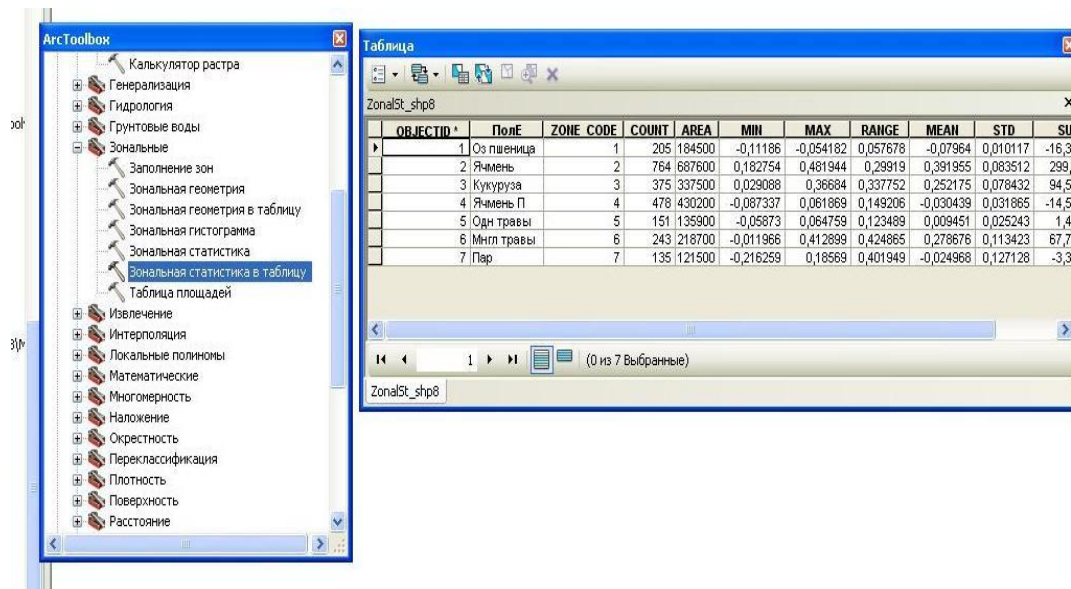


Рис. 2. Определение значений NDVI при помощи инструмента Spatial Analyst «Зональная статистика в таблицу».

На их основе была исследована динамика того или иного статистического показателя, рассчитанного по отдельным сельскохозяйственным культурам. Так, в таблице 1 представлено изменение средних значений изучаемого вегетационного индекса.

Таблица 1
Средние значения индекса NDVI сельскохозяйственных культур

Дата съемок \ Вид культуры	24 апреля	19 мая	4 июня	5 июля	23 августа	29 сентября
	Озимая пшеница	0,213	0,450	0,485	0,371	0,098
Кукуруза	0,064	0,146	0,260	0,398	0,300	0,136
Ячмень	0,068	0,082	0,172	0,474	0,362	0,019
Ячмень пивоваренный	0,172	0,383	0,391	0,353	0,180	0,147
Многолетние травы	0,071	0,196	0,443	0,474	0,318	0,360
Однолетние травы	0,152	0,400	0,486	0,409	0,320	0,404
Чистый пар	0,174	0,233	0,274	0,215	0,205	0,336

Картину варьирования различных числовых статистических характеристик значений индекса NDVI за вегетационный период более наглядно отображают графические изображения. На рисунке 3 продемонстрированы диаграммы, построенные по средним значениям индекса для отдельных культур.

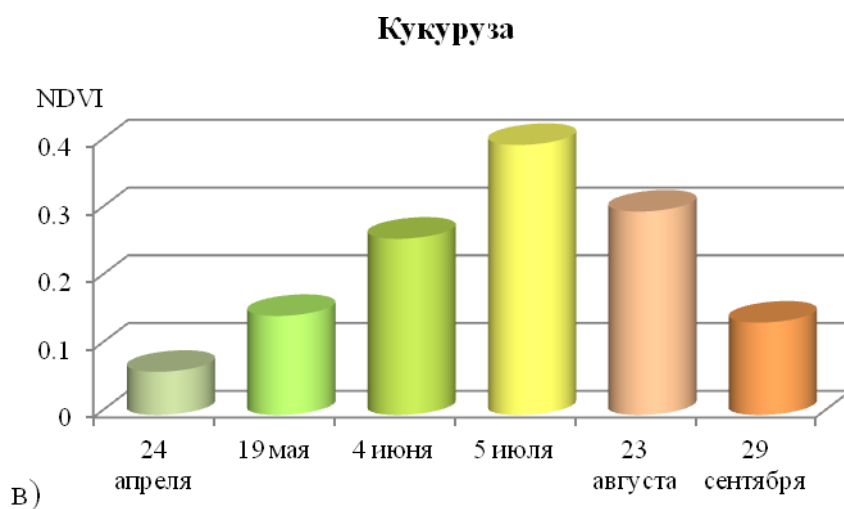
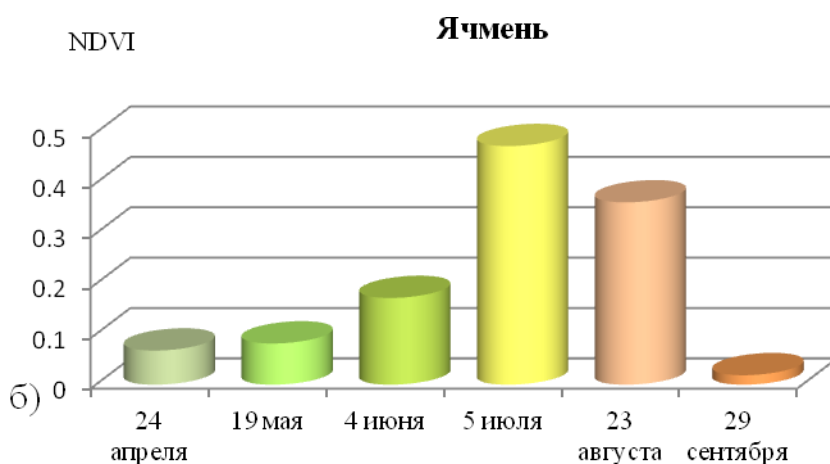
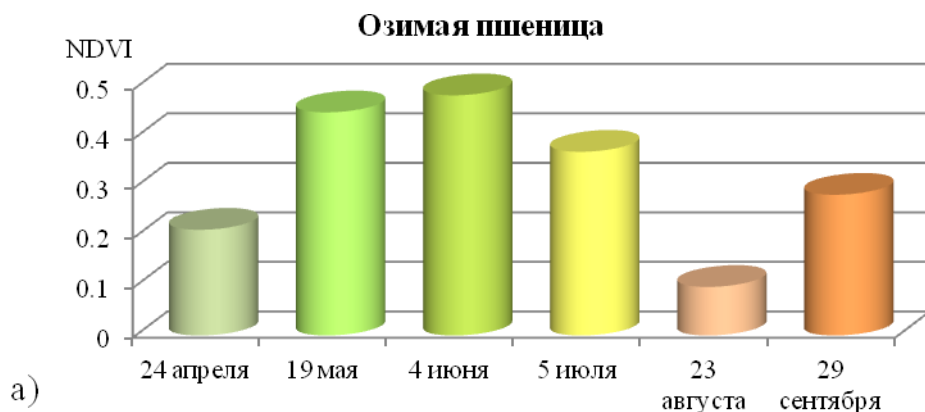


Рис. 3. Динамика значений NDVI на территории, занятой:
а) озимой пшеницей; б) ячменем; в) кукурузой.

Можно заметить, что минимумы и максимумы значений NDVI приходятся на разные даты из-за различной продолжительности вегетационного периода каждой культуры и количества фитомассы. Например, наибольшее значение NDVI озимой пшеницы приходится на вторую декаду июня, а кукурузы – на начало июля. Постепенный рост количества фитомассы наблюдается у ячменя и однолетних трав. Ровные значения чистого пара на протяжении всего вегетационного периода связаны с тем, что это открытая обрабатываемая почва [2], а увеличение значения NDVI в сентябре может быть теоретически связано с посевом озимых культур.

Значения NDVI связаны с месторасположением исследуемой территории, в частности, с экспозицией и углом наклона склонов. Для наглядности синтезированный растр со значениями NDVI на 23 августа был совмещен с отмывкой рельефа, построенной на основе глобальной цифровой модели рельефа SRTM (рис. 4). Видно, что в местах понижений (долинах рек, оврагах) значения NDVI больше.

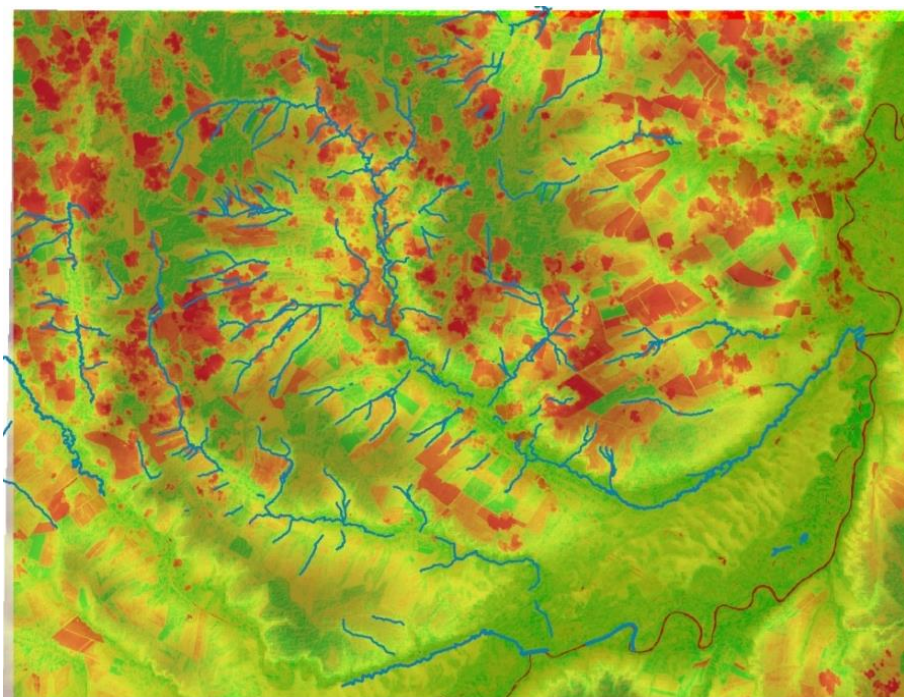


Рис. 4. Совмещение растра со значениями NDVI и светотеневой отмывки рельефа.

Помимо снимков Landsat для расчета значений NDVI можно использовать и другие ДДЗ, например, данные спектрорадиометра MODIS.

На основе рассчитанных разновременных значений NDVI могут быть построены различные карты [3], например, карты оценки сельскохозяйственных ресурсов региона, мониторинга посевов, оценка биомассы недревесной растительности, оценки эффективности мелиорации, оценка продуктивности пастбищ и др.

Проведенные исследования наглядно продемонстрировали возможность использования ГИС-пакета ArcGIS для обработки данных дистанционного зондирования Земли, в том числе для вычисления и анализа вегетационного индекса NDVI, важнейшей областью применения которого остается определение состояния посевов сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А. В., Дворкин Б. А. Перспективы применения данных ДЗЗ из космоса для повышения эффективности сельского хозяйства в России // Геоматика. – 2009. – № 4. – С. 46–49.
2. Антипов Т. И., Павлова А. И., Каличкин В. А. Примеры автоматизированных методов анализа геоизображений для агроэкологической оценки земель // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 40–44.
3. Белорусцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 1. – С. 57–64.
4. Ивлиева Н. Г. Создание карт с использованием ГИС-технологий: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 020501 (013700) «Картография». – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 124 с.
5. Манухов В. Ф., Варфоломеева Н. А., Варфоломеев А. Ф. Использование космической информации в процессе учебно-исследовательской деятельности студентов // Геодезия и картография. – 2009. – № 7. – С. 46–50.
6. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
7. Мозговой Д. К., Кравец О. В. Использование многоспектральных снимков для классификации посевов сельхозкультур // Экология и ноосфера. – 2009. – № 1-2. – С. 54–58.
8. Росяйкина Е. А., Ивлиева Н. Г. Управление данными дистанционного зондирования Земли в среде ГИС-пакета ArcGIS // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы 2-й Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014 г. / редкол.: В. Ф. Манухов (отв. ред.) и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 150–154.
9. Серебрянная О. Л., Глебова К. С. Обработка на лету и динамическое составление мозаик растровых изображений в ArcGIS: новое решение традиционных задач.

[Электронный ресурс] // ArcReview. – 2011. – № 4 (59). – Режим доступа:
<http://dataplus.ru/news/arcreview/>.

10. Чандра А. М., Гош. С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / пер. с англ. – М.: Техносфера, 2008. – 288 с.
11. Черепанов А. С. Вегетационные индексы // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98–102.