

Д.М. Шаймерденов¹, А.Б. Закирова¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан

ОБЩАЯ СТРУКТУРА, ТИПЫ И ФОРМАТЫ ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Аннотация

Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляют собой незаменимый инструмент изучения и постоянного мониторинга нашей планеты, помогающий эффективно использовать и управлять ее ресурсами. Современное развитие технологий ДЗЗ расширяет сферу их применения, охватывая все стороны нашей жизни. В данной статье изложены основные этапы становления технологий ДЗЗ, приведен обзор методов наблюдения за элементами окружающей среды, а также рассмотрены общая структура, типы и форматы цифровых данных ДЗЗ. Определены главные характеристики данных аэрокосмической съемки, рассмотрены способы хранения данных координатной привязки и форматы хранения данных. Приведены основные методы представления географических данных, а также описаны важные качества каждого из типа представления данных ДЗЗ. Проведен анализ интегрирования типов представления географических данных и определены главные преимущества интегрированного типа представления данных ДЗЗ.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, аэрокосмические методы наблюдения, пиксель, координатная привязка, растровые и векторные данные.

Аңдатпа

Д.М. Шаймерденов¹, А.Б. Закирова¹

¹Л. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ЦИФРЛІК ДЕРЕКТЕРДІҢ ЖАЛПЫ ҚҰРЫЛЫМЫ, ТҮРЛЕРІ МЕН ФОРМАТТАРЫ

Жерді қашықтықтан зондтау технологиялары (ЖҚЗ) біздің ғаламшарымызды зерттеу және үздіксіз бақылау үшін таптырмайтын құрал болып табылады, оның ресурстарын тиімді пайдалануға және басқаруға көмектеседі. Қашықтықтан зондтау технологиясының заманауи дамуы біздің өміріміздің барлық салаларын қамтитын оларды қолдану аясын кеңейтеді. Бұл мақалада ғарыштан ЖҚЗ технологиясы қалыптасуының негізгі кезеңдері баяндалған, қоршаған ортаның элементтерін байқау әдістеріне шолу көрсетілген, сонымен қатар ЖҚЗ цифрлік деректердің жалпы құрылымы, түрлері мен форматтары қарастырылды. Аэроғарыштық деректердің негізгі сипаттамалары анықталған, координаталық деректерді сақтау әдістері және деректерді сақтау форматтары қарастырылған. Географиялық деректерді ұсынудың негізгі әдістері ұсынылған, ал қашықтан қашықтықтан зондтау мәліметтерін ұсынудың әр түрінің маңызды қасиеттері сипатталған. Географиялық деректерді ұсыну түрлерінің интеграциясына талдау жасалды және қашықтықтан зондтау мәліметтерін интеграцияланған түрінің негізгі артықшылықтары анықталды.

Түйін сөздер: Жерді қашықтықтан зондтау, аэроғарыштық бақылау әдістері, пиксель, координаталық сілтеме, растрлық және векторлық мәліметтер.

Abstract

GENERAL STRUCTURE, TYPES AND FORMATS OF DIGITAL DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

Shaimerdenov D. ¹, Zakirova A. ¹

¹L. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Earth remote sensing technologies (ERS) are an indispensable tool for the study and continuous monitoring of our planet, helping to effectively use and manage its resources. The modern development of remote sensing technologies expands the scope of their application, covering all aspects of our lives. This article describes the main stages of the development of remote sensing technologies, provides an overview of methods for observing elements of the environment, and considers the General structure, types and formats of digital data for remote sensing of the Earth. The main characteristics of aerospace survey data are defined, methods of storing coordinate reference data and data storage formats are considered. The main methods for representing geographical data are given, and the important qualities of each type of remote sensing data representation are described. The analysis of integration types to represent geographic data and identified the principal benefits of an integrated data view ERS.

Keywords: remote sensing of the Earth, aerospace observation methods, pixel, coordinate binding, raster and vector data.

Материалы космической съемки, передаваемые спутниками дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), находят применение во многих отраслях – в сельском хозяйстве, гидрологических и геологических исследованиях, лесоводстве, планировке территорий, охране окружающей среды, образовательных, военных и разведывательных целях. Системы ДЗЗ позволяют за небольшой промежуток времени получить нужную информацию с больших территорий (в том числе труднодоступных и опасных участков).

Мониторингом называется систематическое наблюдение за объектом в целях прогноза изменений его состояния и управления этими изменениями. Применительно к такому объекту, как окружающая среда, в литературе встречаются различные дефиниции мониторинга.

Существующие методы мониторинга за элементами окружающей среды можно разбить на две большие группы:

- 1) контактные методы измерений;
- 2) дистанционные методы зондирования Земли.

К первой группе относятся как непосредственные измерения характеристик состояния окружающей среды, так и лабораторные измерения на основе предварительного отбора проб. Ко второй группе относятся различные дистанционные (неконтактные) способы измерений, в которых используют приборы, физически удаленные от исследуемых объектов [1].

Аэрокосмические съемочные системы поставляют снимки в аналоговой (фотографии), либо цифровой формах (данные, передаваемые на наземную станцию или фиксируемые на борту на магнитных носителях).

Аналоговый снимок – это дискретное полутоновое (черно-белое) или цветное изображение. Разработаны и нашли широкое применение методы их визуального географического дешифрирования.

Цифровые снимки представляют дискретное изображение, состоящее из множества отдельных элементов – пикселей. Их получают с помощью сканирующих систем на борту спутника или при ручной оцифровке аналоговых снимков в растровом формате. Растровые данные организованы в сетку строк и столбцов и представляют некоторую географическую область. Пиксель – это ячейка такой сетки и наименьшая часть цифрового изображения области. Значение каждой растровой ячейки – кодированная спектральная яркость или фотографическая плотность. Эти цифровые представления при отображении их на экране или при распечатывании образуют изображения. Цифровые снимки сохраняются в файлах данных, называемых также файлами изображений, компьютерных дисках, на магнитных лентах или в других средах. Одному пикселю изображения может быть связан с несколькими значениями файла данных, количество которых определяется используемым комплектом спектральных зон снимка.

Термин «пиксель» используется для обозначения элемента, как файла изображения, так и изображения на экране дисплея. Обычно один пиксель в файле соответствует одному дисплейному пикселю или элементу изображения на распечатке. Однако при увеличении или уменьшении изображения это соответствие теряет связи. Например, если изображение отображается с коэффициентом увеличения 2, то один пиксель в файле будет соответствовать 2x2 ячейкам на экране дисплея [2].

Растровые данные могут также представлять многоцветные изображения в палитре RGB (Red-Green-Blue) карты, составленные в результате обработки снимков, или отсканированные карты, которые будут содержать значения высот рельефа поверхности (гипсометрические данные) – это данные цифровой модели рельефа (ЦМР), созданные с использованием стереопар снимков, или импортированные из других источников.

Стандартный числовой тип записей цифровых снимков – бинарный байтовый, что соответствует правилам кодирования спектральной яркости. Как известно, в компьютерных программах используют также целые, действительные типы чисел и буквенно-цифровые символы (ASCII-коды).

Так как в большинстве случаев для обработки результатов аэрокосмической съемки применяются растровые географические информационные системные – пакеты (ГИС-пакеты), то зональные изображения рассматривают в них как слои информации, наряду с другими слоями базы данных. Эти слои могут использовать различающиеся от байтовых типы данных. Следовательно, необходимо знать числовые типы используемых данных, чтобы корректно отображать и обрабатывать информацию. К примеру, слой, представляющий высоты поверхности со значениями от -51.257 до 553.401, будет обрабатываться иначе, чем слой, содержащий информацию о размещении двух объектов – суши и воды, и использующий только 2 значения (0 и 1) для их идентификации [3].

Порядковые или номинальные данные используются для обозначения классов объектов или тем, поэтому такие слои называют тематическими. Тематические растровые слои, например, растительность, грунты, использование территорий и почвы могут быть организованы по результатам компьютерного дешифрирования снимков. В этом случае содержащийся в них пиксель имеет значение номера класса.

Файл изображения может представлять комбинацию тематических и непрерывных слоев или слоев одного типа. Исходные данные ЦМР, как правило, хранятся в ASCII-кодах. Числовые данные цветных изображений рассматривают как коды цвета. В разных программных пакетах для аддитивных составляющих цвета отводится разное число бит: это могут быть 8 бит (28 или 256 возможных значений) для каждого компонента, либо для всего цвета [4]. Соответственно, для интерпретации пикселя используется один байт, либо 3 байта (24 бита). Информация о координатной привязке обычно хранится в заголовке файла изображения, который может быть началом записи файла, или представляться отдельным файлом. Чаще всего в растровых ГИС-пакетах используются две основные системы координат:

- растровые (или файловые) координаты, показывающие местоположение пикселя в пределах изображения или файла данных;
- прямоугольные или географические координаты, показывающие место пикселя на карте.

Растровые координаты распределяют местоположение пикселей в упорядоченной сетке строк и столбцов. Они отображаются либо в номерах строк и столбцов, либо в плоских координатах (X, Y), где координата X соответствует столбцу сетки, Y - строке. Как правило, координаты (0,0) в первом случае имеет пиксель в левом верхнем углу изображения, во втором - это пиксель в левом нижнем углу, а значения координат других пикселей определяют с учетом размера пикселя (пространственного разрешения) [5].

Тип используемых координат определяется методом формирования файла (дистанционное зондирование, сканирование существующей карты и т.п.). Прямоугольные или географические координаты задают местоположение пикселей либо в плоской системе координат карты используемой проекции, либо в обозначениях географических координат (φ, λ).

К данным дистанционного зондирования Земли из космоса на станциях приема и обработки прикрепляются метаданные, которые содержат информацию о географических координатах углов кадров. Систему координат файла изображения можно трансформировать в систему координат выбранной карты аппаратно-программными средствами ГИС-пакета, т.е. получить геокодированные данные. Для того, чтобы правильно визуализировать изображения по цифровым записям, поставляемым пунктами приема информации, необходимо знать формат записи (структуру данных), а также число его строк и столбцов.

Используют следующие форматы, которые упорядочивают данные изображений как:

- последовательность зон (Band Sequential, BSQ);

В BSQ-формате каждый зональный снимок содержится в отдельном файле (рис. 1). Это удобно, когда нет необходимости работать сразу со всеми зонами, одну зону легко прочитывать и визуализировать, зональные снимки можно загружать в любом порядке по желанию.

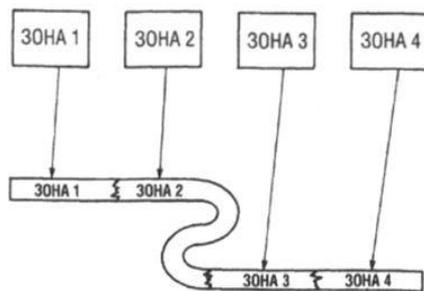


Рисунок 1. Форматы хранения данных.
Последовательность зон (BSQ)

В BIL формате хранения данных, где зоны сформированы по строкам (Band Interleaved by Line) зональные данные записываются в один файл строка за строкой, при этом зоны чередуются по строкам: 1-ая строка 1-ой зоны, 1-ая строка 2-ой зоны, ... 2-ая строка 1-ой зоны, 2-ая строка 2-ой зоны, ..., и.т.д. (рис. 2). Такая запись удобна, когда выполняется анализ одновременно всех зон [6]. В

ВIP-формате, где зоны чередуются по пикселям (Band Interleaved by Pixel) выполняется последовательное хранение зонального значения яркости каждого пикселя (рис. 3).

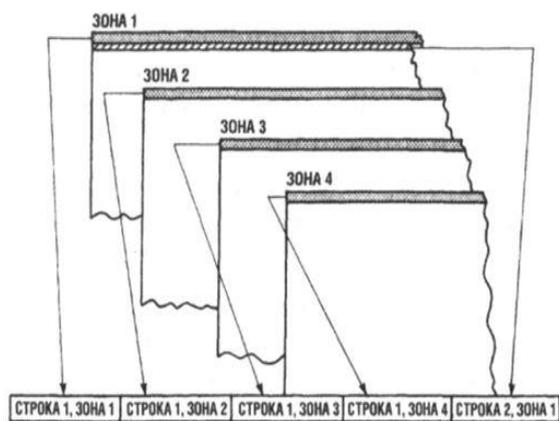


Рисунок 2. Форматы хранения данных.
Зоны, чередующиеся по строкам (BIL)

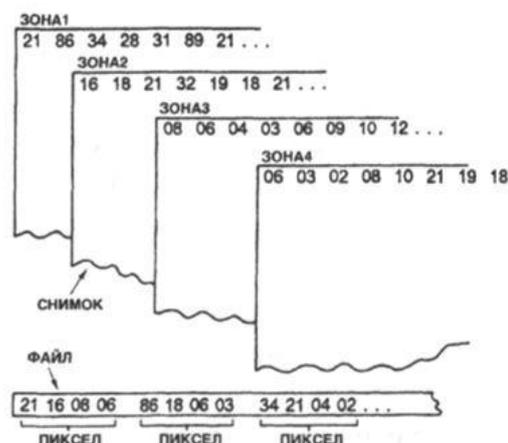


Рисунок 3. Форматы хранения данных

В вышеуказанном формате очередность зон со сжатием информации в файле осуществляется способом группового кодирования (например, в формате jpg). Такой формат называют совмещенным. Он удобен при осуществлении попиксельной обработки многозонального снимка, например, в алгоритмах классификации. Для сокращения объема растровой информации используется групповое кодирование. К примеру, вместо 9 нулевых значений в цифровой записи данных записывают код 90, если яркость 9 пикселей в строке снимка имеет значение 0. Подобные форматы удобны для пересылки по сети интернет и для хранения больших снимков, но вместе с тем для работы с такими данными необходимо иметь программное средство восстановления (распаковки) первоначальных данных. Файлы изображений обычно сопровождаются дополнительной информацией, относящейся к снимкам, например:

- описание файла данных (разрешение, число строк и столбцов, формат, и т.п.);
- статистические данные (например, характеристики распределения яркостей – максимальное, минимальное и среднее значения, дисперсия);
- данные о картографической проекции.

Существует два основных метода представления географических данных. Первый метод представления данных называется растровым и заключается в разделении исследуемого пространства на ячейки/элементы, как правило, равные по размеру. В результате получается регулярная сетка (растр, матрица, грид), каждый из ячейки которой определяется двумя координатами (X, Y или колонка, ряд) и аддитивным значением для каждой ячейки. Основными характеристиками растровых данных являются - разрешение сканирования, цветность (глубина цвета), если растровые данные географически привязаны, то к их характеристикам добавляются такие параметры как система координат и пространственное разрешение (разрешение на местности). Самым простым примером растровых данных является отсканированная карта.

Другими образцами растровых данных являются данные дистанционного зондирования, данные, фотографии, полученные в процессе растровых операций в других ГИС. Пример растрового типа данных представлен космическим снимком города Кокшетау и его окрестностей (рис. 4).



Рисунок 4. Растровый тип представления географических данных

В зависимости как изображение было получено и что оно содержит, каждый элемент изображения имеет определенное значение. К примеру, если снимок был получен со спутника, каждый его пиксель представляет собой трансформированное в цифровое значение определенное количество световой энергии, отраженной от участков земной поверхности и попавшей на чувствительную ячейку матрицы прибора (сенсор). Производные растровые данные в каждой ячейке могут содержать информацию о температуре воздуха и почвы, о высоте над уровнем моря в данной точке, о плотности популяции вида на кв. км и т.д. Растровые данные очень удобное средство для управления информацией о непрерывных признаках, имеющих значение в каждой точке зондируемой поверхности (таких как влажность, температура, давление и т.д.).

Векторный метод интерпретации пространственных объектов распределяет все объекты на элементы – узлы, имеющие свои координаты, и соединяющие их арки. Атрибутивная информация может сопоставляться как с самими элементами (линиями, узлами), так и с составленными из этих элементов целыми объектами [7]. Векторные данные могут состоять из различных слоев: точек, линий и полигонов. Данный тип представления данных занимает значительно меньше места в базе данных ввиду простоты своей структуры. Пример векторного типа данных представлен векторным слоем географических данных города Кокшетау и его окрестностей (рис. 5).

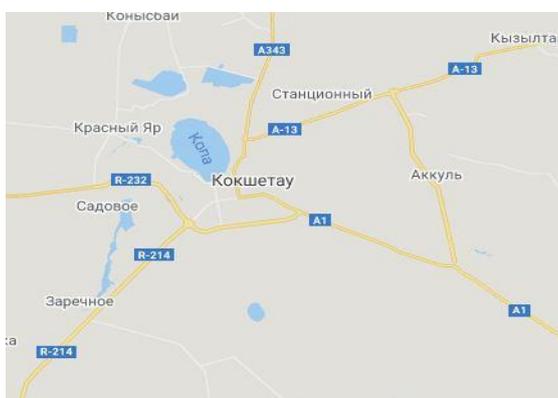


Рисунок 5. Векторный тип представления географических данных

В свою очередь, векторные данные обычно импортируются в ГИС-пакет, либо получаются методом экранной оцифровки изображения посредством мыши. Этот метод называют оцифровкой по растровой подложке.

Его применяют для тех же целей, что и оцифровки с помощью дигитайзеров:

- выделения границ административных районов, водоемов, дорог;
- выбора эталонов для классификации объектов;
- выделения границ областей, представляющих интерес для использования в различных задачах.

Слияние в одной системе двух типов данных - растровых и векторных - важное преимущество ГИС-пакетов, содержащих процедуры обработки изображений (рис. 6). Векторные данные представляются набором таблиц, содержащих последовательности атрибуты и пар координат объектов, наложенных на растровый вид данных.

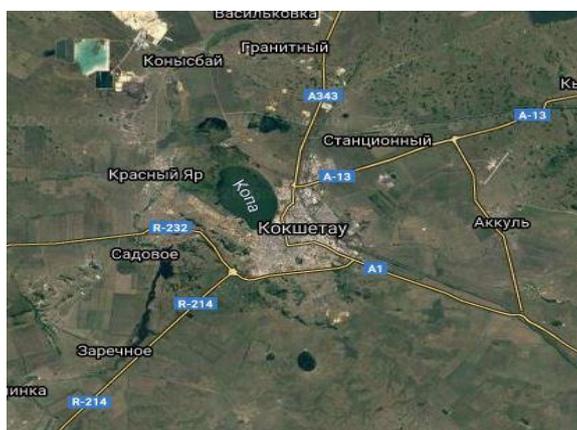


Рисунок 6. Интегрирование типов представления географических данных

Совместное применение интегрирования растровых и векторных слоев способствует:

- обеспечению объектов векторной карты атрибутивной информацией, полученной по снимкам;
- более истинному описанию свойств объектов, отразившихся на снимке;
- добавлению других атрибутов объектов к спектральным признакам.

В заключение следует отметить, что основной задачей ближайшего будущего будет являться комплексная интеграция результатов съемок, получаемых от всех источников дистанционного зондирования. Такая интеграция будет наиболее эффективной при целесообразном подходе к выбору типа, формата и способов хранения цифровых данных дистанционного зондирования Земли, а также правильном выборе типа представления географических данных и использовании преимуществ их интегрирования.

Список использованной литературы:

- 1 Горшенин А.Е., Кондратенко С.А., Осадчук Р.Н., Перегуда А.М. Космические методы дистанционного зондирования Земли: Учебное пособие // Житомир: ЖВИ НАУ – 2011. – 280с.
- 2 Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2011. – 336 с.
- 3 Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. - М.: Издательство А и Б, 1997. - 296 с.
- 4 Воробьева А. А. Дистанционное зондирование земли. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 168 с.
- 5 Кашкин, В. Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. – Электрон. дан.(10 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Цифровая обработка аэрокосмических изображений: УМКД № 54-2007 / рук. творч. коллектива В. Б. Кашкин). – 1 электрон. опт. диск (DVD).
- 6 Географические информационные системы и дистанционное зондирование. - URL: <https://gis-lab.info/docs/giscourse/12-raster.html> (Дата обращения - 08.05.2020)
- 7 Болсуновский М.А. Перспективы развития мировой группировки и использования данных ДЗЗ 2018. - URL: <https://aboutsacejournal.net/2018/04/26/> (Дата обращения - 09.05.2020)

References:

- 1 Gorshenin A.E., Kondratenko S.A., Osadchuk R.N., Pereguda A.M. Kosmicheskie metody distancionnogo zondirovaniya Zemli: Uchebnoe posobie Zhitomir: ZhVI NAU 280.
- 2 Knizhnikov Ju.F., Kravcova V.I., Tutubalina O.V. (2011) Ajerokosmicheskie metody geograficheskikh issledovanij. M.: Akademija, 336.
- 3 Garbuk S.V., Gershenzon V.E. (1997) Kosmicheskie sistemy distancionnogo zondirovaniya Zemli. M. Izdatel'stvo A i B, 296.
- 4 Vorob'eva A. A. (2012) Distancionnoe zondirovanie zemli. SPb.: NIU ITMO, 168.
- 5 Kashkin, V. B. (2007) Cifrovaja obrabotka ajerokosmicheskikh izobrazhenij. Versija 1.0 [Jelektronnyj resurs] jelektron. ucheb. posobie V. B. Kashkin, A. I. Suhinin. Jelektron. dan.(10 Mb) Krasnojarsk : IPK SFU, (Cifrovaja obrabotka ajerokosmicheskikh izobrazhenij: UMKD № 54 ruk. tvorch. kollektiva V. B. Kashkin). – 1 jelektron. opt. disk (DVD).
- 6 Geograficheskie informacionnye sistemy i distancionnoe zondirovanie. - URL: <https://gis-lab.info/docs/giscourse/12-raster.html> (Data obrashhenija - 08.05.2020)
- 7 Bolsunovskij M.A. (2018) Perspektivy razvitija mirovoj gruppirovki i ispol'zovanija dannyh DZZ. URL: <https://aboutsacejournal.net/2018/04/26/> (Data obrashhenija - 09.05.2020)