

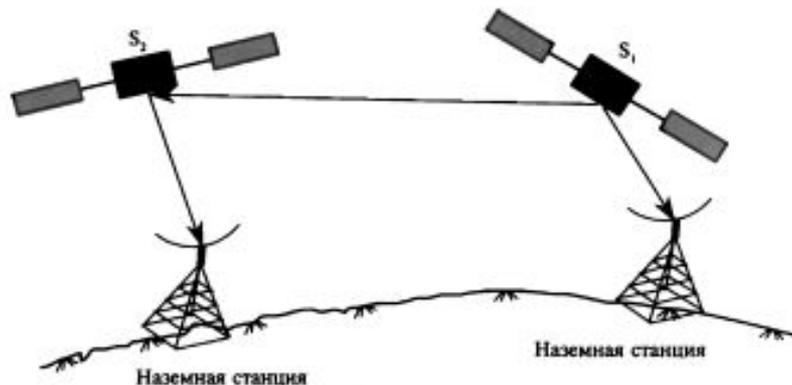
Космические снимки

Старший преподаватель: Какимжанов Еркин Хамитович

Данные дистанционного зондирования, которые распространяются сегодня на коммерческой основе, получены с помощью различных съемочных систем и спутников. Поэтому очень важно, чтобы пользователи данных были хорошо осведомлены о форматах записи, видах коммерческой продукции и ее характеристиках. В этой главе все эти аспекты рассматриваются на примере данных, которые получают со спутников IRS и предоставляют пользователям как в цифровом формате, так и в виде обычных снимков.

Получение, передача и обработка данных

Существует три основных способа передачи данных со спутника на Землю. Первый способ — это прямая передача данных на наземную станцию, которая находится в зоне прямой видимости спутника (рис. 4.1). Если прямая передача невозможна, можно воспользоваться вторым способом: полученные данные сохраняются на спутнике, а затем передаются с некоторой задержкой по времени на Землю. Наконец, третий способ передачи данных основан на использовании системы геостационарных спутников связи TDRSS (Tracking and Data Relay, Satellite Relay, Satellite) спутника на d_1 них не окажется



ся с одного
ости одного из

После того как данные в исходном формате поступают на наземную станцию, выполняется их обработка, в результате которой устраняются систематические ошибки и геометрические искажения, а также искажения, связанные с влиянием атмосферы. Затем данные преобразуются к стандартному цифровому формату и записываются на магнитную ленту или компакт-диск. Как правило, архивы данных формируются на наземных станциях, а базы данных ДЗ находятся в ведении либо государственных организаций (например, NRSA в Индии), либо коммерческих компаний (например, EOSAT в США).

Благодаря быстрой обработке данных космические снимки относительно низкого разрешения предоставляются пользователям уже через несколько часов после выполнения съемки. Такие снимки применяются, в частности, для контроля за ледовой обстановкой во время арктической навигации. Другим примером является съемка в инфракрасном диапазоне, которая используется для борьбы с лесными пожарами. В этом случае обработка данных в режиме реального времени позволяет передавать данные непосредственно тем людям, которые участвуют в тушении пожара.

Данные дистанционного зондирования

Данные дистанционного зондирования называют по традиции снимками, хотя это может привести к некоторой путанице. Традиционный фотоснимок — это представление объекта или сцены на пленке, которое получают с помощью фотокамер. При современном дистанционном зондировании используют сканирующие системы, которые работают в очень узком диапазоне электромагнитного спектра и регистрируют информацию об определенных свойствах объекта в цифровом виде.

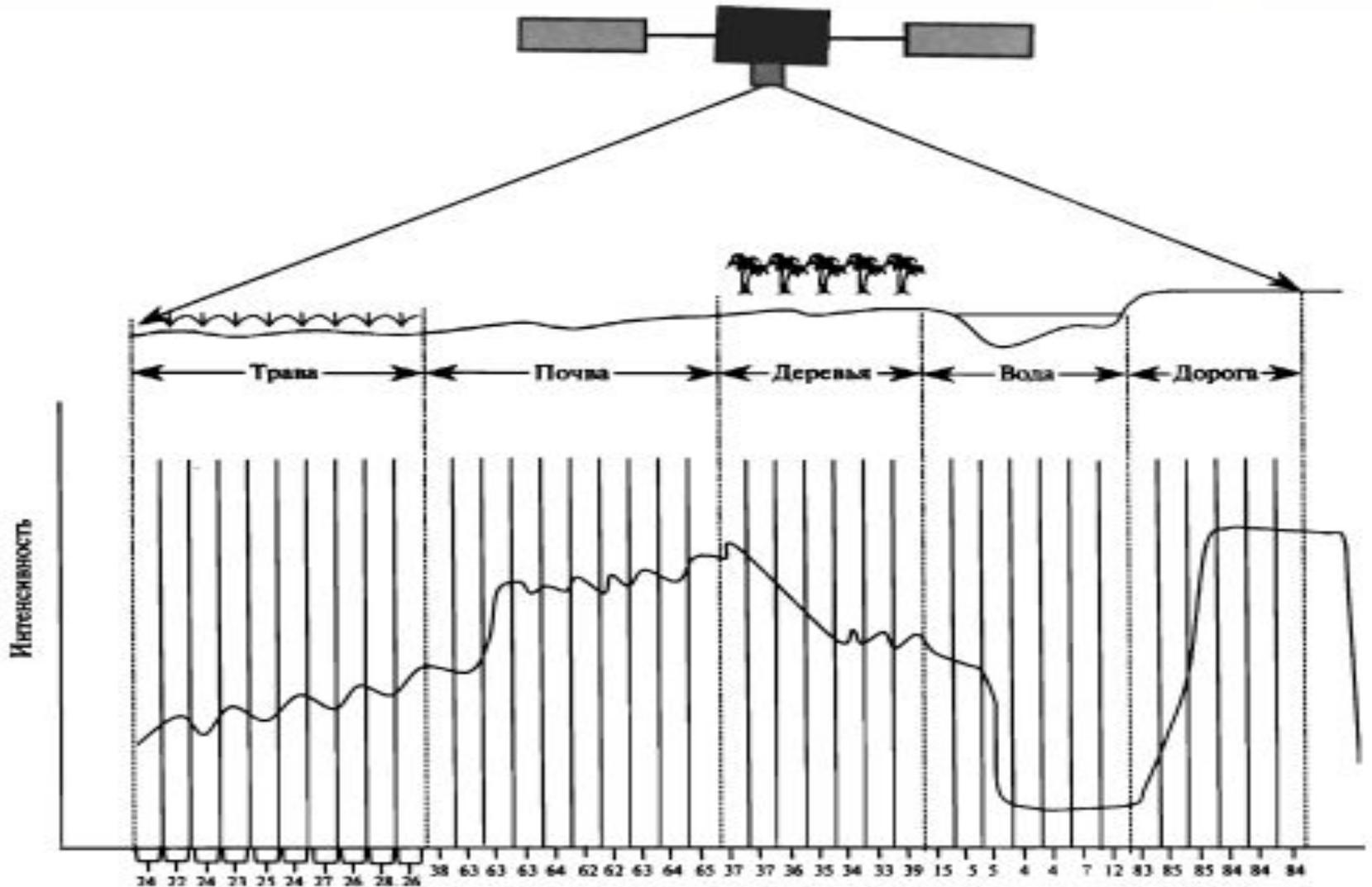
Вместе с тем, следует отметить, что, несмотря на изначально цифровой характер данных ДЗ, они предоставляются пользователям как в цифровой, так и в аналоговой форме.

Цифровые данные

В процессе сканирования сенсором генерируется электрический сигнал, интенсивность которого изменяется в зависимости от яркости участка земной поверхности. При многозональной съемке различным спектральным диапазонам соответствуют отдельные независимые сигналы. Каждый такой сигнал непрерывно изменяется во времени, и для последующего анализа его необходимо преобразовать в набор числовых значений. Для преобразования непрерывного аналогового сигнала в цифровую форму его разделяют на части, соответствующие равным интервалам дискретизации. Сигнал в пределах каждого интервала описывается только средним значением его интенсивности, поэтому вся информация о вариациях сигнала на этом интервале теряется. Таким образом, величина интервала дискретизации является одним из параметров, от которого напрямую зависит разрешающая способность сенсора. Следует также отметить, что для цифровых данных обычно выбирают не абсолютную, а относительную шкалу яркостей, поэтому эти данные не отражают истинных радиометрических значений, полученных для данной сцены.

Еще одним параметром, от которого зависит разрешение снимка, является способ записи числовых значений. Для записи каждого числа используется ряд двоичных ячеек, которые называются битами. Рассмотрим в качестве примера семибитовую форму записи.

Схематическое представление преобразования исходных данных в значения пикселов



Двоичная форма записи удобна для хранения данных на дисках и магнитных лентах, а также для последующего компьютерного анализа. Набор таких данных обычно называют значениями пикселей или значениями яркости.

Следует отметить, что диапазон яркости на цифровом изображении зависит от количества бит, отведенного для записи чисел. Так, при шестибитовой форме записи максимальное количество значений яркости равно 64, при семибитовой — 128, а при восьмибитовой — 256. При этом, яркость каждого пикселя в этих трех случаях может принимать значения от 0 до 63, от 0 до 127 и от

Форматы записи данных

Формат записи данных должен быть удобен для их считывания и анализа. В дистанционном зондировании в основном применяют следующие три формата:

Формат BIP (Band Interleaved by Pixel).

Формат BIL (Band Interleaved by Line).

Формат BSQ (Band Sequential).

Формат BIP является одним из первых форматов хранения данных. Он основан на попиксельном способе записи информации, при котором пиксели с одинаковым номером, соответствующие разным каналам съемки, располагаются в записи подряд. Пример схемы записи в этом формате приведен на рис. 4.3, где L_n , P_n и B_n обозначают, соответственно, строку, пиксел и диапазон, а $n = 1, 2, 3$. В этом примере набор данных состоит из двух строк по два пиксела каждая для трех различных каналов съемки. Последовательность записи данных в формате BIP показана на рис. 4.4.

Хотя в некоторых ситуациях этот формат оказывается полезным, для большинства практических задач, в которых объем данных, как правило, очень велик, формат BIP непригоден. Использование данного

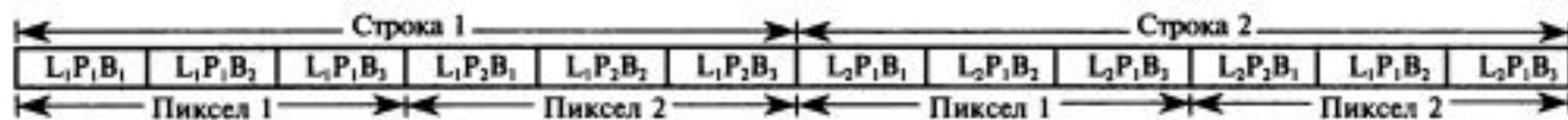


Рис. 4.4. Формат ВІР (L — строка, P — пиксел, V — канал)

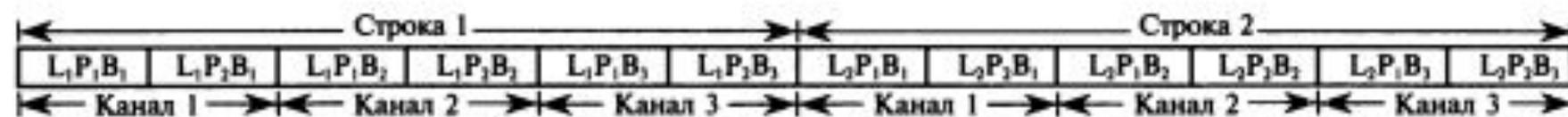


Рис. 4.5. Формат ВІL (L — строка, P — пиксел, V — канал)

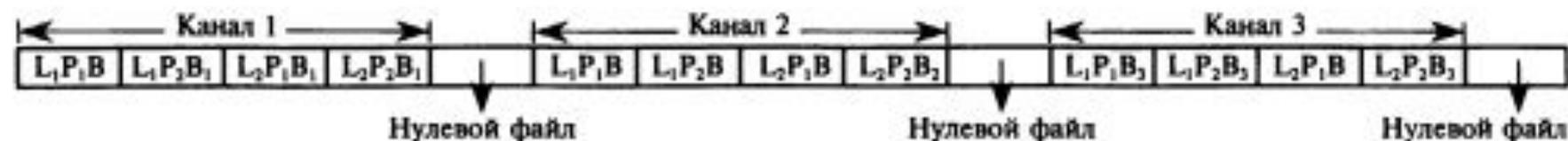


Рис. 4.6. Формат ВSQ (L — строка, P — пиксел, V — канал)

Коммерческая продукция

Данные со спутников поступают на наземные станции в цифровом формате. Тем не менее, потребители могут получать их в виде обычных снимков. В настоящем разделе описываются различные виды данных, которые поставляются индийским Национальным агентством по дистанционному зондированию (NRSA).

Наборы данных NRSA

Вся продукция, как стандартная, так и специальная, может быть предоставлена пользователям в двух форматах: в цифровом виде и в виде бумажных снимков. Стандартную продукцию составляют данные, прошедшие радиометрическую и геометрическую коррекцию. Специальная продукция проходит, помимо этого, дополнительную обработку.

Уровни обработки данных ДЗ

Уро- вень	Тип обработки
0	Необработанные (исходные) данные
1	Радиометрическая и геометрическая коррекция для целей быстрого просмотра
2	Радиометрическая и геометрическая коррекция (стандартная продукция)
3	Специальная обработка стандартной продукции уровня 2 (например, слияние снимков или улучшение их качества)

Коррекция исходных данных

Радиометрическая коррекция

Выделяют следующие причины появления радиометрических искажений:

Неоднородность отклика детекторов и их различных элементов.

Неисправность элементов детектора.

Потеря данных при их передаче, архивировании или извлечении из архива.

Узкий динамический диапазон.

Непостоянство параметров съемки от снимка к снимку.

При радиометрической коррекции отклики всех элементов сенсора нормализуются с помощью специальной таблицы соответствия (LUT, Look-Up- Table), при построении которой опорным значением служит наименьшая интенсивность сигнала на снимке. Это же значение можно использовать и для обратного преобразования нормализованных данных в исходные абсолютные единицы.

Пропуски в строках снимка устраняются путем усреднения значений

Геометрическая коррекция

Ниже перечислены различные виды искажений и их причины.

Искажения геометрических параметров сцены съемки, вызванные вращением Земли и ее формой.

Искажения, обусловленные геометрией фокальной плоскости сенсора, положением оптической оси относительно ориентации космического аппарата, а также ошибки, связанные с многозональностью и многоэлементностью съемки, различиями в параметрах элементов камеры и отклонением оси съемки.

Искажения, связанные с ориентацией снимка относительно направления движения спутника, ошибки, возникающие из-за изменения высоты орбиты, скорости сканирования и направления осей космического аппарата.

Искажения, вызванные неправильной оценкой ориентации осей спутника, ошибками калибровки измерения высоты и угла отклонения оси съемки, а также ошибками синхронизации бортовой и наземной шкал времени.

Для геометрической коррекции используют динамическую модель съемки, с помощью которой снимок трансформируется из собственной системы координат в систему координат наземной станции.

После радиометрической коррекции координаты всех точек исходного растра преобразуются из исходной системы координат (строка, пиксел) в географическую (широта, долгота). Затем для выбранной пользователем области задается сетка (растр) в пространстве выходных данных и рассчитываются координаты точек этой сетки в исходной системе координат путем интерполяции ранее полученных значений. Заключительный этап состоит в вычислении уровней серого цвета для всех точек выходного растра с помощью повторной дискретизации исходного снимка.