

# ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ LANDSAT В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Н.А. Куртушин, С.Ю. Чупин

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, профессор кафедры АСУ, д.т.н.*

**Проект ГПО АСУ-1306 Обработка спутниковых данных**

Задачи оперативного спутникового контроля природных ресурсов, исследования динамики протекания природных процессов и явлений, анализа причин, прогнозирования возможных последствий и выбора способов предупреждения чрезвычайных ситуаций являются на современном этапе неотъемлемым атрибутом методологии сбора информации о состоянии интересующей территории (страны, края, города), необходимой для принятия правильных и своевременных управленческих решений.

Программа Landsat — наиболее продолжительный проект по получению спутниковых фотоснимков планеты Земля. Данные, получаемые при помощи Landsat, используются при решении большого числа тематических задач, включая, например, измерение протяженности и классификация растительного покрова, определение состояния сельскохозяйственных культур, геологическое картирование, контроль эрозии почв в береговой зоне и т.д. Наиболее актуальные спутниковые данные получают со спутника Landsat 8, американского спутника дистанционного зондирования Земли, восьмого в рамках программы Landsat (седьмой выведенный на орбиту). Изначально назывался Landsat Data Continuity Mission (LDCM), создан совместно NASA и USGS. Выведен на орбиту 11 февраля 2013 года.

Landsat 8 получает изображения в видимом диапазоне волн, в ближнем ИК и в дальнем ИК, с разрешением снимков от 15 до 100 метров на точку. Производится съемка суши и полярных регионов. В сутки снимается порядка 400 сцен (у предыдущего Landsat-7 было всего 250 сцен в день). Снимки Landsat 8 находятся в открытом доступе на сайте [NASA earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov).

Параметры продукции Landsat 8:

- Уровень обработки: 1T (коррекция рельефа)
- Формат изображений: GeoTIFF
- Размер пикселя: 15 метров/30 метров/100 метров (панхроматический канал/ мультиспектральный канал/ дальний ИК)
- Проекция: UTM, также полярная стереографическая для Антарктиды
- Система координат: WGS 84

Landsat 8 осуществляет съемку в 11 спектральных диапазонах:

Таблица 1.1 – Спектральные диапазоны Landsat 8

| Спектральный канал             | Длины волн        | Разрешение |
|--------------------------------|-------------------|------------|
| Канал 1 — Побережья и аэрозоли | 0.433 — 0.453 мкм | 30 м       |
| Канал 2 — Синий                | 0.450 — 0.515 мкм | 30 м       |
| Канал 3 — Зеленый              | 0.525 — 0.600 мкм | 30 м       |
| Канал 4 — Красный              | 0.630 — 0.680 мкм | 30 м       |
| Канал 5 — Ближний ИК           | 0.845 — 0.885 мкм | 30 м       |
| Канал 6 — Ближний ИК           | 1.560 — 1.660 мкм | 30 м       |
| Канал 7 — Ближний ИК           | 2.100 — 2.300 мкм | 30 м       |
| Канал 8 — Панхроматический     | 0.500 — 0.680 мкм | 15 м       |
| Канал 9 — Перистые облака      | 1.360—1.390 мкм   | 30 м       |
| Канал 10 и 11 - тепловое ИК    | 11000-13000 мкм   | 30 м       |

Каждый спектральный канал Landsat 8 является изображением в градациях серого, с глубиной цвета 16 бит /пиксел, в отличие от канала Landsat 7, где глубина цвета составляла 8 бит.

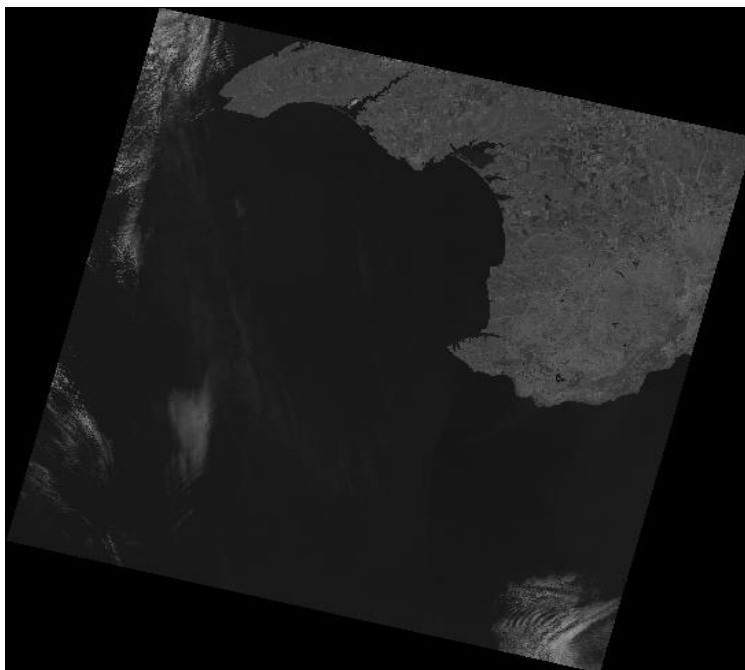


Рисунок 1.1 – 5 канал снимка Landsat 8

Используя полученные каналы снимка можно создавать цветные комбинированные изображения для различных целей. Например, комбинация каналов 5-4-3 обладает большой информативностью и точностью для задач дифференциации растительного покрова и заселённых территорий. Плотный красно-розовый цвет является показателем насыщенности хлорофилла (растительности). Ниже предоставлена комбинация каналов снимка Томской и Новосибирской областей в июле 2013 года:

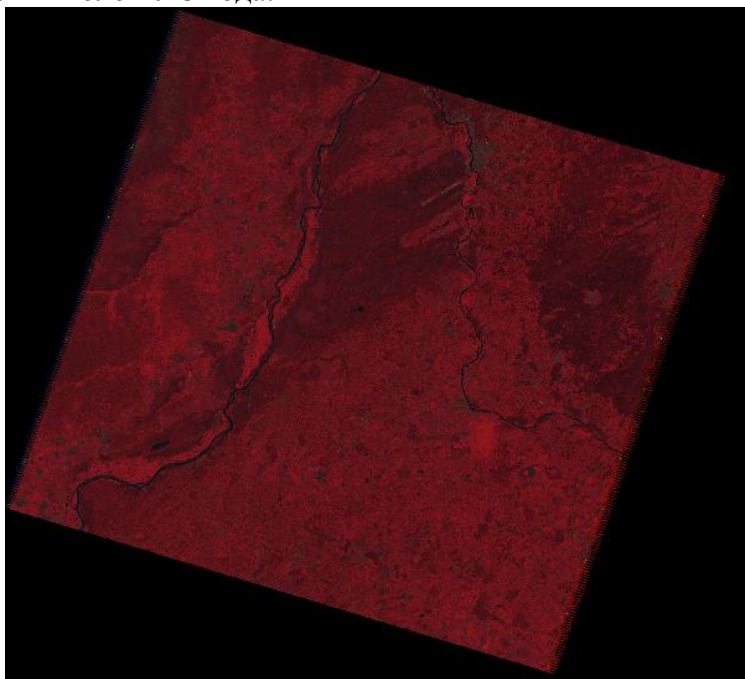


Рисунок 1.2 – комбинация каналов 5-4-3 снимка Landsat 8

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. На основе комбинации значений яркости в

определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов.

Одним из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова, является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - нормализованный относительный индекс растительности) – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, а RED – отражение в красной области спектра. Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

Используя снимок Landsat 8, NDVI вычисляется на основании канала 4 (красный) и 5 (ближний инфракрасный).

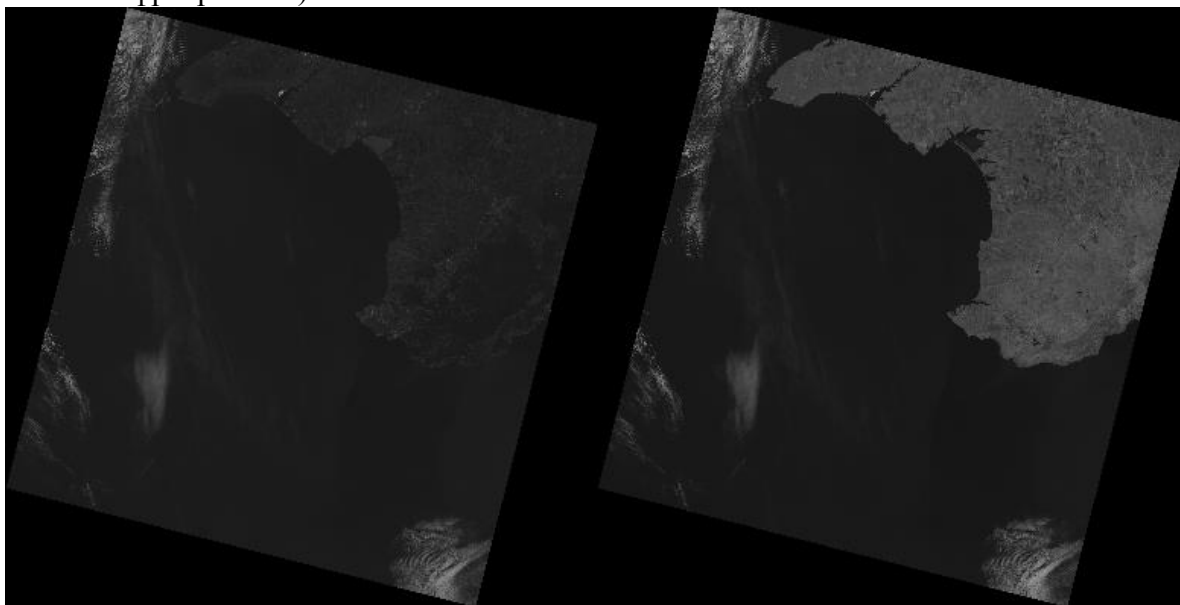


Рисунок 1.3 – красный (слева) и ближний инфракрасный канал Landsat 8

Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная непрерывная градиентная или дискретная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1 до 1 в процентах или в так называемой масштабированной шкале в диапазоне от 0 до 255. Благодаря особенности отражения в красной – ближней инфракрасной областях спектра, природные

объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, (что позволяет использовать этот параметр для их идентификации):

Таблица 1.2 – Значения NDVI для фотосинтетически неактивных объектов

| Тип объекта                              | Отражение в красной области спектра | Отражение в инфракрасной области спектра | Значение NDVI |
|--|-------------------------------------|--|---------------|
| Густая растительность                    | 0.1                                 | 0.5                                      | 0.7           |
| Разряженная растительность               | 0.1                                 | 0.3                                      | 0.5           |
| Открытая почва                           | 0.25                                | 0.3                                      | 0.025         |
| Облака                                   | 0.25                                | 0.25                                     | 0             |
| Снег и лед                               | 0.375                               | 0.35                                     | -0.05         |
| Вода                                     | 0.02                                | 0.01                                     | -0.25         |
| Искусственные материалы (бетон, асфальт) | 0.3                                 | 0.1                                      | -0.5          |

Используя формулу (1.1) вычисляется значение NDVI для каждого пиксела и строится изображение в соответствии с дискретной шкалой NDVI на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – дискретная шкала NDVI

Ниже представлен фрагмент изображения – визуализации NDVI снимка Томской области (на фрагменте виден город Томск) в июле 2013 года.

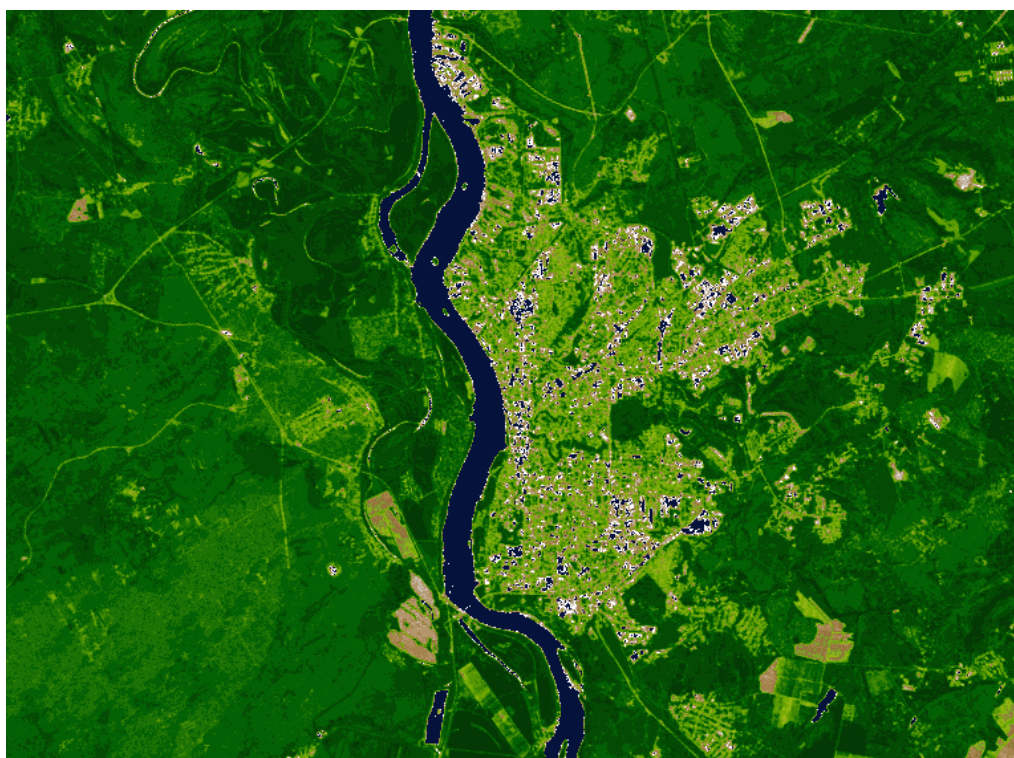


Рис. 1.5 – карта NDVI фрагмента Томской области

При решении задач дистанционного зондирования, используя индекс NDVI, следует принять во внимание его недостатки:

Недостатки использования NDVI-индекса:

- Невозможность использования данных, не прошедших этап радиометрической коррекции (калибровки);
- Погрешности, вносимые погодными условиями, сильной облачностью и дымкой - их влияние можно частично скорректировать использованием улучшенных коэффициентов и композитных изображений с сериями NDVI за несколько дней, недель или месяцев (MVC - Maximum Value Composite). Усредненные значения позволяют избежать влияния случайных и некоторых систематических погрешностей. Как показывает практика, это очень часто применяемый подход для подготовки данных для создания карт NDVI.
- Необходимость для большинства задач сравнения полученных результатов с предварительно собранными данными тестовых участков (эталонов), в которых должны учитываться сезонные эколого-климатические показатели, как самого снимка, так и тестовых площадок на момент сбора данных. Особенно значимыми данные материалы становятся при расчетах продуктивности, запасах биомассы и прочих количественных показателях.
- Возможность использования съемки только времени сезона вегетации для исследуемого региона. В силу своей привязанности к количеству фотосинтезирующей биомассы, NDVI не эффективен на снимках, полученных в сезон ослабленной или невегетирующей в этот период растительности.

Таким образом, главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач. Так, NDVI часто используется как один из инструментов при проведении более сложных типов анализа, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон, почвенные, аридные, фито-гидрологические, фенологические и другие эколого-климатические карты. Также на его основе возможно получение численных данных для использования в расчетах оценки и прогнозирования урожайности и продуктивности, биологического разнообразия, степени нарушения и ущерба от различных стихийных бедствий, техногенных аварий и т. д.

### **Литература**

1. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. М.: Логос, 2001. – 264 с.
2. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издательство А и Б, 1997. — 296 с.
3. Географические информационные системы и дистанционное зондирование <http://gis-lab.info/>