**Синтез растровых изображений на основе данных спутниковой съемки (Landsat-8)**

Исходные данные:

|  |  |
| --- | --- |
| Спектральные каналы снимка | Названия снимка |
| Band 1 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B1.TIF |
| Band 2 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B2.TIF |
| Band 3 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B3.TIF |
| Band 4 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B4.TIF |
| Band 5 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B5.TIF |
| Band 6 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B6.TIF |
| Band 7 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B7.TIF |
| Band 8 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B8.TIF |
| Band 9 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B9.TIF |
| Band 10 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B10.TIF |
| Band 11 | LC08\_L1TP\_188022\_20211101\_20211109\_01\_T1\_B11.TIF |

**О комбинировании спектральных каналов**

В зависимости от типа исследуемых по снимкам (картографируемых) объектов используются различные комбинации спектральных каналов, обеспечивающие максимальную различимость объектов по отношению к фону. В ряде случаев комбинации каналов применяются последовательно с целью поэтапного отделения объектов и их свойств. Стандартная комбинация в «естественных цветах» подразумевает размещение каналов R, G, B в соответствующих позициях (слотах) многоканального растра, рассматриваемого на экране компьютера (визуальное дешифрирование), либо обрабатываемого машинными методами классификации (автоматизированное дешифрирование). При визуальном дешифрировании на три слота растра могут помещаться любые спектральные каналы (особенно информативны ближний и средний ИК диапазоны), либо что-то еще – например, каналы разновременных снимков, результат расчета вегетационного индекса и т.п. При автоматизированном дешифрировании число каналов в многоканальном растре может быть больше трех.

|  |
| --- |
| **Спектральные каналы спутника ДЗЗ «Landsat-8»** |
| **Канал 1 (Coastal/Aerosol)** – голубой и фиолетовый. Сильно рассеивается пылью и частицами атмосферы, используется для обнаружения дыма и тумана. Обеспечивает оценку «здоровья» биосферы океана по степени яркости.  **Каналы 2, 3, 4 (Blue, Green, Red)** – видимые цвета спектра.  **Канал 5 (Near Infrared, NIR)** – невидимый ближний ИК канал. Обеспечивает оценку состояния растительности суши по степени яркости, что обусловлено сильным отражением здоровой растительности.  **Каналы 6, 7 (Shortwave Infrared, SWIR-1/2)** – инфракрасные каналы. Излучение сильно поглощается водой. Данные используются для различения видов растительности и почвы, облаков, снега и льда.  **Канал 8 (Panchromatic)** обеспечивает максимальное пространственное разрешение 15 м/пиксел.  **Канал 9 (Cirrus)** обеспечивает различимость перистых и кучевых облаков.  **Каналы 10, 11 (Thermal Infrared, TIR-1/2)** – каналы дальнего ИК (теплового) диапазона, дающие информацию о температуре поверхности Земли. |

Для исследований объектов на поверхности Земли наиболее востребованы каналы с номерами 1-7 с разрешением 30 м/пикс, общее число комбинаций которых составляет 343. Визуально эти комбинации можно оценить с помощью интерактивного инструмента [LANDSAT-8 Base Combinations.URL:http://www.geocarto.com.hk/edu/PJ-BCMBLSAT/main\_BCLS.html (дата обращения – 10.04.2020)]. Основные комбинации, их свойства и фрагменты снимков представлены ниже.

|  |
| --- |
|  |
| Примеры различных комбинаций каналов снимка Landsat-8 |

**Синтез спектральных каналов спутникового изображения.**

Применив инструментарий ГИС завершите заполнение таблицы исходных данных.

**Синтез каналов 4-3-2** (Red, Green, Blue), «естественные цвета». Применяется для анализа состояния водных объектов, оценки глубины и изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4-5-1. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, здесь трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв. Объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля – светлыми, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми, береговые линии – белесыми.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Пользовательский интерфейс ArcGIS(слева) и ГИС QGIS (справа),  предназначенные для комбинирования каналов растров | |

Выполните синтезирование изображения в естественных цветах. Примените растяжку для улучшения изображения. Тип: ср. кв. отклонение, с коэффициентом n = 2. Примените растяжку гаммы (0,4; 0,4; 0,4) (вариант).

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Истинный.jpg |

Для увеличения пространственного разрешения полученного выше изображения с 30 м до 15 метров выполните процедуру **паншарпенинга**, применив для этого канал 8 панхроматического изображения более высокого разрешения, для улучшения результирующего изображения активируйте опцию «4 канал, как инфракрасное изображение».

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Паншарпенинг.jpg |

**Синтез каналов 5-4-3** (NIR, Red, Green), «ложные», или «красные» цвета. Применяется для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, изучения сельскохозяйственных культур. Насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую растительность или редколесья/кустарники. Растительность в этой комбинации имеет оттенки красного, городская застройка – зелено-голубые цвета, почва – от темно до светло коричневого или серого, лед, снег и облака – белые или светло голубые. Хвойные леса по сравнению с лиственными имеют более темно-красную или даже коричневую окраску. Выполните синтезирование изображения в естественных цветах. Примените растяжку для улучшения изображения. Тип: ср. кв. отклонение, с коэффициентом n = 2). Примените растяжку гаммы (0,4; 0,4; 0,4).

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный.jpg |

**Синтез каналов 5-4-2** (NIR, Red, Blue). Землепользование. Данная комбинация создает различие между городскими территориями, растительностью и водой. Показывает больший контраст на урбанизированных территориях.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_5-4-2.jpg |

**Синтез каналов 7-6-5** (SWIR2, SWIR1, NIR). Данная комбинация создает четкое разграничение между сушей и водой, но может быть причиной появления некоторой дымки.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_7-6-5.jpg |

**Синтез каналов 7-5-3** (SWIR, NIR, Green). Данная комбинация весьма полезна при анализе пустынь, может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий. Пройденные пожарами территории выглядят ярко красными. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода – голубой, фиолетовой. Песок, открытая почва и минералы могут быть представлены большим числом цветов и оттенков.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_7-5-3.jpg |

**Синтез каналов 5-6-2** (NIR, SWIR, Blue). Добавление SWIR канала обеспечивает различимость возраста растительности. Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые – восстановление растительности или разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть темно синей (почти черной), для мелководья или высокого содержания взвесей в цвете преобладают более светлые синие оттенки.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_5-6-2.jpg |

**Синтез каналов 5-6-4** (NIR, SWIR, Red), «красные цвета». Применяется для анализа влажности, изучения почв и растительного покрова. В целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона. Комбинация позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали, плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Растительность отображается в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_5-6-4.jpg |

**Синтез каналов 7-6-4** (SWIR-2, SWIR-1, Red). Применяется для мониторинга пожаров, так как тепловые аномалии выглядят красноватыми или желтыми. Также хорошо выделяются затопленные территории. Они имеют темно-синий и почти черный цвет. Поглощение излучения в среднем ИК диапазоне водой позволяет четко выделять береговую линию и водные объекты на снимке. Растительность отображается в оттенках темно и светло зеленого, урбанизированные территории выглядят белыми, зелено-голубыми и малиновыми, почвы, песок и минералы могут иметь много разных цветов.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_7-6-4.jpg |

**Синтез каналов 6-5-4** (SWIR, NIR, Red). Удобен для изучения растительного покрова и широко используется для анализа состояния лесных сообществ. Комбинация дает очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. В отличие от синтеза 7-4-2, включающего канал SWIR2 и позволяющего изучать геологические процессы, эта комбинация дает возможность лучше различать и анализировать сельскохозяйственные угодья.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_6-5-4.jpg |

**Синтез каналов 3-2-1** (Green, Blue, CoastalAarosol). Данная комбинация выделяет подводные объекты в чистой воде.

|  |
| --- |
| D:\LandsatLook Images with Geographic Reference\Lansat-8_2021_11_01\Ложный_3-2-1.jpg |

**Синтез псевдцветовых изображений.**

С помощью функции растров «Спектральная конверсия» выполнить преобразование ложноцветового изображения (NIR, R, G) в псевдоцветовое (R, G, B), применив для этого матрицу трансформации, указанную ниже.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ложноцветовое изображение | Матрица трансформации | | | | Псевдоцветовое изображение |
| C:\Users\prepod\Desktop\Снимок.JPG |  | C0 | C1 | C2 | C:\Users\prepod\Desktop\Снимок.JPG |
| R0 | 0,1 | 0,9 | 0 |
| R1 | 0,3 | 0 | 0,7 |
| R2 | 0,1 | 0,1 | 0,8 |

|  |
| --- |
|  |

**Расчет спектральных индексов.**

Воспользовавшись Растровым калькулятором Алгебры карт рассчитайте следующие спектральные индексы. Для визуализации слоев используйте единую цветовую схему, это позволит сравнивать получаемые результаты.

**Нормализованный разностный индекс растительности (NDVI).**

NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red),

где NIR - значения пикселов из ближнего и Red - значения пикселов из красного канала.

|  |
| --- |
|  |

**Индекс устойчивости к видимой атмосфере (VARI).**

VARI = (Green - Red)/(Green + Red - Blue),

где Green - значения пикселов из зеленого канала, Red - значения пикселов из красного канала, Blue - значения пикселов из синего канал.

|  |
| --- |
|  |

**Модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве (MSAVI2).**

MSAVI2 = (1/2)\*(2(NIR+1) - sqrt((2\*NIR+1)^2-8(NIR-Red))),

где NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, Red-значения пикселов из красного канала.

|  |
| --- |
|  |

**Водный модифицированный стандартизованный индекс различий воды (MNDWI).**

MNDWI = (Green – SWIR1) / (Green + SWIR1),

где Green - значения пикселов из зеленого канала, SWIR1 -значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала 1.

|  |
| --- |
|  |

**Ландшафтный стандартизованный индекс различий застройки (NDBI).**

NDBI = (SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR),

где SWIR1-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала 1, NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала.

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Спектральные индексы (описание и расчетные формулы) | | |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Индексы растительности и почвы | | |
| Нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) | Это стандартизированный индекс, показывающий наличие и состояние растительности (относительную биомассу). | NDVI = (NIR–Red)/(NIR+Red),  где NIR-значения пикселов из ближнего и Red-значения пикселов из красного канала |
| Индекс растительности с коррекцией по почве (Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)) | Индекс растительности, который пытается минимизировать влияние яркости почвы с помощью коэффициента коррекции яркости почвы. Он часто используется в пустынных областях, где растительное покрытие незначительно. | SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) x (1 + L),  где NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, Red-значения пикселов из красного канала, L-значение покрытия зеленой растительности |
| Модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве (Modified Soil Adjusted Vegetation Index, MSAVI2) | Минимизирует влияние обнаженной почвы на индекс SAVI | MSAVI2 = (1/2)\*(2(NIR+1)-sqrt((2\*NIR+1)^2-8(NIR-Red))),  где NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, Red-значения пикселов из красного канала |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Индексы растительности и почвы | | |
| Преобразованный индекс растительности с коррекцией по почве (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index (TSAVI)) | Это индекс растительности, который пытается минимизировать влияние яркости почвы путем предположения, что линия почвы имеет произвольный уклон и пересечение. | TSAVI = (s \* (NIR - s \* Red - a)) / (a \* NIR + Red - a \* s + X \* (1 + s^2)),  где NIR = значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, Red = значения пикселов из красного канала, s = уклон линии почвы, a = пересечение линии почвы, X = коэффициент коррекции, установленный для минимизации искажений из-за почв |
| Перпендикулярный индекс растительности (Perpendicular Vegetation Index (PVI)) | Подобен индексу растительности, однако он чувствителен к атмосферным отклонениям. При использовании этого метода для сравнения изображений его следует применять только к изображениям, скорректированным по атмосфере. | PVI = (NIR - a\*Red - b) / (sqrt(1 + a^2)),  где NIR = значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, Red = значения пикселов из красного канала, a = уклон линии почвы, b = градиент линии почв |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Индексы растительности и почвы | | |
| Индекс устойчивости к видимой атмосфере (VARI) | Разработан для выделения растительности в видимой части спектра, при ослаблении влияния разницы освещения и атмосферных явлений. Он идеально подходит для RGB или цветных изображений; использует все три цветовых канал. | VARI = (Green - Red)/(Green + Red - Blue),  где Green-значения пикселов из зеленого канала, Red-значения пикселов из красного канала, Blue-значения пикселов из синего канал |
| Индексы воды | | |
| Стандартизованный индекс различий снежного покрова (NDSI) | Разработан для использования данных MODIS (каналы 4 и 6) и Landsat TM (каналы 2 и 5) с целью идентификации снежного покрова при игнорировании облачного покрова. Поскольку он основан на соотношении, он также уменьшает влияние атмосферных эффектов. | NDSI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR),  где Green-значения пикселов из зеленого канала, SWIR-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Модифицированный стандартизованный индекс различий воды (MNDWI) | Используется для улучшения отображения объектов открытых водных пространств. Он также снижает значения областей застройки, которые часто коррелированы с открытыми водными пространствами в других индексах. | MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR),  где Green-значения пикселов из зеленого канала, SWIR-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала |
| Стандартизованный индекс различий увлажненности (NDMI) | Чувствителен к уровню влажности в растительности. Используется для отслеживания засух, а также указывает уровень горючих материалов в пожароопасных зонах. Использует каналы NIR и SWIR для создания коэффициента, предназначенного для приглушения освещения и атмосферных эффектов. | NDMI = (NIR - SWIR1)/(NIR + SWIR1),  где NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, SWIR1-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала 1 |
| Геологические индексы | | |
| Глинистые минералы. Коэффициент глиносодержащих минералов (Clay Minerals Ratio) | Этот коэффициент использует тот факт, что водосодержащие минералы, такие как глина и кварцевый камень, поглощают излучение в части спектра 2,0-2,3 микрон. Этот индекс снижает изменения в освещении, относящиеся к рельефу. | Clay Minerals Ratio = SWIR1 / SWIR2,  где SWIR1-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала 1, SWIR2-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала 2 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Железистые минералы. Коэффициент железистых минералов (Ferrous Minerals Ratio) | Выделяет все железосодержащие материалы. Он использует соотношение между каналом SWIR и каналом NIR. | Ferrous Minerals Ratio = SWIR / NIR,  где SWIR-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала, NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала |
| Оксид железа. Коэффициент оксида железа (Iron Oxide Ratio) | Это соотношение красной и синей длин волн, что приводит к тому, что области с сильным изменением железа выглядят ярче. Природа данного соотношения позволяет этому индексу приглушать разницу в освещении, вызванную затененностью поверхности. | Iron Oxide Ratio = Red / Blue,  Red-значения пикселов из красного канала, Blue-значения пикселов из синего канала |
| Ландшафтные индексы | | |
| Индекс выгоревших областей (BAI) | Использует значения отражения в красной и ближней инфракрасной области спектра для идентификации областей поверхности, подвергшихся огню. | BAI = 1/((0.1 -RED)^2 + (0.06 - NIR)^2),  где Red-значения пикселов из красного канала, NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Описание | Расчетная формула |
| Стандартизованный индекс коэффициента выжигания (NBRI) | Использует каналы NIR и SWIR для выделения выжженных областей, одновременно приглушая разницу в освещении и атмосферных явлений. Перед использованием этого индекса ваши изображения должны быть скорректированы до значений отражательной способности; более подробно см. функцию Видимое отражение (ArcGIS Pro 2.9). | NBRI = (NIR - SWIR) / (NIR+ SWIR),  где NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала, SWIR-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала |
| Стандартизованный индекс различий застройки (NDBI) | Использует каналы NIR и SWIR (ближний инфракрасный и коротковолновый инфракрасный) для выделения областей застройки. Этот коэффициент позволяет приглушать разницу в освещении поверхности, а также атмосферные эффекты. | NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR),  где SWIR-значения пикселов из коротковолнового инфракрасного канала, NIR-значения пикселов из ближнего инфракрасного канала |