Второй отборочный этап

Индивидуальная часть

Общие задачи (для обеих ролей)

Уважаемые участники!

Для выполнения задач первого блока вам необходимо будет освоить, прежде всего, следующие базовые навыки:

- поиск и загрузка общедоступных космических снимков из открытых источников;
- основы работы с растровыми данными в настольных ГИС (геоинформационных системах), установленных на вашем компьютере;
- работа с каналами и гистограммами космических снимков в настольных ГИС;
- простейшие приемы создания и редактирования векторных пространственных данных в ГИС;
- измерения и подсчет площадей в настольных ГИС.

Вы можете использовать любое доступное Вам программное обеспечение ГИС. Со списком некоторых бесплатных общедоступных ГИС-программ можно ознакомиться здесь (https://stepik.org/lesson/436238/step/1?unit=426357).

Рекомендуем вам ознакомиться с материалами для подготовки по основам ГИС и ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли), ссылки на которые мы собрали для вас здесь (https://stepik.org/lesson/436239/step/1?unit=426358), а также с документацией и/или пособиями по программному обеспечению ГИС, которое вы планируете использовать. К вашим услугам также вебинары (https://stepik.org/lesson/436240/step/1?unit=426359) прошлых лет, на которых мы разбирали некоторые похожие задачи.

Задачи данного блока предназначены для всех участников, независимо от специализации и роли, которую вы планируете выполнять в составе вашей команды. Мы считаем, что простейшими навыками работы должны обладать как географыдешифровщики, так и информатики-программисты.

Желаем успехов!

Задача II.1.1.1. Поиск и загрузка космических снимков со спутников серии Landsat (3 балла)

Снимки Земли с американских спутников серии Landsat сегодня бесплатно доступны для всех желающих. Воспользуйтесь порталом EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/) Геологической службы США (US Geological Survey) и найдите доступные снимки со спутника Landsat 8 за август 2020 года

на акваторию Цимлянского водохранилища (Ростовская и Волгоградская области). Выберите наименьшее возможное количество снимков (на профессиональном языке обычно говорят «сцен»), в течение одного дня целиком покрывающих акваторию водохранилища от Волгодонская до Калача-на-Дону. Облачность снимков не должна превышать 10%.

Описание работы с порталом на русском языке можно прочитать здесь (http://gis-lab.info/qa/earthexplorer-work.html) или здесь (https://gptl.ru/static/geoportal/manual/_landsat/manual.htm). Первая статья была написана уже несколько лет назад, она описывает немного устаревшую версию портала. Однако, сделанные с тех пор изменения незначительны. Единственной важной поправкой является изменение названия набора данных, который Вам необходим. Вам потребуются снимки с уровнем обработки Landsat Collection 1 Level-1. В остальном можно полагаться на описание из указанной статьи.

Скачайте выбранные сцены на Ваш компьютер. (Это потребует регистрации и заполнения анкеты на английском языке. Рекомендуем по возможности добросовестно ответить на вопросы анкеты.) Полученные архивные файлы необходимо распаковать с помощью любой доступной Вам программы-архиватора. В результате распаковки каждого архива Вы должны получить 14 файлов, 12 из которых представляют из себя изображения в отдельных спектральных каналах в формате GeoTIFF. Описание каналов Landsat можно найти, например, здесь (https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites) или здесь (https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational_Land_Imager_(OLI)). Вы можете загрузить каждый их этих файлов по отдельности в Ваш проект в QGIS с помощью инструмента «Добавить растровый слой» и рассмотреть их как изображения в оттенках серого.

Для каждой из скачанных сцен определите размер файла (в байтах), содержащего панхроматический канал. Суммируйте полученные значения и введите в поле ниже общий суммарный размер в байтах (целое число) всех файлов, содержащих панхроматические каналы всех скачанных сцен.

Решение

Задание направлено на проверку первичных навыков работы с данными космической съемки, включающей выбор и фильтрацию сцен по заданным параметрам.

С помощью упомянутого в условии задачи портала EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/) вы можете найти и подобрать снимки Landsat (а также множество других данных) на интересующую вас территорию или точку, за определённый период времени. Вы также можете отобрать снимки по степени облачности и другим параметрам, предварительно посмотреть уменьшенный вид снимка.

Хотя интерфейс портала англоязычный, существуют подробные инструкции по работе с ним на русском языке, в частности, статья, непосредственно упомянутая в условии задачи: http://gis-lab.info/qa/earthexplorer-work.html . Поскольку статья была написана уже несколько лет назад, она описывает немного устаревшую версию портала. Однако, существенных изменений немного. Важным исключением является название набора данных, который Вам необходим. Для решения практических задач в рамках Олимпиады потребуются снимки с уровнем обработки Landsat Collection 1 Level-1. В остальном можно, в целом, полагаться на описание из указанной статьи. (Всё это также прямо написано в условии.)

Скачивание снимков с портала требует регистрации и заполнения анкеты на английском языке. В целом, для её заполнения достаточно знаний английского в программе школьного курса. В сложных случаях следует воспользоваться «Гугл Переводчиком». В упомянутой выше статье есть некоторые рекомендации по заполнению анкеты. Но не обязательно просто слепо следовать им.

Выбрав необходимый снимок (на профессиональном языке обычно говорят «сцену»), его можно загрузить его на свой компьютер в нескольких разных формах. Выбор («Download Options») появляется в самом конце процесса при нажатии кнопки «Download». Однако, почти все их них являются малопригодными для серьёзной работы картинками, сжатыми до небольших размеров с потерей информации (LandsatLook). Для профессиональной работы необходимо выбирать последнюю в списке опцию — «Level-1 GeoTIFF Data Product». Она существенно превышает все прочие по размеру: как правило, размер сгружаемого файла приближается к 1 гигабайту.

Условиям задачи (август 2020 года, наименьшее возможное количество снимков в течение одного дня целиком покрывающих акваторию Цимлянского водохранилища, с облачностью не более 10%) соответствуют две сцены одного пролета спутника Landsat 8 за 17 августа 2020 года:

```
LC08_L1TP_173026_20200817_20200822_01_T1 и
LC08_L1TP_173027_20200817_20200822_01_T1.
```

Сцены с указанной маркировкой необходимо скачать с портала на локальный компьютер участника.

Скачанные файлы имеют расширение *.gz и являются архивными (сжатыми файлами). Их необходимо распаковать с помощью любой доступной программыархиватора, например, бесплатного «7-Zip». (Среди архиваторов достаточно и других, распространяемых свободно, или бесплатных для тестирования в течение определённого срока.) Большинство современных программ такого типа понимают данный формат архива и легко справятся с распаковкой. Необходимо помнить, что после распаковки извлечённые из архива файлы займут ещё около двух гигабайт на каждую сцену — необходимо иметь достаточно свободного места на диске. Мы рекомендуем распаковывать каждый архив в отдельную папку (директорию).

В результате распаковки каждого скачанного снимка (сцены) Landsat 8 участники должны получить по 14 отдельных файлов, из которых два представляют собой текстовые документы с технической документацией, а остальные 12 — графические изображения в формате GeoTIFF. Размер текстовых файлов с документацией — мизерный, по сравнению с графическими файлами.

Большинство оставшихся графических файлов имеют одинаковый размер, в данном случае -130~342~398 байт для сцены

LC08_L1TP_173026_20200817_20200822_01_T1 и 119 438 698 байт для сцены LC08_L1TP_173027_20200817_20200822_01_T1. Они представляют собой изображения в отдельных спектральных каналах в формате GeoTIFF. Описание каналов Landsat можно найти на английском языке, например, здесь:

```
https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites или, на русском языке, здесь:
```

https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational_Land_Imager_(OLI).

Все графические файлы названы по одной схеме:

- первые четыре символа «LC08» обозначают спутник, с которого производилась съёмка, – Landsat 8;
- ещё четыре символа после разделителя в виде подчёркивания «L1TP» уровень обработки данных Level 1;
- потом после разделителя идут 6 символов, обозначающие номер витка (173) и ряда (номер сцены) в витке (026) Path и Row, они всегда стандартные для спутников Landsat;
- потом восемь символов, обозначающие дату съёмки в формате «год-месяцдень», в данном случае – это 17 августа 2020 года;
- потом ещё шесть символов, дата обработки;
- большинство файлов заканчиваются буквой «В» (от английского «band» канал, полоса) с номером, который и является номером спектрального канала съёмочной аппаратуры спутника Landsat.

Файл, название которого оканчивается на «BQA» содержит данные технического канала, куда помещаются данные о наличии облачности.

И только один файл, содержащий 8-й канал (*В8), имеет размер, существенно превышающий остальные файлы каналов. В нашем случае его размер – $521\ 174\ 038$ байт для сцены LC08_L1TP_173026_20200817_20200822_01_T1 и 477 567 438 байт для сцены LC08_L1TP_173027_20200817_20200822_01_T1. Это так называемый панхроматический канал. Его большой размер связан с тем, что он имеет вдвое большее пространственное разрешение, чем другие каналы Landsat.

Участники должны продемонстрировать понимание того, какой именно канал является панхроматическим, и умение измерить точный размер файл в своей операционной системе. Например, в большинстве систем Windows по умолчанию файлы в папке отображаются в виде уменьшенных изображений. Во многих случаях удобнее отображать файлы в виде списка с отображением всех важных характеристик. Для чего нужно изменить соответствующие настройки.

Также точный размер файла можно посмотреть в его свойствах. При этом, место, которое файл занимает на диске, может отличаться в разных операционных и файловых системах, но размер самого файла от этого не зависит – он будет одинаковый и в Windows любой версии, и в MacOS.

Соответственно, точный суммарный размер в байтах двух графических файлов, содержащих данные панхроматических каналов: $521\ 174\ 038+477\ 567\ 438=998\ 741\ 476$ байт.

В качестве правильного принимался только абсолютно точный, до единиц байтов, ответ. Ответ должен был быть целым числом в байтах, не принимался ответ в килобайтах или в виде групп цифр, разделённых пробелами (как он может копироваться, например, из окна свойств файла в Windows).

Ответ: 998741476.

Задача ІІ.1.1.2. Визуальное наблюдение сезонных изменений по космическим снимкам (3 балла)

Уровень воды в водохранилищах может существенно меняться в течении сезона. Так, в течение летнего сухого сезона, когда сток рек падает, Цимлянское водохранилище расходует (гидрологи говорят «срабатывает») воду, запасенную в период весеннего паводка. При изменении уровня воды местами существенно смещается береговая линия, меняются площади и конфигурации заливов и островов. Имеет место и многолетняя динамика: острова на реках и водохранилищах могут размываться или, наоборот, увеличиваться (намываться) за счет отложения частичек песка, глины и других речных наносов в местах с медленным течением.

Воспользуйтесь снимками Landsat, которые вы скачали при выполнении предыдущей задачи. Измерьте длину острова в верхней части водохранилища, на котором находится точка с географическими координатами 48°33′55″северной широты и 43°26′30″восточной долготы, от самой северной его оконечности до самой южной так, как он виден на космических снимках в данный день августа 2020 года.

Чтобы лучше видеть контуры острова на фоне мутной воды и мелководий, лучше использовать информацию не одного, а сразу нескольких спектральных каналов Landsat одновременно (особенно тех каналов, яркость в которых чувствительна к различиям в растительности и влажности на поверхности Земли). Для этого необходимо объединить выбранные спектральные каналы в цветное многоканальное изображение. Чтобы получить такое изображение, вам необходимо склеить, по крайней мере, три канала в единый файл. В QGIS для этого можно использовать функцию «Объединение» из меню работы с растрами. Вот здесь мы подробно описываем эту операцию на примере NextGIS QGIS. Вы также можете обратиться к документации на QGIS и/или к этой статье (или к документации иного используемого вами программного обеспечения). Для уменьшения размера файла мы не рекомендуем вам склеивать панхроматический канал вместе с другими.

Вообще, не обязательно склеивать все каналы — все равно одновременно вы сможете рассматривать в QGIS только любые три из них. По умолчанию в оттенках красного цвета отображается первый из склеенных каналов, в оттенках зеленого — второй и в оттенках синего — третий. Подберите комбинацию каналов, при которой вы будете хорошо различать покрытые водой участки, растительность на острове и осущенные участки без растительности. Про использование различных комбинаций каналов для выделения тех или иных объектов можно прочесть, в частности, здесь (http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html) и здесь (https://habr.com/post/183416/).

Для того, чтобы загруженные изображения выглядели более контрастно, часто бывает необходимо подстроить гистограммы распределения яркостей каждого спектрального канала под диапазон яркостей соответствующего цвета на вашем экране (если вас не устраивает вариант, автоматически настроившийся по умолчанию). Мы описываем эту операцию на примере NextGIS QGIS здесь (https://stepik.org/lesson/211332/step/6?unit=278332) и здесь (https://stepik.org/lesson/211332/step/7?unit=278332).

Настроив изображение, измерьте длину острова, как указано выше. Результат измерений представьте в метрах, округлите до десятков единиц и введите в поле ниже.

Решение

Что «видеть» нашими глазами информацию сразу с нескольких спектральных каналов Landsat, нем необходимо собрать их в многоканальное изображение. В QGIS это можно сделать с помощью утилиты «Объединение», которая находится в меню в разделе «Растр» —> «Прочее». Пошагово процедура объединения каналов подробно описана в статье, ссылка на которую даётся в условиях задачи: http://gislab.info/qa/qgis-landsat-merge.html. Также, можно обратиться к документации QGIS (https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/raster_op.html#id21).

Для версии NextGIS QGIS мы приводим пошаговые инструкции по склеиванию каналов здесь: https://stepik.org/lesson/211332/step/4?unit=291304. Ряд типичных ошибок разобраны здесь:

```
https://stepik.org/lesson/211332/step/5?unit=291304.
```

В статье, ссылка на которую даётся в условиях задачи (http://gis-lab.info/qa/qgis-landsat-merge.html), также описывается, как настроить в QGIS полученное в результате объединения растровое изображение для отображения различных вариантов синтеза спектральных каналов. Непосредственно в условии задачи также даны ссылки на соответствующие публикации, содержащие рекомендации по использованию определённых каналов для дешифрирования растительности и водной поверхности. Пошаговые инструкции можно найти здесь:

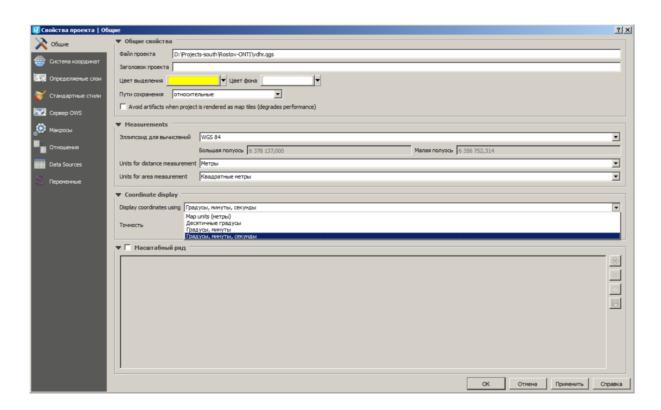
```
https://stepik.org/lesson/211332/step/8?unit=291304 и здесь: https://stepik.org/lesson/211332/step/9?unit=291304.
```

Для того чтобы загруженные изображения выглядели контрастно, также необходимо подстроить гистограммы распределения яркостей каждого спектрального канала под диапазон яркостей соответствующего цвета на экране. Непосредственно в условии задачи содержится ссылка на самый простой способ это сделать в QGIS — воспользоваться панелью «Инструменты работы с растровыми данными». См. пошаговое описание здесь:

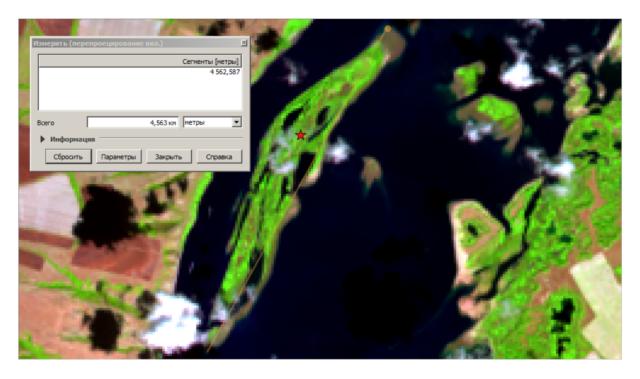
```
https://stepik.org/lesson/211332/step/6?unit=291304 и здесь: https://stepik.org/lesson/211332/step/7?unit=291304.
```

Различия во влажности (как и различия в растительности) достаточно хорошо видны визуально при синтезе 6-5-4 каналов Landsat 8 (средневолновый инфракрасный – ближний инфракрасный – видимый красный каналы). Как правило, спектр воды – самые низкие значения (самые темные) во всех каналах. В таком синтезе водную поверхность (в том числе мелководья и голубые оттенки воды со взвесью частиц в ней) хорошо отделяется от заболоченного или песчаного берега острова.

Далее следует найти на космическом снимке остров, в пределах которого находится точка с координатами, указанными в условии задачи. В любой ГИС есть несколько разных способов сделать это. Один из самых простых (хоть и не самых точных) способов найти точку с указанными в условии задачи географическими координатами в QGIS — следить за координатами курсора, отображаемыми в строке состояния внизу в соответствующем окошке. Что координаты отображались в градусах, минутах и секундах необходимо указать формат вывода данных в свойствах проекта в закладке «Общие», как указано на рисунке ниже.



Положение точки, указанной в условии задачи, отмечено звёздочкой на рисунке ниже.



Измерить расстояние от самой северной оконечности острова до самой южной в QGIS можно инструментом «Измерить линию» – как показано на рисунке ниже.А



Ответ: 4580 ± 100 .

Задача II.1.1.3. Поиск и загрузка космических снимков со спутников Sentinel-2 (3 балла)

Еще одним общедоступным источником оптической съемки земли из космоса являются снимки со спутников Sentinel-2 (https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2) Европейского космического агенства. Они обладают лучшим пространственным разрешением, чем снимки Landsat, — вы сможете рассмотреть на них больше деталей. Число спектральных каналов снимков Sentinel-2 (https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-2#Instruments) даже больше, чем у Landsat 8. Их описание также можно прочесть здесь (https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath). Обратите внимание, что спектральные каналы снимков Sentinel-2 несколько отличаются по диапазону длин электромагнитных волн от каналов Landsat 8.

Снимки Sentinel-2 также доступны через портал EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/). Однако, по снимкам Sentinel-2 база данных здесь неполная. Лучше воспользоваться соответствующим порталом самого Европейского космического агенства — Copernicus Open Access Hub (https://scihub.copernicus.eu/). Его база данных более полная, да и работает он заметно быстрее (по крайней мере, при скачивании снимков из России). Его использование также требует бесплатной регистрации (на английском языке).

Воспользуйтесь этим порталом и найдите снимок Sentinel-2 на точку с географическими координатами 49°06'25" северной широты и 43°34'55" восточной долготы, сделанный в период с 1-го по 5-е июля 2020 года. С портала Copernicus Open Access Hub (https://scihub.copernicus.eu/) можно скачать снимки Sentinel-2 двух уровней обработки (https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products): уровня 1С и уровня 2А. Отберите только данные с уровнем обработки 1С. Снимки Sentinel-2 хранятся не целыми сценами, как Landsat, — они поделены на

прямоугольные тайлы размером 100х100 км. Вам достаточно скачать тот единственный тайл, который соответствует условиям данной задачи.

Скачайте найденный тайл в архивированном виде на ваш компьютер и распакуйте архив помощью любой доступной вам программы-архиватора. Архив имеет довольно сложную внутреннюю структуру со множеством вложенных папок, где хранится, в том числе, разнообразная служебная информация. По размеру Вы легко найдете папку, где хранятся собственно спутниковые изображения, сделанные в разных спектральных каналах. Как и в случае снимков Landsat, изображения в каждом спектральном канале хранятся в отдельных растровых файлах. Однако, для них используется не формат GeoTIFF, а формат JPEG 2000.

Введите в поле ниже размер в байтах (целое число) файла, содержащего изображение в спектральном канале видимого красного света.

Решение

Задание направлено на проверку первичных навыков работы с данными космической съемки, включающей выбор и фильтрацию сцен по заданным параметрам.

С помощью упомянутого в условии задачи портала Copernicus Open Access Hub (https://scihub.copernicus.eu/) необходимо отфильтровать запрос на сцену, указав тип сенсора (Sentinel – 2), интересующую территорию и временной диапазон.

Выбрав необходимый снимок, можно загрузить его на свой компьютер архив с ним. Изображения хранятся по следующему пути: /Granule/ ID тайла/ R10m.../R20m.../R60m

Согласно описанию спектральных характеристик каналов Sentinel-2 (https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-2#Instruments), разрешение красного канала — 10 м. Находим указанный в условиях задачи красный канал (_B04_) в поддиректории /R10m/.

Точный размер файла можно посмотреть в его свойствах. При этом, место, которое файл занимает на диске, может отличаться в разных операционных и файловых системах, но размер самого файла от этого не зависит — он будет одинаковый и в Windows любой версии, и в MacOS. В качестве правильного принимался только абсолютно точный, до единиц байтов, ответ. Ответ должен был быть целым числом в байтах, не принимался ответ в килобайтах или в виде групп цифр, разделённых пробелами (как он может копироваться, например, из окна свойств файла в Windows).

Ответ: 105735521.

Задача ІІ.1.1.4. Визуальное выделение объектов по космическим снимкам (3 балла)

Вокруг указанной в предыдущей задаче точки с географическими координатами 49°06'25" северной широты и 43°34'55" восточной долготы на соответствующих снимках 2020 года хорошо видно распаханное поле.

Лучше всего оно видно на цветном многоканальном изображении. Чтобы получить такое изображение, вам необходимо склеить, по крайней мере, три канала в единый файл. Имейте в виду, что различные каналы Sentinel-2 имеют разное про-

странственное разрешение. При объединении каналов с разным разрешением, например, с помощью инструмента «Объединение» QGIS, получаемое многоканальное изображение будет, как правило, иметь разрешение тех каналов, разрешение которых выше. Так, в случае объединения каналов с разрешением 10 и 20 метров на пиксель полученное многоканальное изображение будет иметь разрешение 10 метров на пиксель.

Подберите комбинацию каналов, при которой вы будете хорошо различать распаханное поле вокруг точки с указанными координатами от других типов растительности и других полей. С использованием различных комбинаций каналов Landsat вы, надеемся, уже познакомились, при решении предыдущих задач (напоминаем, что об этом можно прочесть здесь (http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html) и здесь (https://habr.com/post/183416/)). Многие каналы Sentinel-2 во многом аналогичны соответствующим им по длине волны электромагнитного излучения каналам Landsat 8. Как уже указывалось, их характеристики можно посмотреть, например, здесь (https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath) или здесь(https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-2#Instruments). Обратите внимание, что нумерация каналов Sentinel-2 другая, чем у аналогичных по диапазону длин волн каналов Landsat 8. Например, сочетанию каналов 6-5-4 Landsat 8 примерно соответствует сочетание каналов 11-8-4 Sentinel-2.

Мы рекомендуем использовать комбинацию красного и ближних инфракрасных каналов (каналы 4, 5 и 6 для Landsat 8; 4, 8 и 11 для Sentinel-2), в которых хорошо видны различия в растительности. Но вы можете выбрать и иную комбинацию, в которой распаханное поле для вас выглядит наиболее ясно. Для того, чтобы загруженные изображения выглядели контрастно, как и в случае снимков Landsat, часто бывает необходимо дополнительно подстроить гистограммы распределения яркостей каждого отображаемых спектральных каналов.

Измерьте как можно точнее площадь распаханного поля по внешнему контуру с помощью инструментов QGIS или другой используемой вами ГИС-программы. Для того, чтобы сохранить обведенный вами контур поля, мы рекомендуем вам создать полигональный набор векторных данных, например, в формате шейп-файла и провести расчет площади для него. Используйте для измерений проекцию, в которой находится скачанный космический снимок.

Ответ выразите в гектарах, округлите до десятых долей единицы и впишите в поле ниже.

Решение

Прежде всего, надо найти точку с координатами, указанными в условиях задачи. Сделать это можно аналогично тому, как это описано в Задаче 3.1.2.

Затем надо открыть в том же проекте космический снимок за лето 2020 года, на котором видно распаханное поле. Для этого волне подойдёт снимок Sentinel-2, скачанный Вами при решении Задачи 3.1.3. Но можно воспользоваться и другим снимком зато же лето, на котором поле выглядит распаханным. В синтезе средневолновый инфракрасный – ближний инфракрасный – видимый красный каналы (например, каналы 11-8-4 для Sentinel-2) распаханное поле будет выглядеть фуксиновым и будет резко контрастировать с окружающей растительностью. На рисунке ниже точка с координатами, указанными в условиях задачи (звёздочкой), наложена

поверх снимка Sentinel-2 из Задачи 3.1.2 в синтезе спектральных каналов 11-8-4.

Поверх такого мультиспектрального изображения уже достаточно легко провести контур распаханного поля с достаточной точностью. Наиболее корректный способ сделать это – создать набор векторных пространственных данных в полигональной топологии и воспользоваться инструментами редактирования в настольной ГИС.

Magnifier 100%

Rotation 0,0

Render

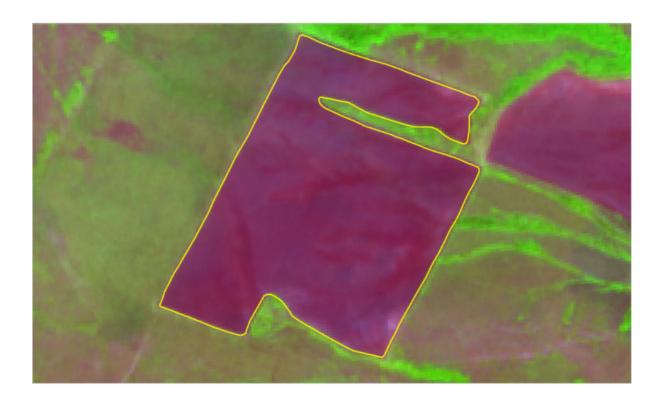
DEPSG:32637 (OTF)

Координаты 55.21°В,49°06′25.13°С 🕸 Scale 1:17 562

Приёмы редактирования геометрии векторных данных в QGIS, в частности, подробно описаны в руководстве пользователя QGIS, которое указывалось как одно из основных справочных пособий для участников Олимпиады: https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/editing.html#id13.

Данная задача, в значительной мере, оценивала навыки ручного редактирования векторных данных, умение участников выделять объекты на космических снимках, а также точность и аккуратность проведения контуров. Поэтому в качестве правильных ответов принимался достаточно узкий диапазон значений площади контура, который может быть получен только при аккуратном проведении границы озера.

На рисунке ниже приведён пример достаточно точного контура, проведённого по границам распаханного поля (жёлтый контур).



После оконтуривания подсчитывается площадь полученного полигона (контура поля). Это можно сделать с помощью инструмента «Калькулятор полей», функция geometry-\$area в QGIS или «Calculate geometry» в ArcGIS.

Методы подсчёта площадей также описаны в руководстве пользователя NextGIS QGIS: https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/editing.html#id10.

Ответ: 76.85 ± 0.45 .

Для географов-дешифровщиков 2

Задача ІІ.1.2.1. Определение текущего состояния полей (10 баллов)

Скачайте набор векторных пространственных данных (точек) по ссылке https://drive.google.com/file/d/1kTVjX2tbWhmPor146RyGSqRyIv30o9PR/view?usp=sharing. Эти точки расставлены в пределах тайла Sentinel-2, который вы скачали в Задаче 3 (https://stepik.org/lesson/436254/step/4?unit=426372) первого блока.

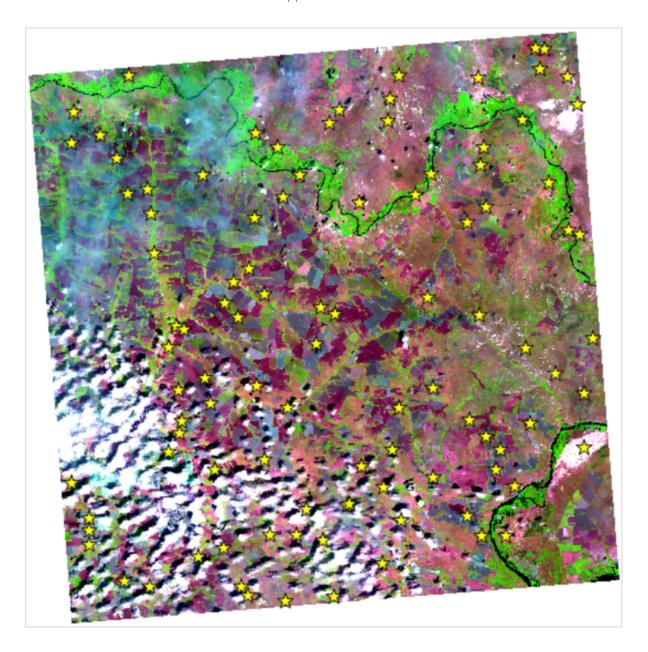
Внимательно рассмотрите окрестности каждой точки и определите какие из них попадают в пределы полей, которые по состоянию на момента съемки имеют открытый почвенный покров, то есть находятся в распаханном состоянии либо под "черным паром" (распаханы с осени или с весны и не засеяны, могут быть обработаны при этом гербицидами). Укажите в качестве ответа общее количество таких точек.

Оценку производите по пикселю снимка, в пределы которого каждая точка попала. При необходимости воспользуйтесь порталами LandsatLook (https://landlook.usgs.gov/) или GloVis (https://glovis.usgs.gov/) Геологической службы США

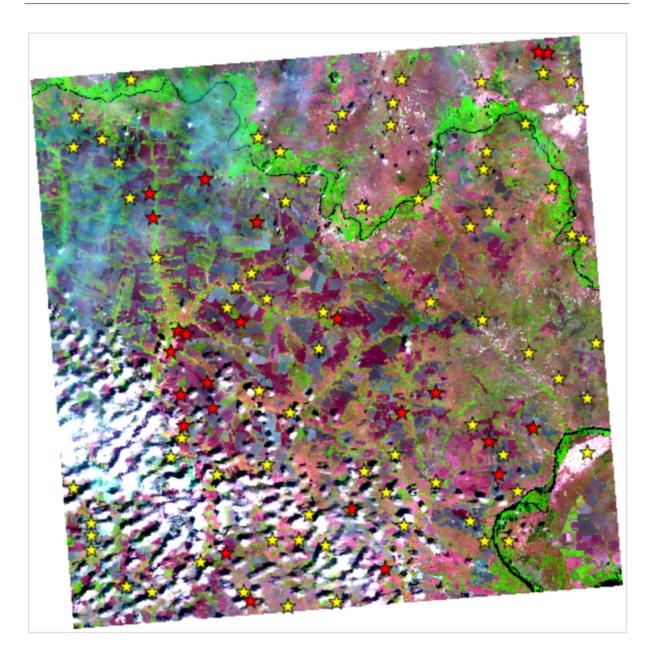
(USGS) чтобы уточнить состояние конкретного поля в предшествующие съемке месяцы 2020 года (март-июнь).

Решение

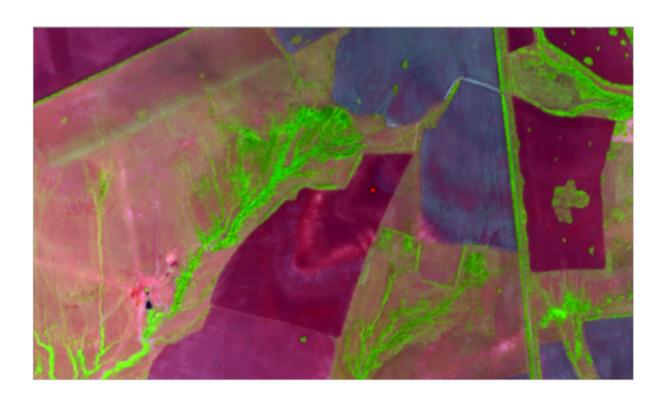
На рисунке ниже точки векторного набора пространственных данных из условия задачи (жёлтые звёздочки) наложены поверх тайла T38ULV_20200701T080611 космического снимка Sentinel-2 из Задачи 3.1.3 в синтезе 11-8-4.

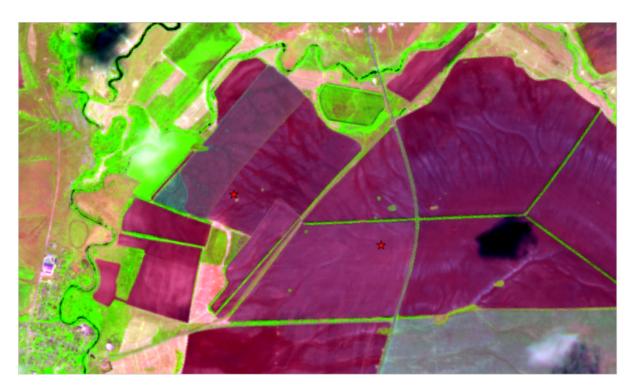


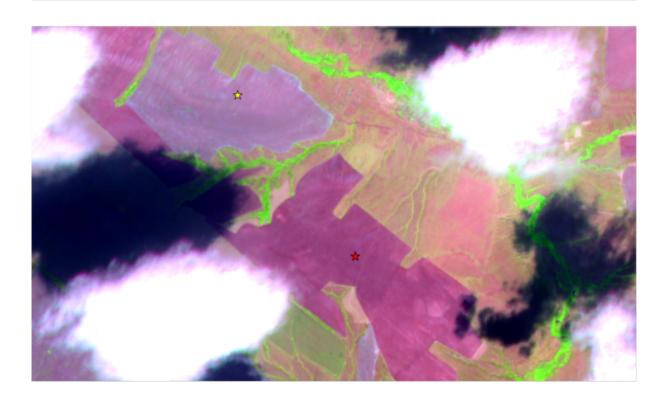
Участники должны были просмотреть все поля, в пределах которых попадает каждая точка и определить, в каком состоянии находится данное поле. Используя понимание спектральных характеристик различных типов растительности и поверхностей, участники должны были определить количество точек в пределах полей, которые по состоянию на момента съёмки имеют открытый почвенный покров, то есть находятся в распаханном состоянии либо под «чёрным паром» (распаханы с осени или с весны и не засеяны, могут быть обработаны при этом гербицидами). На рисунке ниже такие точки выделены красным цветом.

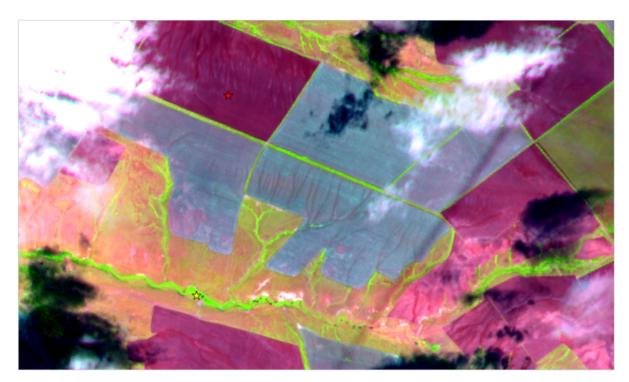


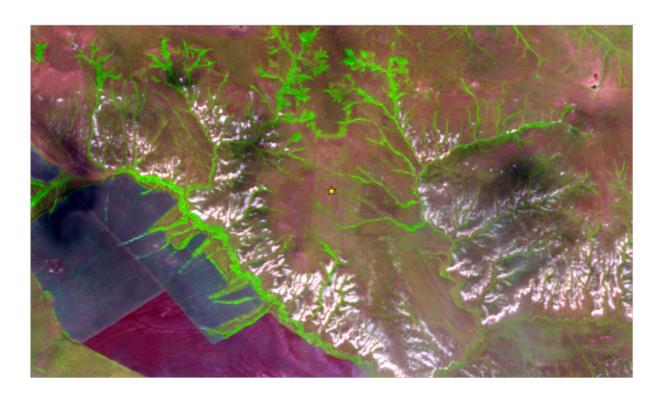
Несколько рисунков ниже представляют примеры полей с открытым грунтом (красные звёздочки) и других типов растительности (жёлтые звёздочки).

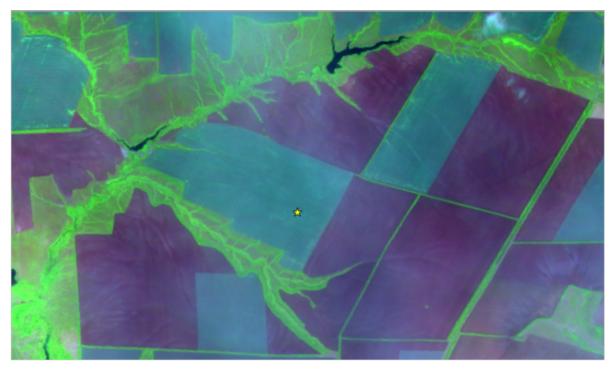












Ответ: 24 ± 2 .

Задача II.1.2.2. Расчет индекса NDVI (12 баллов)

Вегетационные индексы (ВИ) — это количественные показатели, в той или иной мере, характеризующие состояние растительности на данном участке, которые рассчитываются по космическим снимкам как функции от яркости в ряде спектральных каналов. Про различные ВИ и их использование можно прочесть, например, здесь (https://gis-lab.info/qa/vi.html) или здесь (https://sovzond.ru/upload/iblock/f46/2011_02_017.pdf).

В данной задаче мы предлагаем вам потренироваться в расчете одного из самых распространенных ВИ — нормализованного относительного индекса растительности (https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)(https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized_difference_vegetation_index), коррелирующего (как считается) с состоянием и биомассой растительного покрова. Для расчета NDVI используются два спектральных канала: видимый красный, в котором содержащийся в растительности хлорофилл поглощает электромагнитное излучение наиболее активно, и ближний инфракрасный (NIR), в котором растительность, наоборот, имеет высокую отражающую способность.

Рассчитайте NDVI для снимка Sentinel-2 за начало июля 2020 года, который вы скачали при решении третьей задачи (https://stepik.org/lesson/436254/step/4? unit=426372) Первого блока (Поиск и загрузка космических снимков со спутников Sentinel-2). Используйте в качества красного 4-й канал, а в качестве ближнего инфракрасного — канал 8А. Значения NDVI должны быть рассчитаны для каждого пикселя, соответствующего пикселям 4-го канала.

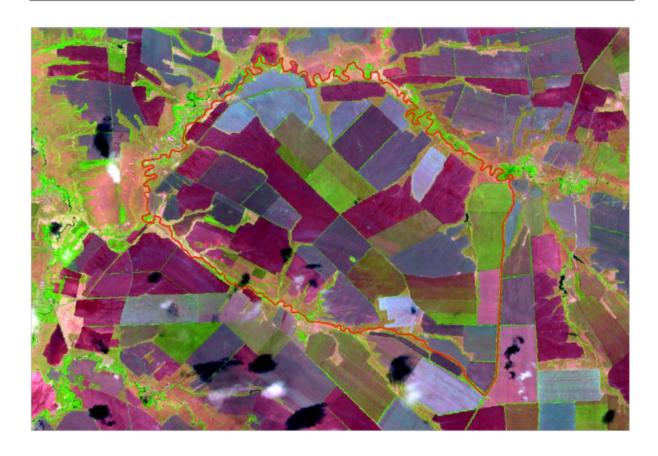
Определите максимальное значение NDVI для территории, границы которой находятся в файл border01.zip (https://drive.google!.com/file/d/1wT68ABaV4SnE_BeRkKsXVI61CN1TpKBV/view?usp=sharing). Вам необходимо скачать этот файл на ваш компьютер и распаковать его любым имеющимся у вас архиватором. Вы получите границы территории в формате ESRI SHAPE.

Для того, чтобы посчитать NDVI воспользуйтесь, например, инструментом «Калькулятор растров» в QGIS или аналогичным инструментом в вашей ГИС. Определите максимальное значение NDVI в пределах данной территории, например, с помощью инструмента «Зональная статистика» в QGIS или иным способом. (В случае QGIS не забывайте о географических проекциях, в которых находятся ваши данные.)

Округлите полученное максимальное значение индекса до сотых долей единицы и внесите его в поле ниже.

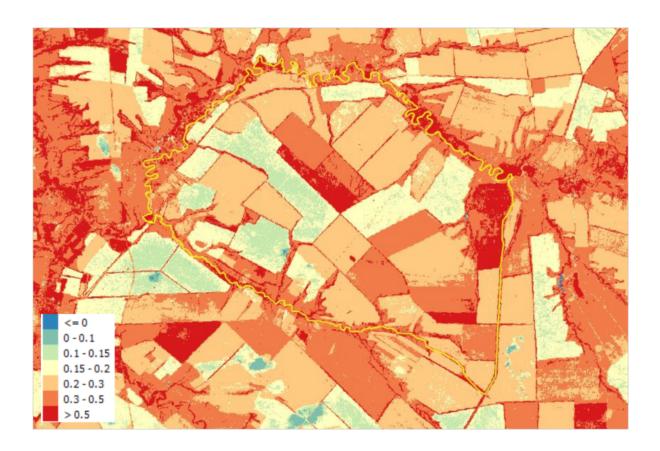
Решение

Контур, упомянутый в условиях задачи, наложенный на космический снимок Sentinel-2 от 01 июля 2020 г. в синтезе 11-8-4, приведён на рисунке ниже (красная линия).



Для расчёта индекса NDVI надо использовать простую формулу, приведённую в статьях по ссылкам из условий задачи: NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), где NIR - отражающая способность данного участка земной поверхности в ближнем инфракрасном канале, а RED - в видимом красном.

Для снимков Sentinel-2 никаких дополнительных пересчётов исходных значений в яркость делать не нужно — достаточно просто использовать значения пикселей в 8А и 4-м спектральных каналах. Для расчёта значений индекса в QGIS можно использовать «Калькулятор растров». Карта рассчитанных значений NDVI приведена на рисунке ниже.



Для нахождения максимального значения NDVI в пределах контура в QGIS можно воспользоваться инструментом «Зональная статистика». Сам контур при этом необходимо перепроектировать в проекцию, в которой находится данный космический снимок.

Ответ: 0.82 ± 0.01 .

Задача II.1.2.3. Типы растительности с высокими значениями NDVI (10 баллов)

С помощью доступных космических снимков среднего и высокого разрешения определите, какой тип растительности или поверхности (land cover) находится в пределах выявленного вами в предыдущей задаче пикселя с максимальным значением NDVI. Выберите один вариант из списка ниже.

В QGIS вы можете, например, воспользоваться скачанными Вами или иными мультиспектральными снимками за 2020 год, а также модулем QuickMapServices для подключения в качестве подложки в Ваш проект в QGIS снимков высокого разрешения и карт с открытых геопорталов.

Выберите один вариант из списка:

- 1. недавно вспаханное поле;
- 2. поле с созревшими озимыми культурами;
- 3. поле с молодыми всходами яровых культур;
- 4. поле под паром;
- 5. защитная лесополоса

- 6. луговая растительность с кустарником
- 7. огороды на приусадебных участках
- 8. водная поверхность (пруд)
- 9. крыши строений
- 10. участок после травяного пала

Решение

Чтобы решить эту задачу, необходимо сгенерировать слой, содержащий максимальные значения NDVI в пределах указанного полигона. Для этого необходимо обрезать растр по границам указанного контура с помощью функции «Обрезать растр по маске». С помощью Калькулятора растров, используя выражение ("NDVI@1»= 0.809306)*"NDVI@1"генерируется новый растр в котором остаются только пиксели с указанным максимальным значением, а все остальные сбрасываются в 0. Точное максимальное значение (в данном случае 0.809306) можно получить с помощью функции «Информация про растр» в QGIS. Получившийся новый растр, содержащий только максимальные значения, может не отображать явно пиксели с максимальным значением. Эти пиксели/пиксель едва видны до тех пор, пока не будут увеличены. Необходимо конвертировать растр в векторный формат, чтобы явно визуализировать эти пиксели. Конвертация проводится с помощью инструмента «Создание полигонов (растр в вектор)».

Открываем полученный векторный слой с максимальными значениями NDVI. Подключаем подложку со снимками высокого разрешения и определяем тип земного покрова.



Границы пикселя с максимальным значением NDVI и снимок высокого разрешения.

Ответ: 6.

Задача ІІ.1.2.4. Измерение площади по растровым данным (12 баллов)

Используя инструменты «Калькулятор растров» и «Зональная статистика» в QGIS (или аналогичные инструменты в других ГИС) подсчитайте количество пикселей в пределах той же территории(https://drive.google.com/file/d/1wT68ABaV4SnE_BeRkKsXVI61CN1TpKBV/view?usp=sharing), имеющих значение индекса NDVI 0,7 и выше, и подсчитайте их общую площадь в пределах данного контура.

Полученное значение площади выразите в гектарах, округлите до десятых долей единицы и внесите в поле ниже.

Решение

Для решения данной задачи на основе растрового набора данных со значениями NDVI нужно рассчитать производный растр, где каждому пикселю исходного растра со значением NDVI >=0.7 соответствовал бы пиксель со значением 1, а прочим пикселям исходного растра — пиксели со значением ноль.

Для этого в QGIS можно воспользоваться, например, «Калькулятором растров», используя в нём для расчёта производного растра выражение следующего вида:

$$("NDVI@1» = 0.7) \cdot 1 + ("NDVI8a@1 < 0.7) \cdot 0,$$

где NDVI – название исходного растра с рассчитанными значениями NDVI.

После чего надо воспользоваться инструментом «Зональная статистика», чтобы суммировать значения всех пикселей в производном растре в пределах границ территории, указанной в условии задачи. Полученное значение умножите на площадь одного пикселя (100 кв.м.) и переведите в гектары, разделив на 10000).

Ответ: 111.65 ± 5 .

Для информатиков-программистов 2

Задача ІІ.1.3.1. Оценка площади весенних травяных палов (10 баллов)

В 2020 году более 400 добровольцев Гринпис России оцифровали по космическим снимкам ВСЕ весение ландшафтные пожары во всех регионах России, произошедшие с начала года до 15 мая. Результаты этого беспрецедентного картографического проекта опубликованы и доступны всем заинтересованным, в том числе, в виде исходных пространственных данных. В публикации даны оценки по регионам и ряду типов земель России.

Дополните эти данные оценкой площади палов по экорегионам. Воспользуйтесь глобальной классификацией наземных экорегионов (см.также таблицу и одну из карт), выделяемых Всемирным фондом дикой природы (WWF). Воспользуйтесь опубликованным набором пространственных данных Terrestrial Ecoregions of the World. Вычислите общую площадь территорий, пройденных огнем в весенний период 2020 года (по данным Гринпис), в пределах российской части экорегиона Понтийская степь (Pontic Steppe, см. также Понтийско-Каспийская степь, Pontic—Caspian steppe).

Для геообработки и вычислений используйте упрощенный слой (со слитыми границами соседних полигонов) из данных Гринпис. Вычисление площадей произведите для проекции, в которой находится космический снимок, скачанный вами при решении Задачи 3 Первого блока.

Полученное число переведите в гектары, округлите до целых единиц и внесите в поле ниже.

Решение

Задание направлено на проверку навыков геопространственного анализа векторных данных.

В соответствии с условиями задачи, необходимо выбрать и скачать упрощенный слой палов с сайта Гринпис России –

https://drive.google.com/file/d/19ino7ReNoEu83ccS46qvsU3oYokTsu2c/view

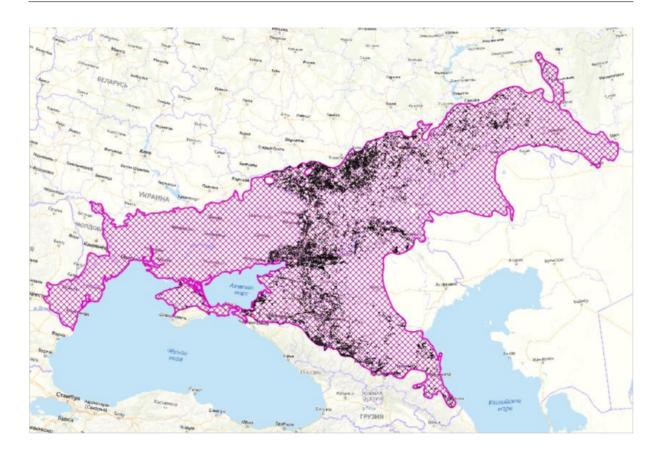
и слой с экорегионами

https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world

Для удобства работы лучше сразу выбрать из набора данных на весь мир контуры экорегиона Pontic Steppe с помощью функции «Выделить объекты удовлетворяющие условию». Выделенные объекты сохранить как отдельный набор данных используя функцию «Сохранить как...» (в QGIS доступна в контекстном меню каждого слоя). (См. рисунок ниже.)



Согласно условию задачи, необходимо выделить палы в пределах указанного экорегиона Pontic Steppe. Для этого можно воспользоваться функцией «Пересечение» в меню Вектор-Геообработка в программе QGIS, использовав в качестве исходного слоя слой палов от Гринпис, а в качестве оверлейного — слой с экорегионом Pontic Steppe. Данная функция извлекает перекрывающиеся части обоих слов и сохраняет это перекрытие в отдельный слой.



Получившийся слой необходимо перевести в проекцию UTM (Universal Transverse Mercator), зона 38N в системе координат WGS84 (EPSG:32650), как было указано в условиях задачи.

После этого необходимо произвести расчёт суммарной площади всех контуров палов в результирующем слое с помощью инструмента «Калькулятор полей», функция geometry- α в QGIS.

Ответ: 769437 ± 23100 .

Задача II.1.3.2. Снимки спектрорадиометра MODIS (10 баллов)

Скачайте файлы продукта Level-1B спектрорадиометра MODIS (https://en.wikipedia.org/wiki/Moderate_Resolution_Imaging_Spectroradiometer) (в номенклатуре системы EOSDIS для продуктов MODIS это MYD02) по следующим ссылкам:

- http://proc.lorett.org/data/Xkaliningrad/AQUA/2020-04/20200407_111758_ AQUA_MOD021KM.hdf
- http://proc.lorett.org/data/Xkaliningrad/AQUA/2020-04/20200407_111758_ AQUA_MODO3.hdf

Данные, на основе которых был сгенерирован этот продукт, были получены в режиме реального времени со спутника Aqua на наземной станции, установленной в Музее мирового океана (г.Калининград). Станция обеспечивает получение данных с ряда спутников для оперативного мониторинга Калининградской области.

Формат файла этого продукта — HDF4. В основных чертах содержимое и форма-

тирование элементов данных в нем следует структуре продуктов Level-1В. Руководство пользователя этого типа продуктов можно найти здесь: MODIS Level 1В Product User'sGuide(https://mcst.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/file_attachments/M1054E_PUG_2017_0901_V6.2.2_Terra_V6.2.1_Aqua.pdf). Рекомендуем также наш вебинар (https://youtu.be/_9QCDgrJ4Ic?t=2000) по работе с продуктами MODIS и форматом HDF, прочитанный 22.02.2020 в рамках подготовки к финалу нашей олимпиады в 2019/20 учебном году, а также презентацию (https://drive.google.com/open?id=1FT0WB-CPrMY_-RCgvGefgf7GIMgd1nkc) к нему.

Для работы с «сырыми» массивами данных и атрибутивной информацией HDF рекомендуем использовать свободно распространяемую программу HDF View (https://www.hdfgroup.org/downloads/hdfview/). Если вы планируете работать с данными MODIS в QGIS, ознакомьтесь с инструкцией (https://drive.google.com/open?id=1y4a990hKNZSE_tsjgHAYecUu-YWxGhOH) по их загрузке в QGIS в формате HDF.

Используя записанные в файле MOD03 массивы значений широты и долготы определите положение в растрах километровых каналов пикселей с приведенными ниже географическими координатами (в десятичных градусах). То есть определите строку и номер пиксела в строке в сырой ориентации растров — так, как они хранятся в файле HDF. Отсчет номеров строк и номеров пикселей в строке отсчитывать от нулевого значения. То есть координаты первого пикселя первой строки будут 0, 0.

Обратите внимание: для этой сцены широта пикселей первых строк меньше чем в последних строках, так как спутник снимал на восходящем участке орбиты.

Внесите строку и номер пикселя в строке (целые числа) в поля ниже.

Решение

Для решения задачи требуется знакомство с представлением сложных структур данных в формате HDF и, в частности, с составом и форматом записи базовых продуктов 1го уровня обработки радиометра MODIS. Именно эти продукты являются базовыми для большинства прикладных алгоритмов обработки данных этого прибора, в связи с чем владение навыками работы с такими файлами является важным для практической работы. В условии задачи были приведены ссылки на учебные и справочные материалы, необходимые для ознакомления с продуктами Level-1B MODIS и форматом HDF. Также в условиях задачи приведена ссылка на программу HDFView, которая является одним из самых доступных и эффективных инструментов для анализа структуры HDF файлов.

Основная сложность при решении этой задачи — определить в каких именно из многих десятков структур данных в предложенных файлах содержат требуемые числовые массивы - «массивы значений широты и долготы» и «растры километровых каналов». В соответствии с руководством пользователя продукта массивы значений пикселей каналов с километровым разрешением записаны в структурах EV_1KM_RefSB и EV_1KM_Emissive. Длина строки растров в этих массивах (1354, определяется по метаданным этой структуры) соответствует количеству элементов

разрешением 1км. в скане радиометра MODIS. Массивы с другой размерность заведомо не могут соответствовать 1-километровым растрам. Дополнительной проверкой того, что эти структуры содержат именно видеоизображение, может являться визуализация их с помощью команды «open as». Необходимо отметить ,что массивы Latitude и Longitude в файле MOD021 записаны в сетке с шагом не 1 а 5 километров (об этом свидетельствует их пропорционально меньший размер). Поэтому более удобным для решения поставленной задачи является использование одноименных массивов из файла MOD03. Для проверки — их размер строки и количество строк такие же как и у километровых изображений. Т.е. эти массивы соответствуют друг другу попиксельно, что позволяет найти ответ на поставленные вопросы без дополнительной интерполяции.

Дополнительная сложность при выполнении задания состояла в том, что по сути предлагалось решить «обратную» задачу найти пиксел в массиве по данным координатам (значению пиксела), а не более простую — найти значение пиксела для данного его положения в растре. Для этого требовалось открыть соответствующие массивы значений широты и долготы и с учетом направления изменения значений в двух отдельных массивах найти пиксели со значениями пары координат одновременно максимально приближенными к данным в условии. Для поиска в двух связанных массивах можно применять метод последовательного приближения — поиск близких значений координатты в одном массиве, затем начиная с найденной позиции перемещение в массиве другой координаты в сторону, уменьшающую отклонение от требуемого значение. Последовательное выполнение такой процедуры несколько раз сужает область поиска до нескольких пикселей, седи которых определяется наиболее подходящий по отклонению двух координат. Номера столбца и строки растра при его отображении в HDFView отсчитываются с 0, как и требуется по условиям задания. Примеры вида массивов координат в HDFView для координат первого указанного в задании пиксела приведены на следующих картинках.

Ответ: 1 - 126; 2 - 726; 3 - 145; 4 - 730.

Задача II.1.3.3. Вычисление энергетической яркости (Radiance) (6 баллов)

В файле MOD021KM массивы EV_1KM_RefSB и EV_1KM_Emissive содержат данные километровых каналов с номерами 8-19, 26 (в основном каналы видимого и ближнего ИК диапазонов) и 20-36 (тепловые ИК) соответственно. (Обратите внимание: канал 26 сохраняется не по порядку — в массиве EV_1KM_RefSB.) Номера каналов перечислены в атрибутах band_names этих массивов. Перечень каналов и их основные характеристики можно найти на странице https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php.

Определите значения спектральной плотности энергетической яркости (далее — просто яркости, Radiance) в канале 22 (3,959 мкм) для пикселей, положение которых вы нашли в предыдущей задаче. Для этого вам необходимо пересчитать целые масштабированные значения SI (scaled integer), записанные в массиве данных EV_1KM_Emissive в значения яркости с использованием параметров radiance_scale и radiance_offset для соответствующих каналов (см. атрибуты этого массива). Формула пересчета приведена в разделе 5.5.1 MODIS Level 1B Product User's Guide https://mcst.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/file_attachments/M1054E_PUG_

2017_0901_V6.2.2_Terra_V6.2.1_Aqua.pdf.

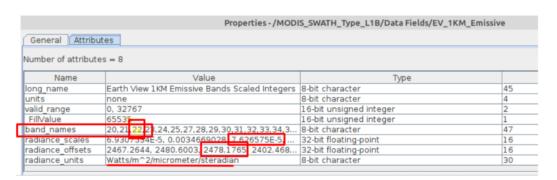
Выразите полученные значения в ваттах на стерадиан на кв.м. на мкм. (Вт/м²·ср·мкм), округлите до сотых долей единицы и внесите соответственно: в поле ниже для первого пикселя и в поле в следующей задаче для второго пикселя.

Решение

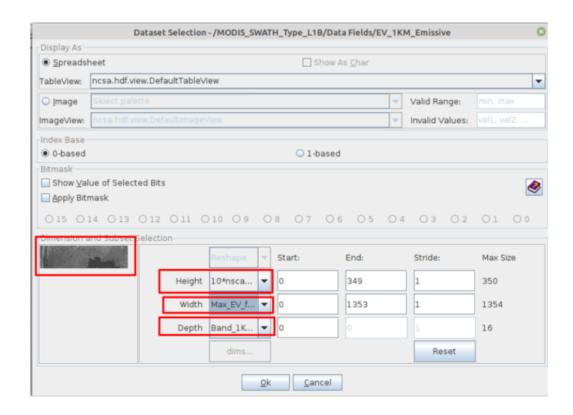
Ряд указаний по решению задания приведены в условии (непосредственно указан номер спектрального канала, названия массивов и требуемых атрибутов). Также даны ссылки на полное описание формата продукта, алгоритма калибровки и ссылка на раздел документа с описанием используемой при расчете яркости формулы (уравнение 5.8 в разделе 5.5.1 MODIS Level 1B Product User's Guide). Необходимо отметить, что эта формула не является универсальной для подобных операций пересчета и точный вид формулы обязательно должен уточняться пользователем по описанию конкретного продукта данных конкретной аппаратуры.

В процессе решения необходимо последовательно:

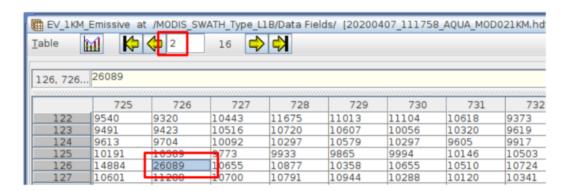
• определить номер требуемого канала в массиве данных тепловых каналов (EV_1KM_Emissive, подсказка какой требуется использовать массив уже содержалась в условии). Это можно сделать либо по описанию продукта, либо непосредственно по атрибутам этого массива — в списке каналов, приведенном в аттрибуте band names, канал 22 числится третьим по порядку.



• Найти масштабированное целое значение (SI), записанное в указанном пикселе (номера строки и столбца определены в предыдущем задании). Для этого нужно правильно открыть массив указав какие из 3х размерностей использовать как строки и столбцы растра, а какую в качестве номера канала. Если этого не сделать, или ошибиться с указанием осей, в отображаемом массиве может не оказаться нужных строки и столбца, или может быть считано значение неправильного пиксела. Ориентироваться при выборе размерностей следует по известным из описания продукта фиксированным размерам этого массива (1354 пикселей в строке и 16 каналов, количество строк может быть произвольным в разных гранулах продуктов).



- После открытия табличного представления массива следует проверить
- правильность размеров по всем координатным осям (ширина 1354, количество каналов по индикации в переключателе каналов 16). После открытия массива важно не забыть перейти к 3му каналу в этом трехмерном массиве (при отсчете каналов с 0 это канал номер 2, который нужно указать в поле выбора канала в поле навигации вверху таблицы). Дальше перейти к требуемому положению пиксела (строка 126, столбец 726) и получить величину масштабированного целого значения яркости (SI) 26089.



- Для перевода целого значения в обычную величину яркости следует использовать формулу 5.8 в разделе 5.5.1 MODIS Level 1B Product User's Guide. Для применения этой формулы необходимо в аттрибутах массива EV_1KM_Emissive считать значения radiance_scales и radiance_offset для нужного канала. Как мы определили выше, это 3й канал в массиве, значит нужны 3и элементы из списков значений в этих атрибутах (см. на картинке диалога с атрибутами, приведенной выше). Значения требуемых коэффициентов в данном примере: 7.626575e-5 и 2478.1765.
- С использованием полученных значений можно выполнить требуемый расчет

- значения яркости: L = radiance_scales * (SI radiance_offset) = 7.626575e-5 * (26089 2478.1765) = 1,800697162
- Для представления полученного результата в соответствии с условиями задания требуется округлить полученное значение до сотых и проверить соответствие единиц измерения полученного значения яркости. Согласно описанию продукта и записи в аттрибуте radiance_units значения коэффициентов пересчета даны для единиц измерения спектральной плотности энергетической яркости Bт/м² 'ср'мкм. Таким образом, пересчета к другим единицам измерения не требуется.

Ответ: 1.80 ± 0.05

Задача II.1.3.4. Вычисление энергетической яркости (Radiance), часть 2 (6 баллов)

Выразите значение спектральной плотности энергетической яркости (Radiance), полученное при решении предыдущей задачи для второго пикселя, в ваттах на стерадиан на кв.м. на мкм. ($Br/m2 \cdot cp \cdot mkm$), округлите его до сотых долей единицы и внесите в поле ниже.

Решение

Принцип и порядок решения этой задачи аналогичны решению задачи 3.3.3. Положение требуемого пикселя определялось во второй части задания 3.3.2 (строка 145, столбец 730). Значение 3-го (номер 2 при счете с 0) канала массива данных EV_1KM_Emissive в этом пикселе: 1132.

Pacчет величины яркости производится в соответствии с формулой 5.8 в разделе 5.5.1 MODIS Level 1B Product User's Guide.

 $L = radiance_s cales \cdot (SI - radiance_o ffset) = 7.626575e - 5 \cdot (1132 - 2478.1765) = 0,65999034$

Округление этого значения до сотых дает ответ задачи в требуемых единицах измерения ($\mathrm{Br/\ m2}$ 'cp'мкм.): 0.66.

Ответ: 0.66 ± 0.05 .

Задача ІІ.1.3.5. Вычисление яркостной температуры (12 баллов)

Оцените яркостную температуру выбранных пикселей этого снимка (в градусах Кельвина) в спектральном канале 3,959 мкм (используйте 22-й канала MODIS). Вычислите разницу между ими по этому показателю. Полученное значение (в Кельвинах) округлите до десятых долей единицы и внесите результат в поле ниже.

Про расчет яркостной температуры (Top of Atmosphere Brightness Temperature) для снимков ASTER можно прочитать, например, здесь (http://www.pancroma.com/downloads/ASTER%20Temperature%20and%20Reflectance.pdf). Расчет по снимкам

MODIS делается аналогично (См. также здесь (https://mcst.gsfc.nasa.gov/forums/how-can-i-extract-temperature-l1b-data-product). Но приведенная здесь формула более сложная для расчета в данном случае.) Это вопрос обсуждался и на нашем вебинаре (https://youtu.be/_9QCDgrJ4Ic?t=2000) по работе с продуктами MODIS (см. также презентацию (https://drive.google.com/open?id=1FTOWB-CPrMY_-RCgvGefgf7GIMgd1nkc) к нему).

Решение

Расчет значений яркостной температуры, наряду с получением калиброванных значений спектральной плотности яркости, является одним из основных этапов предварительной подготовки данных тепловых инфракрасных каналов для их прикладной обработки и анализа. Большинство прикладных алгоритмов, использующих данные этих каналов, манипулируют именно значениями яркостных температур, а не непосредственно яркости. Поэтому умение расчета температуры и извлечения необходимых данных из базовых продуктом является одним из ключевых для серьезной численной работы с данными.

Имея значения спектральной плотности яркости, полученные в результате решения предыдущих задач, расчет яркостной температуры сводится к использованию формулы, обратной формуле Планка. Вид формулы Планка, а также значения используемых в ней констант, приведены в различных источниках, в частности в материалах, ссылки на которые указаны в условии задачи. Наиболее удобным для применения в контексте этой задачи вариант записи обратной формулы Планка является следующий (приведен в упомянутой в условии презентации и рассматривался на вебинаре при подготовке к финалу).

$$T_B = \frac{c_2/\lambda}{\ln(1 + \frac{c_{1B} \cdot \lambda}{L_\lambda})}$$

$$c_{1B} = 1,19104282 \cdot 10^8 W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^4 \cdot sr^{-1}$$

$$c_2 = 1.4387751 \cdot 10^4 \mu m \cdot K$$

Особого внимания при выполнении расчета требует использование корректных единиц измерения всех входящих в формулу величин. Они должны быть согласованы с единицами измерения приведенных коэффициентов. Т.к. «спектральная» часть единиц измерения этих коэффициентов выражена в микрометрах, а «яркостная» в $\rm Bt/m^2$ 'ср'мкм., можно непосредственно использовать значение длины волны в микрометрах (3,959 мкм) и яркости в $\rm Bt/m^2$ 'ср'мкм (для первого пиксела 1.80, второго 0.66).

Подставляя значение коэффициентов, длины волны и яркости пикселей в формулу получаем:

$$\frac{\left(\frac{1,438775\cdot10^4}{3,959}\right)}{\ln\left(1+\frac{1,191043\cdot10^8}{(1,80\cdot3,959^5)}\right)} = 326.6K$$

И

$$\frac{\left(\frac{1,438775\cdot10^4}{3,959}\right)}{\ln\left(1+\frac{1,191043\cdot10^8}{(0,66\cdot3,959^5)}\right)} = 299.6K$$

По условиям задачи требуется определить разность яркостных температур в двух указанных точках, которая в итоге оставляет 326.6 - 299.6 = 27.0.

Можно обратить внимание, что значение яркости второго пиксела (строка 145, столбец 730) мало отличается от яркостей соседних пикселей в достаточно большой окрестности (это видно по значениям масштабированных целых значений в сырых растрах, даже без пересчета в яркости и температуры). Тогда как яркость и температура в первом пикселе существенно превышают средние значения в этой окрестности. Существенная разность температуры пуксела и среднего значения температуры по окрестности является характерным признаком наличия в области покрытия пиксела источника высокой температуры (пожара, газового факела, высокотемпературного техногенного источника и т.п.).

Ответ: 27.0 ± 0.1 .

Командная часть

Командные задачи 1

Уважаемые участники!

Это первый блок командных задач. Он посвящен мониторингу сельского хозяйства, конкретно — мониторингу посевов на полях в южных регионах России.

Для выполнения задач этого блока вам необходимо будет освоить, прежде всего, навыки работы с различными растровыми данными (включая данные со спутников в формате HDF), расчета вегетационных индексов и изучения их сезонной динамики в пределах отдельных участков. Напоминаем вам, что вы можете использовать любое доступное вам программное обеспечение ГИС.

Co списком некоторых бесплатных общедоступных ГИС-программ можно ознакомиться здесь (https://stepik.org/lesson/436238/step/1?unit=426357).

Рекомендуем вам ознакомиться с материалами для подготовки по основам ГИС и ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли), ссылки на которые мы собрали для вас здесь (https://stepik.org/lesson/436239/step/1?unit=426358), а также с документацией и/или пособиями по программному обеспечению ГИС, которое вы планируете использовать. К вашим услугам также вебинары (https://stepik.org/lesson/436240/step/1?unit=426359) прошлых лет, на которых мы разбирали некоторые похожие задачи.

Задачи данного блока предполагают довольно значительный объем работ и рассчитаны на совместную работу географов-дешифровщиков и информатиков-програм-

мистов. Обработка значительного объема однородных данных может быть облегчена с помощью программирования.

Желаем успехов!

Задача II.2.1.1. Создание карты полей с использованием космических снимков высокого разрешения. (10 баллов)

Карты полей являются основой и необходимым условием для проведения мониторинга сельскохозяйственных земель. Космический мониторинг позволяет ответить на многие вопросы в сфере сельского хозяйства. Например:

- Как и для чего используется поле?
- Какие поля требуют первоочередного внимания агронома?
- Каково состояние посевов на нем и как происходит развитие сельскохозяйственных культур?
- Есть ли зоны ущерба, связанные с неблагоприятными природными факторами, вредителями и болезнями?
- Какой урожай можно ожидать на этом поле?

А также многие другие вопросы. Но для того, чтобы ответы на эти вопросы были своевременными и точными, карта полей также должна быть очень точна. Если при цифровке границ пропустить часть поля, нельзя будет правильно рассчитать количество семян и удобрений. Если в контур поля включить посторонние объекты — лесополосы, участки леса, склоны оврагов и балок, здания и сооружения, то автоматические алгоритмы, которые рассчитывают различные параметры посевов будут работать неправильно, и полноценный мониторинг поля будет невозможен.

В рамках данной задачи вам предлагается самостоятельно создать карту полей на небольшой участок территории, расположенный в Волгоградской области. Границы участка содержатся в файле border01.zip (дешифровщики уже скачивали его при решении задачи(https://stepik.org/lesson/436258/step/2?unit=426376) Второго блока на расчет индекса NDVI https://drive.google.com/file/d/1wT68ABaV4SnE_BeRkKsXVI61CN1TpKBV/view?usp=sharing). Скачайте его на свой компьютер и распакуйте любым имеющимся у вас архиватором. Вы получите границы территории в формате ESRI SHAPE.

Для точного проведения границ полей вам необходимо использовать доступные космические снимки высокого разрешения с одного из открытых геопорталов Яндекс Карты (https://maps.yandex.ru/), Google Maps (https://www.google.com/ maps) или Bing Maps (https://www.bing.com/maps). Вы можете подгрузить их в качестве подложки в вашу настольную ГИС. (Большинство современных ГИС это позволяет. Например, в QGIS для этого можно использовать модуль QuickMapServices.) Это позволит вам одновременно видеть актуальное состояние полей по снимкам Sentinel-2, которые вы сгрузили ранее, и уточнить их границы по подложке снимков высокого разрешения (помните, что они вряд ли отражают актуальную ситуацию). Вы также можете отрисовать границы полей онлайн на порталах Google Maps (сервис «Мои места») (https://www.google.com/maps), Конструктор карт Яндекс (https:// yandex.ru/map-constructor) или Kosmosnimki.RU (https://kosmosnimki.ru/), crpyзить отрисованные контура и проверить их актуальность по снимкам Sentinel-2 в Вашей настольной ГИС. Еще вы можете воспользоваться программой Google Планета Земля Pro (https://www.google.com/intl/ru/earth/desktop/), также дающей доступ к космическим снимкам высокого разрешения. (Чтобы быстро перейти в вашу локацию из QGIS в Google Планета Земля Pro (https://www.google.com/intl/ru/ earth/desktop/) можно воспользоваться модулем Send2GE.)

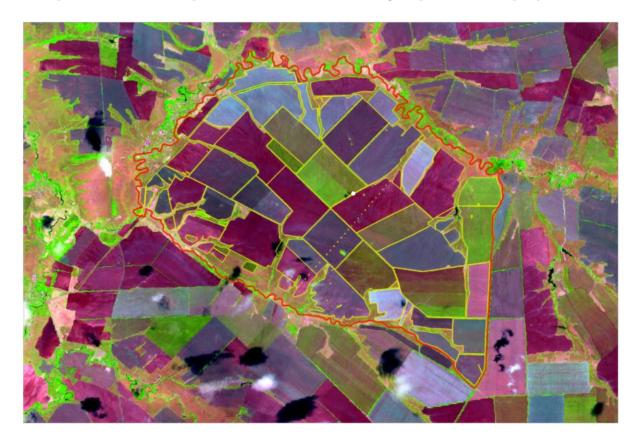
Каждое поле должно представлять собой замкнутый полигон. Помните, что отрисовка границ полей должна быть достаточно точно, со всеми плавными изгибами границ. Также важно помнить, что на момент съемки поля могут находится в различном состоянии — распаханные, с растущими на них посевами или уже убранными. Вам надо найти все типы полей. Вблизи долин рек есть участки относительно малой площади с извилистыми границами, внешне очень похожие на поля. Как правило такие участки используются как сенокосы, а если распахиваются, то далеко не каждый год. Ориентируйтесь на более крупные контура с четкими границами.

После завершения цифровки, когда вы найдете и нарисуете все поля в пределах предложенной территории, используя возможности ГИС-программы, рассчитайте площадь каждого поля. Для расчета площадей используйте ту же проекцию и систему координат, в которой находится снимок Sentinel-2, который вы скачали в Задаче 3 (https://stepik.org/lesson/436254/step/4?unit=426372) первого блока (Универсальная поперечная проекция Меркатора, зона 38 северная; Universal Transverse Mercator (UTM), zone 38N; на всемирной системе геодезических параметров Земли 1984 года, WGS 84).

Выразите полученные значения площади в гектарах. Сложите площади всех полей, округлите до целого числа и впишите полученный результат в поле ниже.

Решение

Границы полей поверх снимков Sentine-2 и Google приведены на рисунках ниже.





Для подсчёта площади всех полей с помощью инструмента «Калькулятор полей» в QGIS используется функция geometry-\$area.

Ответ: 11806 ± 590 .

Задача ІІ.2.1.2. Определение изменения состояния полей. (10 баллов)

При проведении мониторинга сельскохозяйственных полей важно не только понимать в каком состоянии находятся поля на момент съемки конкретного космического снимка, но и оценивать изменение состояния полей — появление всходов, темпы развития посевов, их созревание и готовность к уборке.

В рамках этой задачи вам предлагается найти созревшие поля с озимыми культурами, которые, на момент снимка Sentinel-2, который вы скачали в Задаче 3 (https://stepik.org/lesson/436254/step/4?unit=426372) первого блока, скоро можно будет убирать. В данном случае мы рассматриваем поля с озимыми культурами, у которых период активного роста приходится на весну и начало лета. К июлю они уже как правило находятся в стадии созревания.

Чтобы найти эти поля, вам понадобится тот же упомянутый выше снимок Sentinel-2 на начало июля 2020 года, который вы уже скачали, и карта полей в векторном формате, которую вы создали в рамках предыдущей задачи («Создание карты полей с использованием космических снимков высокого разрешения»). Дополнительно вам надо будет скачать еще один снимок Sentinel-2 на ту же территорию за 2 апреля 2020 года. Скачайте этот снимок, раскройте архив и поместите его в отдельную папку на

вашем компьютере.

Для второго снимка вам необходимо рассчитать индекс NDVI — так же, как вы или ваши товарищи по команде сделали это для первого снимка при решении второй задачи (https://stepik.org/lesson/436258/step/2?unit=426376) Второго блока для географов-дешифровщиков. Полученные значения индекса должны изменяться в диапазоне от -1 до +1, но для сельскохозяйственных полей они редко бываю ниже 0, то есть изменяются от 0 до 1.

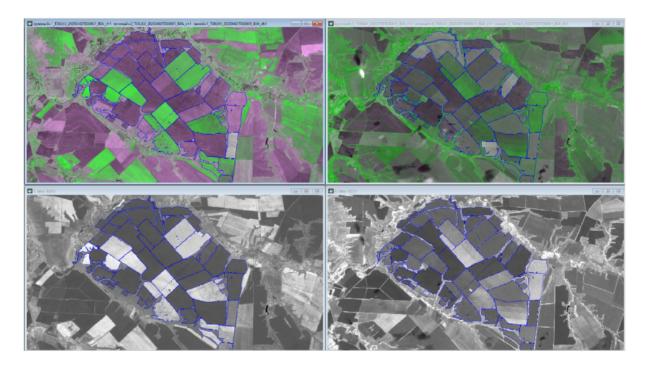
Используя функционал вашей ГИС-программы (например, с помощью инструмента «Зональная статистика» в QGIS) внесите в атрибутивную таблицу вашего набора векторных данных с границами полей, созданного при решении предыдущей задачи, средние для каждого оцифрованного вами поля значения индекса NDVI для обоих снимков.

В итоге вы получите в атрибутивной таблице два значения для каждого поля (каждой записи, строке атрибутивной таблицы) — значения индекса NDVI за апрель и за июль 2020 года. При созревании сельскохозяйственный культуры высыхают и значения NDVI у них снижаются. Поэтому наиболее близкими к созреванию будут те поля, где разность в значениях NDVI будет максимальна.

Вычтите из апрельских значений июльские, выберете поля, для которых разность будет больше 0,2. Посчитайте суммарную площадь таких полей в гектарах и округлите результат до целого числа. Полученный результат впишите в поле ниже. Для расчета площадей используйте ту же систему координат, что и в предыдущей задаче.

Решение

На рисунках ниже приведены границы полей, наложенные на снимки Sentinel-2 (вверху) и растры со значениями индекса NDVI (внизу) за июль (слева) и за апрель (справа) 2020 г.



Искомые поля – ярко-зелёные на левом снимке.

Список полей, для которых изменение NDV составило более 0,2 приведено в таблице ниже.

ID поля	Площадь	Среднее по полю зна-	Среднее по полю зна-	Разница
	поля, га	чение NDVI за июль	чение NDVI за ап-	NDVI
		2020	рель 2020	(июль-
				апрель)
17	332,47	0,357748945788896	0,134254355422358	0,22
58	349,38	0,380595603594799	0,148043905943270	0,23
67	8,29	0,460309456069733	0,221835875007825	0,24
57	377,18	0,404403505597413	0,140708115154289	0,26
62	570,85	0,408485495638329	0,136375621101653	0,27
51	16,11	0,467140112682327	0,148416104543926	0,32
52	21,83	0,513934884992761	0,157639328168210	0,36
27	437,08	0,502832238095860	0,140814622746804	0,36
34	328,23	0,514329672216650	0,151807676787569	0,36
33	213,52	0,522775950520350	0,155654020181166	0,37
18	89,17	0,517776517412619	0,132317618508895	0,39
37	7,47	0,641981864358015	0,175487127663060	0,47
44	5,37	0,698120497611921	0,160960891089444	0,54
46	7,68	0,718606638628625	0,170340696653300	0,55
Общая	2764,63			
площадь:				
Число по-	14			
лей:				

Ответ: 2765 ± 140 .

Задача II.2.1.3. Выделение полей с озимыми культурами — создание набора данных (10 баллов)

Одной из важнейших задач сельскохозяйственного мониторинга является проблема распознавания сельскохозяйственных культур по космическим снимкам. Конечно, руководитель или агроном конкретного аграрного предприятия и так знает, какие культуры были посеяны и на каких полях находятся эти посевы. Но есть задачи, стоящие перед государственными органами и финансовыми организациями, например — оценка качества земель и продуктивности полей на крупных территориях, масштаба целого региона или даже всей страны. Если такая оценка производится за несколько лет, то не всегда можно собрать точные данные по многим тысячам полей. И здесь на помощь приходит космическая съемка.

Наиболее распространенный способ решения таких задач — определение типа культур по ходу вегетационного индекса или, как еще говорят, по их профилю NDVI.

В рамках данной задачи вам предлагается, используя профиль NDVI, определить количество полей с озимыми культурами в пределах небольшой территории,

расположенной в Волгоградской области — той же, с которой вы имели дело в первой задаче (https://stepik.org/lesson/436270/step/2?unit=426388) данного блока. Для этого нужно использовать снимки съемочной системы MODIS, а точнее не сами снимки, а готовый тематический продукт — 16-и дневные композиты NDVI. Вам нужно скачать все композиты NDVI, полученные со спутника Terra, за период с 1 сентября 2019 года по 1 сентября 2020 года.

Скачать данные можно на одном из сайтов NASA — LAADS DAAC (The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) Distributed Active Archive Center (DAAC))(https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/order/1/MODIS: Terra) либо на уже знакомом вам EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/) Геологической службы США (US Geological Survey). Прежде чем вы сможете скачать выбранные композиты система LAADS DAAC (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/order/1/MODIS:Terra) попросит вас зарегистрироваться. Скачивание с EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov/) также все равно потребует от вас регистрации и на LAADS DAAC (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/order/1/MODIS:Terra) тоже. Регистрация и скачивание данных бесплатны. При регистрации постарайтесь аккуратно заполнить поля регистрационной анкеты. Получить доступ к регистрации можно перейдя в позицию меню «Profile» или в момент скачивания выбранных тайлов.

B системе LAADS DAAC (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/order/1/MODIS:Terra) для выбора нужного тайла вам необходимо сначала выбрать нужный продукт. Для этого В поле «All sensors» вы выбираете «MODIS: Terra». Затем ниже выбираете «Collection 6 — Level 1, Atmosphere, Land». В открывшемся списке в разделе «Ecosystem variables» выбираете «Vegetation indices». В списке справа вы увидите перечень продуктов, содержащих вегетационные индексы. Из этого списка вам нужен только MOD13Q1 «MODIS/Terra Vegetation Indices 16-day L3 Global 250m SIN Grid».

Следующим шагом переходите в закладку «ТІМЕ» и устанавливаете диапазон дат с 1 сентября 2019 по 1 сентября 2020. Нажимаете «Add Date».

Следующим шагом переходите в закладку «LOCATION». Здесь вам нужно выбрать территорию, на которую будут скачаны данные. В диалоговом окне справа вы может выбрать «Draw Custom Box» и просто нарисовать на карте прямоугольник, включающий вашу зону интереса. Или выбрать «Tiles», тогда вы увидите нарезку продуктов MODIS на тайлы, и вам просто нужно будет выбрать необходимый тайл.

Когда вы выбрали диапазон дат и расположение зоны интереса, нажмите на надпись «No files selected» или перейдите в закладку «Files». Вы увидите список всех файлов, покрывающих вашу территорию, отсортированный по датам. Справа в каждой записи, в столбце «Download» есть кнопочка с указанием размера файла. По нажатию на нее вы скачиваете выбранный файл на свой компьютер. Скачайте все файлы, перечисленные в списке на экране.

Скачанные файлы будут иметь формат *.HDF. Для работы с ним мы рекомендуем вам ознакомиться с вебинаром (https://youtu.be/_9QCDgrJ4Ic?t=2000), который был прочитан для участников в рамках подготовки к финалу Олимпиады 22.02.2020 г., и с презентацией (https://drive.google.com/open?id=1FT0WB-CPrMY_-RCgvGefgf7GIMgd1nkc) к нему.

Определите размер каждого файла в байтах. Просуммируйте полученные значения.

Ответ: 3863643018.

Задача ІІ.2.1.4. Выделение полей с озимыми культурами — предварительная обработка данных (10 баллов)

В ходе выполнения предыдущей задачи вы скачали комплект шестнадцатидневных композитов NDVI, полученных съемочным прибором Terra MODIS. Следующим шагом для определения полей с озимыми культурами является подготовка данных к тематическому анализу и приведение их к виду, удобному для дальнейшей обработки. Скачанные файлы имеют формат *.HDF, а содержащиеся в них данные будут представлены в синусоидальной проекции, очень неудобной для дальнего использования.

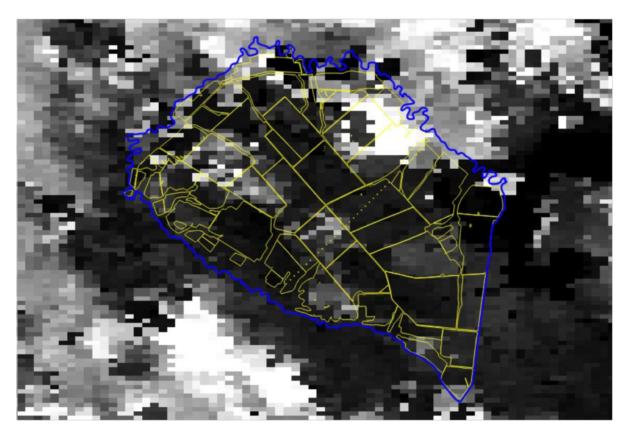
Некоторые ГИС-систему умеют открывать и работать с данным форматом напрямую. В частности, может это делать и QGIS, но не всегда и не все версии. Если при решении предыдущей задачи вы познакомились с первым вебинаром по работе с форматом HDF, то можете посмотреть также и второй вебинар (01.03.2020) (https://youtu.be/c_o2qrBxQzk), а также инструкция (https://drive.google.com/open?id=1y4a990hKNZSE_tsjgHAYecUu-YWxGhOH) по загрузке снимков MODIS в формате HDF в QGIS. Описанный механизм работает с третьей ("международной") версией QGIS. Версия NextGIS QGIS может открывать HDF-файлы напрямую. Но их корректная привязка работает не всегда и зависит от конкретных условий (в частности, от проекции вашей карты).

Для конвертации полученных файлов в GeoTIFF и нужную проекцию вы можете также использовать свободно распространяемые программы MODIS Reprojection Tool (MRT, инструкция на русском языке здесь(https://drive.google.com/file/d/ 1IrHEfCsG6VfyvEQiRN7pQxjiFgBocTLs/view?usp=sharing)) (https://drive.google. com/file/d/1ZGwESiaO6cJTCov6ZK-OdjmPEIMuzLob/view?usp=sharing), (Sentinel Application Platform) (http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/) or Ebропейского космического агентства (ESA) или HDF-EOS to GeoTiff Converter (HEG) (https://wiki.earthdata.nasa.gov/pages/viewpage.action?pageId=170800766). Для работы этих программ на вашем компьютере необходимо также установить Java. При конвертации сохраняйте полученные тайлы в ту же проекцию и систему координат, в которой находится снимок Sentinel-2, который вы скачали в Задаче 3 (https://stepik.org/lesson/436254/step/4?unit=426372) первого блока (Универсальная поперечная проекция Меркатора, зона 38 северная; Universal Transverse Mercator (UTM), zone 38N; на всемирной системе геодезических параметров Земли 1984 года, WGS 84). Файл HDF содержит несколько различных растровых слоев. При конвертации или открытии непосредственно в вашей ГИС вам нужно выбрать только слой NDVI.

Среди всех обработанных композитов найдите последний по дате за 2019 год (целиком собранный из снимков 2019 года). Откройте его в имеющейся у вас ГИС-программе. Определите максимальное значение NDVI за этот период в пределах участка, границы которого вы уже скачивали для решения предыдущих задач https://drive.google.com/file/d/1wT68ABaV4SnE_BeRkKsXVI61CN1TpKBV/view?usp=sharing. Полученное значение округлите до сотых долей и впишите в поле ниже. Обратите внимание, что в скачанных вами композитах MODIS содержатся не реальные значения NDVI, а целые числа, представляющие из себя значения NDVI, умноженные на коэффициент (увеличенные на несколько порядков).

Решение

Последний по дате за 2019 год (целиком собранный из снимков 2019 года) композит значений NDVI, рассчитанных по снимкам MODIS, для которого необходимо было найти максимальное значение NDVI.



Ответ: 0.98 ± 0.01 .

Задача II.2.1.5. Выделение полей с озимыми культурами — нахождение полей по профилю NDVI (10 баллов)

В ходе выполнения предыдущих задач вы скачали комплект данных Terra MODIS и подготовили эти данные к тематическому анализу. Также, в рамках выполнения задачи «Создание карты полей с использованием космических снимков высокого разрешения» вы создали векторный слой полей на небольшой участок Волгоградской области. Теперь у вас есть все необходимое для определения полей, на которых в 2019 году были засеяны озимые культуры.

Для этого, используя имеющуюся у вас ГИС-программу или программу для обработки космических снимков, одновременно или последовательно откройте все полученные растровые слои. Крайне важно при этом соблюдать последовательность дат.

Загрузите векторный слой полей в ГИС-программу и, используя ее функционал, запишите в атрибутивную таблицу среднее значение NDVI для каждого поля за каждую дату. (В QGIS для этого можно использовать модуль «Зональная статистика».)

Если векторный слой полей сохранен в формате *.shp, его атрибутивная таблица содержится в файле с расширением DBF. Вы можете открыть этот файл, например, при помощи программы MS Excel. Постройте графики хода NDVI для каждого поля. Вы увидите, что графики будут различаться между собой. Каждый тип графика, как правило, соответствует определенной сельскохозяйственной культуре. Проанализируйте графики и выберете те поля, которые имеют ярко выраженный рост значений NDVI в конце 2019 года и высокие значения NDVI в начале 2020 года. Важно также, чтобы у этих полей пик вегетации (максимальные значения в сезоне 2020 года) имел одинаковые или близкие даты приблизительно в июне 2020 года.

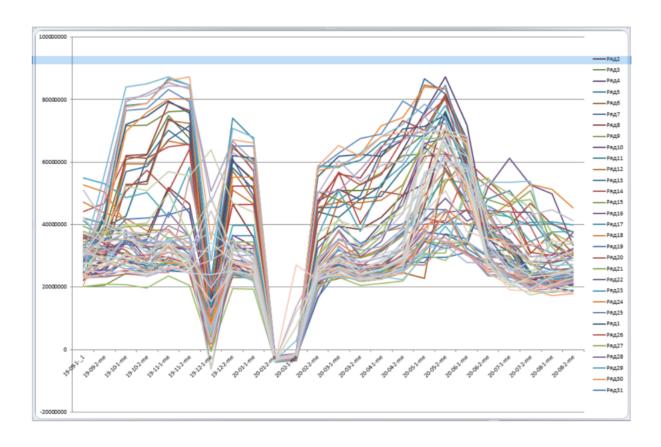
Посчитайте количество полей (целое число), для которых графики соответствуют указанным выше требованиям. Полученное число впишите в поле ниже.

Уточнение по поводу границ отдельных полей:

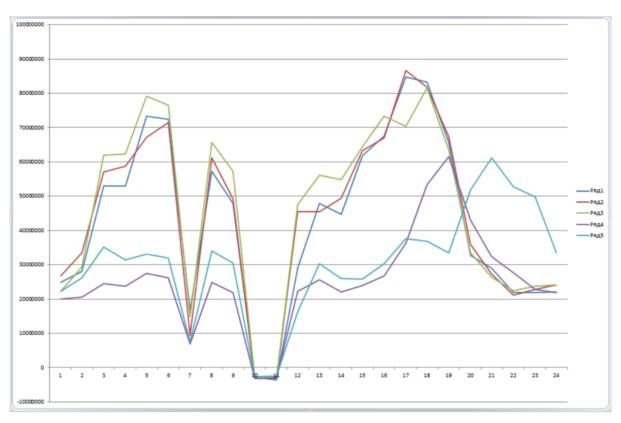
- 1. Если на снимке соседние поля обработаны по разному, то это необходимо считать разными полями, даже если они не разделены явной границей. (Разумеется, речь идет об обработке в течение года, а не в единственный момент времени, когда какая-то сельскохозяйственная операция может быть в процессе.)
- 2. Поля с одинаковым видом обработки, но разделенные грунтовыми дорогами считать разными полями.

Решение

Графики динамики индексов NDVI в течение года по данным MODIS. Поля с озимыми культурами имеют высокие значения индекса осенью 2019 года и в начале весны 2020-го. Провалы в декабре и январе связаны с облачностью и снежным покровом.



Пример пяти отдельных полей с характерной динамикой индекса NDVI: три поля с озимыми культурами имеют выраженные пики значений в конце 2019 и весной 2020 года.



Ответ: 19.5 ± 3.5 .

Командные задачи 2

Уважаемые участники!

В ходе решения задач данного блока вам понадобится, в том числе, выделять те или иные объекты по космическим снимкам. При ограниченном количестве простых объектов, которые надо выделить, можно просто обвести контуры объектов «вручную» (это называется «визуальное дешифрирование») — подобно тому, как вы это уже делали в индивидуальных задачах. Визуальное дешифрирование — вполне приемлемый способ работы, который для ряда задач может быть оптимальным. Однако, когда речь идет о выделении большого количества однородных объектов для значительных территорий, особенно без четко выраженных границ, визуальное дешифрирование становится трудозатратным методом, который, к тому же, страдает от субъективизма.

Для серьезных и масштабных работ по дешифрированию снимков обычно применяют различные алгоритмы автоматической классификации и сегментации. Чаще всего используют различные варианты попиксельной классификации: когда все пиксели, составляющие космический снимок, делятся на группы (классы), используя те или иные критерии сходства.

Для решения задач на классификацию вы можете использовать любое доступное вам программное обеспечение и любые алгоритмы классификации. В разделе «Общая информация» мы приводим список открытых и бесплатных программных продуктов (https://stepik.org/lesson/436238/step/1?unit=426357), в многих из которых реализованы различные алгоритм классификации космических снимков.

Единственный платный продукт в этом списке — модуль DTclassifier (http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html), реализующий алгоритмы обработки изображений типа «деревья решений» (https://basegroup.ru/community/articles/description) и входящий в состав последних версий NextGIS QGIS (http://nextgis.ru/nextgis-qgis/). Для его активации требуется подписка на платный план поддержки от компании «NextGIS». Как и в предыдущие годы, мы готовы предоставить бесплатный доступ (https://stepik.org/lesson/436238/step/3?unit=426357) к платным функциям NextGIS QGIS, включая DTclassifier, (по одному эккаунту на команду) тем участникам нашего профиля Олимпиады, кто использует данное программное обеспечение.

В этом году предоставление доступа будет технически реализовано по-другому, чем раньше: не через ваш эккаунт на сайте NextGIS (http://my.nextgis.com/), а путем предоставления временного эккаунта на нашем сервере (http://nextgis.lorett.org:81/), где установлен серверный софт (https://nextgis.ru/nextgis-web/) от «NextGIS». Для того, чтобы получить доступ, напишите нам письмо на электронную почту: onti-kosmosnimki@googlegroups.com, в котором укажите название и участников вашей команды. В ответном письме мы пришлем вам логин и пароль. Подробности здесь (https://stepik.org/lesson/436238/step/3?unit=426357). Изучите описание работы с DTclassifier (http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html), в том числе посмотрите видео (http://nextgis.ru/blog/dtclassifier-is-back/) с примерами работы в нем. DTclassifier — достаточно простой инструмент, с которого удобно начать знакомство с методами автоматической классификации

растровых изображений (http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html).

Задача II.2.2.1. Определение площади травяного пала (10 баллов)

В 10-15 километрах восточнее поля, площадь которого вы определяли в Задаче 4 (https://stepik.org/lesson/436254/step/5?unit=426372) Первого блока (вокруг точки с географическими координатами 49°06'25"северной широты и 43°34'55" восточной долготы) в начале июля 2020 года произошел крупный ландшафтный пожар (травяной пал).

Подберите соответствующие космические снимки Sentinel-2 на данную территорию и определите площадь, пройденную огнем, в ходе этого пожара. Вы можете использовать любой метод, а также любое программное обеспечение / любой алгоритм для выделения сгоревшей территории. Для подсчета площади используйте ту же систему географических координат, в которой находится космический снимок, который вы используете.

Полученное число выразите в гектарах, округлите до десятков и внесите в поле ниже.

Решение

Как и все задачи на выделение однородных объектов по космическим снимкам, данная задача не имеет единственного «правильного» пути решения, который ведёт к корректному результату. Выделить пройденный травяным палом участок территории можно десятками различных способов, включая выделение «вручную». Правда, крайне изрезанный контур делает визуальное дешифрирование более трудоёмким и подталкивало участников к использованию автоматизированных методов.

В силу контрастности выделяемых объектов (гарь), использование почти любого алгоритма классификации с обучением должно было дать достаточно удовлетворительный результат. Участники могли использовать любой из рекомендованных им программных продуктов, включая следующие.

- Бесплатный модуль расширения к QGIS для работы с космическими снимками Semi-Automatic Classification Plugin (https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html).
- DTclassifier (http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html) модуль расширения к QGIS, реализующий алгоритмы обработки изображений типа «деревья решений» (https://basegroup.ru/community/articles/description). Доступ к нему является в настоящее время платным, но организаторы профиля оплачивали участникам его использование.
- Любой из алгоритмов, реализованных в GRASS GIS (https://grass.osgeo.org/).

Участники также могли использовать любой другой удобный или привычный им программный продукт.

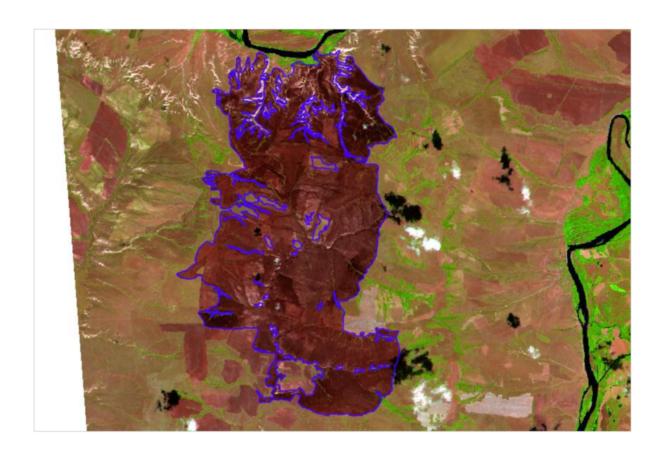
Решение данной задачи включает в себя следующие основные этапы.

1. Подбор и скачивание космических снимков, подходящих под условие задачи.

(Например, тайл снимка Sentinel-2 за 16 июля 2017 года — ТЗ8UMV_20200716Т0806.)



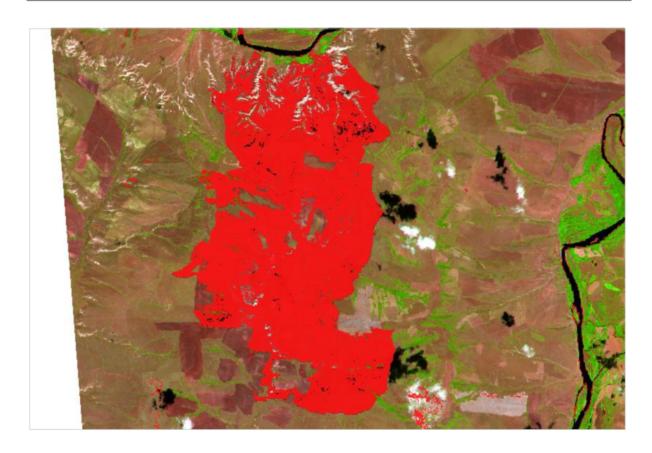
2. Склеивание мультиспектральных изображений и визуальная интерпретация объектов на них.



3. Рисование обучающих выборок (трейнингов), дающих алгоритму классификации примеры объектов, которые необходимо выделить (синие), и примеры всех прочих объектов (жёлтые).



4. Применение собственно алгоритма классификации к подготовленным космическим снимкам, включая его обучение на подготовленных трейнингах. Как правило, этот процесс итерационный. При получении неудовлетворительных результатов необходимо было поправить / дорисовать трейнинги и прогнать алгоритм повторно.



5. Подсчет площади выделенных объектов в пределах территории, обозначенной в условии задачи.

С помощью инструмента «Зональная статистика» в QGIS подсчитывается количество пикселей со значением «1» в слое с результатами классификации. Полученное значение умножается на площадь пикселя (100 кв.м.), чтобы получить общую площадь гари в пределах территории исследования в квадратных метрах. Для перевода в гектары его нужно разделить на 10 тысяч.

Ответ: 8900 ± 623 .

Задача ІІ.2.2.2. Определение площади водной поверхности (10 баллов)

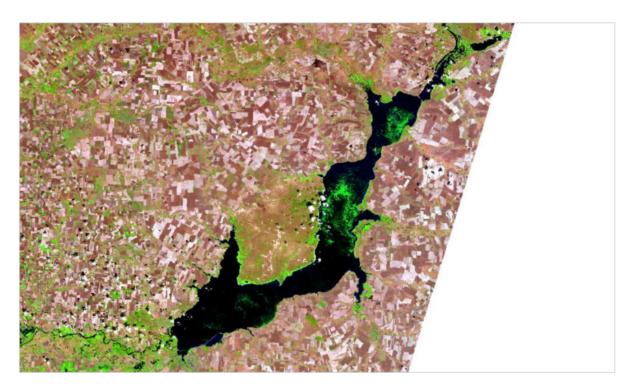
Определите общую площадь водной поверхности Цимлянского водохранилища (Ростовская и Волгоградская области) по состоянию на август 2020 года, на момент снимков со спутника Landsat 8, которые вы подобрали и скачали при решении Задачи 1 (https://stepik.org/lesson/436254/step/2?unit=426372) Первого блока. (Нужно было подобрать наименьшее возможное количество сцен в течение одного дня целиком покрывающих акваторию водохранилища от Волгодонская до Калачана-Дону. Облачность снимков не должна превышать 10%.) Воспользуйтесь этими снимками для выделения водной поверхности и определения площади. Используйте систему координат, в которой находятся любой из использованных снимков. В качестве верхней границы водохранилища используйте створ реки Дон в районе пристани нефтебазы города Калач-на-Дону. Не включайте в общую площадь акваторию Карповского водохранилища на Волго-Донском канале.

Вы можете использовать любой метод, а также любое программное обеспечение или любой алгоритм для выделения водной поверхности водохранилища.

Полученное значение площади выразите в квадратных километрах, округлите до целых единиц и внесите в поле ниже.

Решение

Для решения текущей задачи необходимы те же снимки, что и в Задаче 1 Первого блока. Указанному условию — наименьшее число сцен за август, с облачностью не более 10%, полностью покрывающее поверхность Цимлянского водохранилища, соответствуют две сцены за 17 августа с идентификаторами LC08_L1TP_173026_20200817_20200822_01_T1 и LC08_L1TP_173026_20200817_20200822_01_T1. Скаченные архивы со сценами содержат отдельные каналы. Перед анализом изображений необходимо собрать отдельные каналы в единое многоканальное изображения. Нет необходимости использовать все имеющиеся каналы, поскольку при отображении можно видеть только три из них. Как правило, спектр воды — самые низкие значения (самые темные) во всех каналах. Поэтому водные поверхности хорошо видны практически в любых сочетаниях каналов. На рисунке ниже представлены снимки Landsat 8 за 17 августа 2020 года в синтезе 6-5-4.

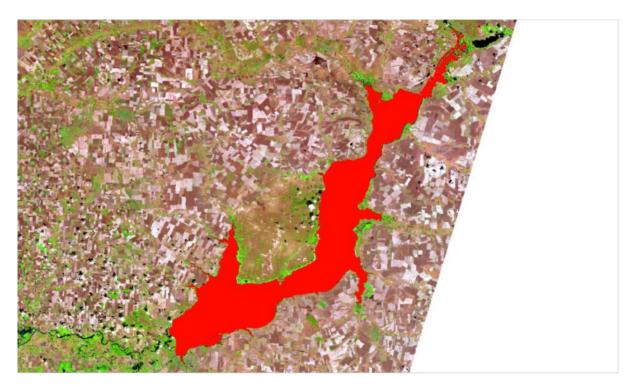


Видно, однако, что значительную часть поверхности водохранилища покрывают планктонные водоросли, довольно сильно отличающиеся по спектральным характеристикам от чистой воды и делающие задачу классификации нетривиальной.

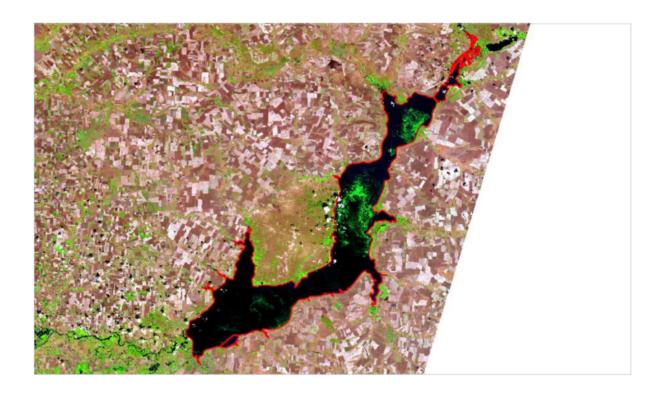
Условия задачи предлагают свободу в выборе метода выделения водной поверхности. Контур водохранилища можно обрисовать вручную сразу в векторном виде с помощью векторного редактора в QGIS или другой настольной ГИС. Однако, учитывая сложность контура, можно воспользоваться методом автоматической интерпре-

тации водной поверхности. Команды могут воспользоваться любым специализированным модулем для классификации в QGIS, использовать иное свободно доступное программное обеспечение для обработки космических снимков или классифицировать изображения в среде GEE с помощью любого из предлагаемых алгоритмов.

На рисунке ниже приведён результат работы одного из алгоритмов классификации («деревья решений»), полученный с помощью модуля QGIS NextGIS DTclassifier (предоставлялс бесплатно всем участникам олимпиады по их желанию). Красным цветом выделена водная поверхность, как покрытая водрослями, так и чистая.



Полученный результат в виде растра перевести в векторый формат, отредактировать (убрать лишнее) и посчитать площади. Это можно сделать с помощью инструмента «Калькулятор полей», функция geometry-\$area в QGIS. Пример векторного контура, полученного из растрового результата классификации, приведён на рисунке ниже (красный контур).



Расчёт площади полученного контура водной поверхности можно произвести стандартными средствами ГИС, как это описано в предыдущих задчах.

Другой способ расчёта площади предполагает использование растровых данных без их перевода в векторный вид. С помощью инструмента «Зональная статистика» в QGIS можно подсчитать количество пикселей со значением «1» в слое с результатами классификации. Полученное значение затем умножается но 900 (площадь пикселя на снимке Landsat размером 30х30 метров), чтобы получить общую площадь водной поверхности в квадратных метрах. Для перевода в квадратные километры полученное значение нужно разделить на 1 миллион.

Ответ: 2200 ± 110 .

Задача II.2.2.3. Мониторинг «цветения воды» в Цимлянском водохранилище (10 баллов)

В летние месяцы в крупных водохранилищах на равнинных реках в южных регионах России часто создаются благоприятные условия для массового развития планктонных водорослей. Этому способствует эвтрофикация(https://stepik.org/lesson/436271/step/u.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B2%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), то есть загрязнение биогенными элементами, прежде всего, азотом и фосфором, в доступной форме, смываемыми с окружающих полей или попадающих в водоемы со сточными водами населенных пунктов, а также прогрев воды в медленно текущих водах водохранилища. Это явление, в случаях, когда оно приводит к заметному изменению цвета воды, получило название «цветения воды». Часто «цветения воды» (https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B5%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%D0%B4%D1%8B) приводит к снижению количества кислорода в воде (вследствие разложения отмира-

ющих водорослей), загрязнению воды токсинами, выделяемыми некоторыми видами водорослей, замору рыбы (https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%80%D1%8B%D0%B1%D1%8B) и другим негативным явлениям.

На снимках из предыдущей задачи хорошо видны участки «цветения воды» в акватории Цимлянского водохранилища. Используйте данные космические снимки для оценки общей площади таких участков. Для целей данной задачи считайте участками «цветения воды» такие участки акватории, для которых значение индекса NDVI, рассчитанное по этим снимкам Landsat 8, выше нуля.

Полученное значение площади выразите в квадратных километрах, округлите до целых единиц и внесите в поле ниже. Для подсчета площади используйте систему координат, в которой находятся любой из использованных снимков.

Обратите внимание на то, что данные об интенсивности электромагнитного излучения, зафиксированного сенсорами спутников серии Landsat, в отличие от данных спутников Sentinel-2, преобразуются в целочисленный формат для более удобного хранения данных и пересылки (экономия места). Эти значения пикселей называют DN (Digital Numbers), подразумевая, что они измеряются в неких условных единицах.

В пикселях скачанных вами сценах Landsat 8 первого уровня обработки (https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product) хранятся не реальные физические величины (например, процент отраженного излучения), а результаты вычисления некой функции от реальной физической величины. В случае Landsat 1-7 эта функция подбирается таким образом, чтобы в пикселе хранилось целое число, умещающееся между 1 и 255 (помещающееся в один байт), в случае Landsat 8 — в два байта (16 бит).

Так, если R — реальная физическая величина (например, at-sensor radiance или reflectance), то в пикселе хранится результат некой масштабирующей функции (в случае Landsat 8 — к отрезку [1, 65, 536]):

$$DN = a + k \cdot R$$

где DN — число, хранимое в пикселе, R — reflectance, а и k — масштабные коэффициенты (эти коэффициенты будут общими для всей сцены, но для разных сцен могут отличаться).

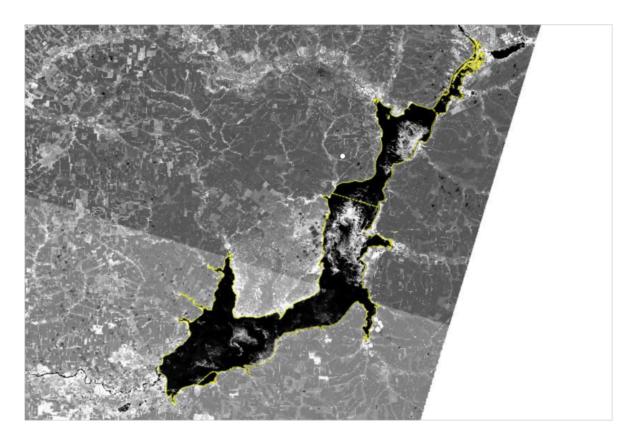
Для разных сцен масштабные коэффициенты также могут отличаться => напрямую DN разных сцен сравнивать нельзя. Индекс NDVI, как правило, также нужно считать по скорректированным значениям, а не по DN, т.к. в разных каналах могут быть разные масштабные коэффициенты и если считать по DN, то получится искаженный индекс.

Для этого нужно пересчитать DN в отражающую способность (Reflectance). Чтобы произвести пересчет, нужно знать масштабные коэффициенты, которые хранятся в метаданных к сцене и приходят вместе со снимками (к геотифам приложен соответствующий *txt файл с метаданными данной сцены). Формулы обратного пересчета можно найти, например, здесь (https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product). Для расчета можно воспользоваться калькулятором растров или написать простой скрипт.

Решение

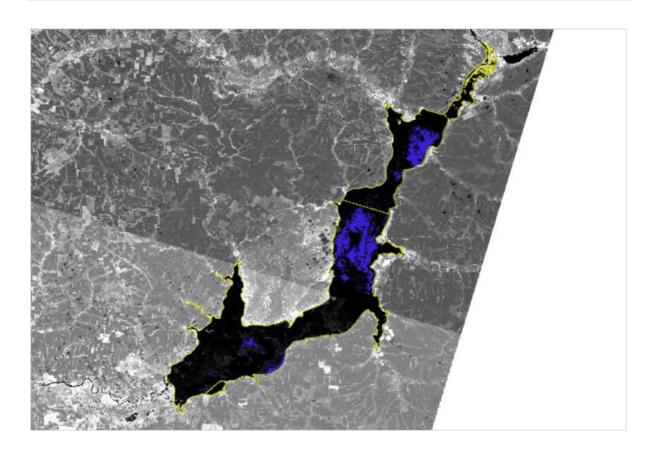
Решение этой задачи состоит из нескольких этапов. Сперва необходимо рассчитать индекс NDVI, как это описано в условиях задачи. Для подсчета NDVI потребуются красный и ближний инфракрасный каналы из архивов сцен, скаченных для выполнения предыдущих задач. Это сцены Landsat 8 с идентификаторами LC08_L1TP __173026__20200817__20200822__01__T1 и LC08_L1TP__173026__20200817__20200822__01__T1. Применяя к ним формулы по указанным в условиях ссылкам (https://www.usgs.gov/land-resources/nli/), получаем растр со значениями Reflectance (отражающей способности земной поверхности). И уже на основе этих значений, с помощью формулы (NIR - R) / (NIR + R) рассчитываем NDVI с диапазоном значений от -1 до 1.

На рисунке ниже приводится карта рассчитанных значений NDVI для Цимлянского водохранилища и его окрестностей. (Полученный ранее контур водной поверхности – жёлтой линией.)



Видно, что значения NDVI для чистой водной поверхности низкие (почти чёрный цвет на данном рисунке), а для участков с водорослями – высокий (светлые участки)

С помощью калькулятора растров отбираем значения NDVI выше нуля. На рисунке ниже такие участки выделены синим цветом.



Посчитать площадь можно и в растровом виде — умножив число пикселей со значением выше нуля на площадь пикселя — 900 кв.м. для Landsat 8, или рассчитать ее, переведя предварительно растровый результат в вектор.

Ответ: 410 ± 20 .

Задача II.2.2.4. Сохранившиеся участки степных экосистем (10 баллов)

Степи (http://savesteppe.org/ru/what-is-steppe) являются, пожалуй, самым пострадавшим от деятельности человека биомов (https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BC) Евразии. История их использования под сельское хозяйство, в том числе, на территории нашей страны (http://savesteppe.org/steppe), насчитывает столетия. Сегодня во многих регионах природные степи распаханы и преобразованы в агроценозы практически полностью. Сохранение хотя бы некоторой части степных экосистем в состоянии близком к естественному — единственный способ сохранить биологическое разнообразие этих травянистых сообществ, являющихся местами обитания множества видов животных и растений, не встречающихся больше нигде. Однако, даже местонахождение сохранившихся природных степных экосистем, во многих случаях неизвестно: в системах учета земельных ресурсов степные растительные сообщества, в отличии от лесов, не учитываются как отдельная категория земель. Земельное законодательство нашей страны, например, рассматривает степи почти исключительно как пахотные земли или пастбища.

В 2012-2016 годах группой научных и экологических организаций, в рамках про-

екта Программы развития ООН и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России), была проведена инвентаризация (http://savesteppe.org/project/ru/archives/1796) сохранившихся степных экосистем (степных массивов) России. С помощью космических снимков, с привлечением данных полевых обследований, были закартографированы (http://savesteppe.org/ru/maps) массивы и участки степей, сохранившихся в относительно природном состоянии, для большинства регионов степной зоны России. Хотя сегодня эти карты (http://savesteppe.org/ru/maps) уже несколько устарели (ситуация меняется очень динамично) и в некоторых местах недостаточно точны, они остаются практически единственным набором доступных данных такого рода в масштабах страны.

Сгрузите границы степных массивов и участков, полученные в ходе упомянутого проекта, на Ростовскую и Волгоградскую области (https://drive.google.com/
file/d/1ddBFzbntqUecpLbkzDJizuI5hUCOSF6Q/view?usp=sharing), (https://drive.
google.com/file/d/198ccgtyyUk9uOVET2oMikFwurqF43hf1/view?usp=sharing) в виде наборов векторных данных в ГИС-формате. В большинстве случаев, это небольшие участки степной растительности по балкам и неудобьям. Более крупные массивы сохранились только в самых сухих районах (практически, это полупустыни), на
территории некоторых военных полигонов и на особо охраняемых природных территориях (в степных заповедниках и заказниках).

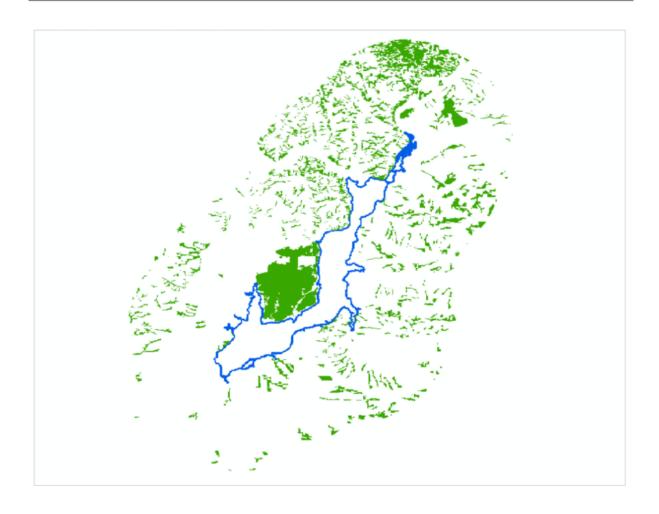
Воспользуйтесь полученными Вами при решении второй задачи данного блока (Определение площади водной поверхности) пространственными данными по границам водной поверхности Цимлянского водохранилища. Используя доступные в вашей ГИС инструменты геообработки (geoprocessing), постройте вокруг береговой линии водохранилища (по состоянию на август 2020 года) буфер шириной 50 километров. Вычислите общую площадь всех степных экосистем, сохранившихся в пределах этой зоны, по мнению авторов упомянутого выше проекта по инвентаризации степей (по состоянию на 2014-2015 гг.). Используйте систему координат, в которой находятся любой из использованных Вами в предыдущих задачах снимков Landsat 8.

Полученное значение площади выразите в гектарах, округлите до десятков единиц и внесите в поле ниже.

Решение

Задание направлено на проверку навыков геопространственного анализа векторных данных.

С помощью функции «Буфер» в меню «Вектор» программы QGIS, необходимо построить буфер шириной 50 км. вокруг контура Цимлянского водохранилища, полученного при выполнении Задачи 4.2.2 этого блока. Используя функцию «Обрезать» в меню «Вектор» программы QGIS, взяв в качестве исходного слой границ степных массивов, а в качестве оверлейного слой буфера, можно получить слой степных участков, расположенных на расстоянии 50 км. от берега Цимлянского водохранилища. Посчитать площадь всех степных участков с помощью инструмента «Калькулятор полей», функция geometry-\$area в QGIS.



Степные массивы в пределах 50 км зоны от берега Цимлянского водохранилища.

Ответ: 355090 ± 10650 .