

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
города Костромы центр творческого развития «Академия»

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ИТОГОВЫЙ ПРОЕКТ

на тему

«Дистанционное зондирование Земли»

Автор проекта:

ученик 10 класса

МБОУ «Лицей 17»

Белехов Егор, 16 лет

г. Кострома, Российская Федерация

Руководитель проекта: педагог

дополнительного образования

Улыбышев Сергей Константинович

Кострома, 2018

Введение

Создание и развитие топографических съемок и картографирования территории необходимо для решения различных научно-исследовательских и инженерно-технических задач. Кроме того, использование картографии тесно связано с навигацией, где решается задача определения положения, курса и скорости движения судов и самолётов. Эти данные "обслуживают" другие науки о Земле: география, геология, геофизика и др. Эти задачи включают определение пространственного положения отдельных объектов, их перемещения, а также развития природных процессов, например движения ледников, течения рек, уровня вод, роста оврагов, вертикального и горизонтального перемещения земной коры. Сегодня в мире обострена экологическая проблема. Количество несанкционированных свалок и полигонов мусора растет в геометрической прогрессии. Кажется, что эта проблема имеет легкое решение: ликвидирование свалок. Но это не так. Для решения этой задачи необходимо не только разбирать старые скопления мусора, но и находить новые. Поэтому важно найти способ нахождения новых свалок.

Гипотеза: Возможно ли с помощью ДЗЗ вести статистику изменений местности во времени?

Цель: изучение дистанционного зондирования Земли и его применения.

Задачи:

1. Узнать, что такое дистанционное зондирование
2. Изучить способы дистанционного зондирования поверхности Земли
3. Изучить существующие фотографии со спутников
4. Разработать способы нахождения свалок
5. Разработка авторского программного обеспечения для автоматизированного расчета площади объекта по спутниковому снимку
6. Проведение аэрофотосъемки местности.

Методы исследования: Изучая различные методы дистанционного зондирования Земли, были выделены основные, с помощью которых возможно найти возможные места свалок:

1. Аэрофотосъемка, с помощью БПЛА и зонда
2. Спутниковая съемка
3. Изучение инфракрасных снимков Земли

Основная часть

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это изучение нашей планеты с помощью воздушных и космических летательных аппаратов, на которых установлены различные сенсоры (датчики), позволяющие получить информацию о характере поверхности Земли, состоянии ее воздушной и водной оболочек, о ее геофизических полях. Материалы дистанционного зондирования используются в самых разных отраслях народного хозяйства. Важнейшее значение они имеют и при геологических исследованиях.

Историю развития методов дистанционного зондирования

(МДЗ) обычно начинают с 1783 года, с первого запуска аэростата братьев Монгольфье, положившего начало аэровизуальным наблюдениям поверхности Земли. В 1855 году первые фотографии с воздушного шара, полученные с высоты около 300 м, были использованы для составления точного плана г. Парижа. Для геологических целей фотографирование Альп с высоких вершин впервые применил французский геолог Эмме Цивилье (1858–1882).

Начало использования аэрофотосъемки

В России датируется 1866 годом, когда поручик А. М. Ковалько с воздушного шара на высотах от 600 до 1000 метров произвел съемку Санкт-Петербурга и Кронштадта. Систематические съемки в России для составления топографических карт и исследований природных ресурсов начались с 1925 года, с момента зарождения гражданской авиации. В этих целях в 1929 году в Ленинграде был образован институт аэрофотосъемки. Инициатором его создания и первым директором был академик Александр Евгеньевич Ферсман. С 1938 года использование материалов аэрофотосъемки стало обязательным при проведении геолого-съемочных работ. Развитие аэрометодов предопределило переход дистанционного зондирования Земли на новый качественный уровень – изучение Земли из космоса.

Развитие космонавтики

Развитие космонавтики начиналось с разработки баллистических ракет, которые использовались, в частности, для производства фотосъемки поверхности Земли с больших (около 200 км) высот. Первые снимки были получены 24 октября 1946 года с помощью ракеты V-2 (немецкой ракеты Фау-2), запущенной с полигона White Sands (США) на суборбитальную траекторию. Была произведена съемка земной поверхности 35-миллиметровой кинокамерой на черно-белую фотопленку с высоты около 120 км. До конца пятидесятых годов фотосъемка земной поверхности преимущественно в военных целях проводилась разными странами с помощью баллистических ракет.

Начало космической эры – это 4 октября 1957 года, когда в СССР был запущен первый в мире искусственный спутник Земли (ИСЗ) – ПС-1 (Простейший спутник – 1). Для выведения на орбиту была использована баллистическая ракета Р-7 («Спутник»). Спутник имел форму шара, был снабжен двумя антеннами и радиопередатчиком – маяком. Он совершил 1440 витков вокруг Земли, а 4 января 1958 г. вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование. За время его полета была получена новая информация о структуре верхних слоев атмосферы.

7 августа 1959 г. в США был запущен «Explorer-6», который передал первое телевизионное изображение Земли из космоса. Первый ИСЗ для метеонаблюдений (Tiros-1) был запущен в США 1 апреля 1960 года. Спутник с аналогичными целями (Космос-122) в СССР был выведен на орбиту 25 июня 1966 года.

Начало пилотируемых полетов в космос положено 12 апреля 1961 года Юрием Алексеевичем Гагариным на корабле «Восток», а 6 августа того же года Герман Степанович Титов впервые произвел фотосъемку Земли с пилотируемого космического корабля «Восток». В отечественной космонавтике большое значение имели спутники серии «Космос». Примерно каждые три года выводилось на орбиту по 250 ИСЗ этой серии. Значительная часть из них была снабжена оборудованием для выполнения ресурсных исследований. С их помощью для всей территории СССР были получены космические фотоснимки высокого качества. Современная группировка Российских спутников насчитывает более 110 аппаратов различного назначения. Экономический эффект только от применения ИСЗ серии «Ресурс-0» составил около 1,2 млрд руб. в год, а спутников серий «Метеор» и «Электро» – 10 млрд руб. в год.

В настоящее время свои спутниковые системы, кроме России и США, имеют Франция, Германия, Европейский Союз, Индия, Китай, Япония, Израиль и другие страны.

Объекты и применение дистанционного зондирования

Основными объектами ДЗ являются:

- погода и климат (осадки, облака, ветер, турбулентность, излучения);
- элементы окружающей среды (аэрозоли, газы, электричество атмосферы, перенос, т. е. перераспределение в атмосфере той или иной субстанции);
- океаны и моря (морское волнение, течения, количество воды, лед);
- земная поверхность (растительность, геологические исследования, изучения ресурсов, высотометрия).

Информация, получаемая средствами ДЗ, необходима для многих отраслей науки, техники и экономики. Количество потенциальных потребителей этой информации постоянно растет.

Для выполнения задач я выделяю три основных способа:

- Аэросъемка (фотографии с самолетов, дронов)
- Фотографии со спутника
- Изучение излучения со стороны Земли (свалки выделяют большое число тепла)

Аэросъемка — это съемка земной поверхности с самолета, вертолета, БПЛА или зонда.

Космическая съемка – это съемка Земли выполняемая приборами, находящимися за пределами земной атмосферы.

Аэросъемка

Различают фотографическую, тепловую, радиолокационную и многозональную аэросъемки. Аэрофотосъемка местности используется в различных целях, важнейшими из них являются составление и корректировка топографических карт, геологические исследования. Аэрофотосъемка может быть точечной, маршрутной и площадной. Точечная съемка выполняется при изучении точечных объектов. Маршрутная съемка проводится по заданной линии (линии берега, вдоль русла реки и т. п.). Площадная съемка выполняется в пределах заданных площадей, которые обычно определяются рамками топографических планшетов.

В последние годы для производства аэрофотосъемки применяются цифровые съемочные системы. В целом цифровые камеры более надежны в эксплуатации, существенно сокращают длительность технологического процесса, цифровые снимки свободны от «зернистости». Они обеспечивают возможность получения панхроматических, цветных и спектральных снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Интервал фотографирования составляет менее одной секунды, что позволяет выполнять крупномасштабную съемку с продольным перекрытием до 80–90%. Среди общих свойств цифровых аэрофотоаппаратов различных систем следует указать на использование приемников излучения матричного или линейного типа; синтезированный кадр (для широкоформатных камер) – результирующий кадр системы формируется из набора субкадров, соответствующих матриц или линейных приемников; GPS/INS поддержка – пространственные и угловые координаты систем координат аэрофотоаппаратов (элементы внешнего ориентирования) определяются с использованием средств инерциальной навигации и систем спутникового геопозиционирования GPS или ГЛОНАС.

Радарная (радиолокационная) аэросъемка выполняется с помощью радиолокационных систем бокового обзора (РЛСБО), установленных на борту самолета. От источника микроволнового излучения сигнал направляется к земной поверхности,

отражается от нее и возвращается на приемную антенну. С помощью специальных программ запись отраженных сигналов преобразуется в фотографическое изображение земной поверхности.

Фото съемка с помощью БПЛА

Оперативное обследование больших сухопутных и водных поверхностей, в том числе для экологического мониторинга, производится с помощью авиационных комплексов на базе самолетов, вертолетов или же зондов. В мире в крайние несколько лет интенсивно развиваются направления по использованию летательных аппаратов на искусственном интеллекте (*беспилотные летательные аппараты - БПЛА*). Эти технологии обладают рядом преимуществ, не требуют специально подготовленных площадок и стартовых комплексов, они сравнительно недороги в отличие от больших авиаккомплексов, и не связаны с риском для человека. Наибольшее развитие и как следствие - распространение в мире получили БПЛА крылатого или самолетного типа. Многие страны мира успешно разрабатывают и внедряют БПЛА вертолётного типа для разного вида деятельности, в том числе и для экологического мониторинга. Особенностью этих комплексов является возможность укороченного взлёта и посадки, что определяет их основные преимущества (по сравнению с БПЛА самолётного типа).

Космическая съемка

Космическая съемка земной поверхности в последние годы превратилась в самостоятельную ветвь дистанционного зондирования Земли. Системы космического зондирования включают несколько важнейших элементов: транспортные средства доставки необходимого оборудования на околоземную орбиту, космические платформы – носители средств наблюдения, сенсоры (датчики), средства передачи информации и наземные центры приема, обработки этой информации, доставки ее потребителю.

Изучение излучения земли

Все объекты, имеющие температуру выше -273°K излучают электромагнитные волны. Земля в целом, поглощая солнечную энергию, сама является источником радиации. В соответствии с температурой Земли максимум энергии земного излучения приходится на инфракрасные лучи с длиной волны около 10 мкм. У аномально нагретых тел максимум излучения смещается на длине волн 5-7 мкм. Земное инфракрасное излучение, простираясь в сторону коротких воли, при длине волны 3-4 мкм имеет интенсивность, примерно одинаковую с инфракрасным солнечным излучением. В сторону длинных волн оно распространяется до метровых радиоволн. Основная энергия уходящего излучения Земли приходится на волны длиной 3-30 мкм.

Для регистрации инфракрасного теплового излучения в настоящее время используются две области спектра: 3-5 мкм и 8-12 мкм. Регистрируемая тепловая энергия излучения, сильно зависящая от температуры (она в соответствии с законом Стефана-Больцмана быстро растет с увеличением температуры), позволяет дистанционно измерить температуру объектов. Но даже в случае регистрации не абсолютных температур, а только температурных контрастов, возможно эффективное выделение объектов и характеристика их свойств по температурным аномалиям. По температурному режиму объекты на земной поверхности можно разделить на объекты с температурой, обусловленной внутренним теплом (вулканы, термальные воды, промышленные объекты и т.д.), и объекты, нагреваемые Солнцем. Максимальные температурные контрасты объектов второй группы наблюдаются около полудня: они меньше вечером и значительно сглаживаются ночью, достигая минимума в предутренние часы. Температуры этих объектов существенно зависят от их отражательной способности, экспозиции и крутизны склонов, силы ветра, а также от их теплофизических характеристик.

Изучение фотографий земной поверхности полученные с помощью аэрофотосъемки

Первый рассмотренный в работе способ получения фотографий местности была аэрофотосъемка. Для проведения аэрофотосъемки можно использовать БПЛА, зонды, самолеты оснащенные аэрофотоаппаратами. Для проведения эксперимента необходимо было выбрать технику для зондирования. Из-за высокой стоимости полета самолета и сложной процедуры оформления документации, разрешающей полеты БПЛА, для проведения зондирования был выбран шар-пилот. С помощью зонда мы провели аэрофотосъемку лица и прилегающей территории. Для этого был приобретен шар-пилот привязной. (Шар-пилот - шарообразная оболочка, наполненная газом легче воздуха (водород, гелий). Применяется для определения скорости и направления ветра в атмосфере, высоты нижней границы облачности.) Для запуска зонда, в шар было закачено 5 литров гелия. Для аэрофотосъемки использовалась action камера (gopro hero 2), прикрепленная к зонду, которая была поднята на высоту 40 метров. С помощью неё был заснят полёт шара. В результате обработки видео и его покадрового изучения, были получены фотографии с разрешением 0.5 метр. Эти данные получены экспериментальным путём: объект (собака*) распознанный с максимальной высоты имел длину примерно равную 0.5 метра. Таким образом, был проведён эксперимент, в результате которого была произведена аэрофотосъемка лица №17 и прилегающей территории.

Изучение фотографий земной поверхности, полученные с помощью космической съемки

Для наблюдения процесса изменения местности во времени мы воспользовались сервисом Google Timelapse, который позволил нам изучить снимки местности в разное время. Поскольку была поставлена задача – изучить изменение размеров свалок, я разработал специальную программу для нахождения площади объекта по снимку. Для нахождения площади изучаемого объекта была создана программа подсчета площади на платформе Lasarus. Для этого используются две фотографии одного масштаба. На первой калибровочной фотографии находится объект с известной длиной, например, в моей работе это костромской автотранспортный мост через Волгу. На второй фотографии находится объект с неизвестной площадью, он рассматривается как многоугольник. Для расчёта его площади необходимо последовательно отметить вершины фигуры. Для увеличения точности расчетов площади пользователь должен загрузить фотографию в таком масштабе (в этом масштабе должна быть сделана первая фотография), чтобы исследуемый объект был наибольшей величины, а также при выделении зоны точность растёт с увеличением количества вершин (отмеченных точек). Расчеты проводятся по формуле площади Гаусса (верной для самонепересекающихся многоугольников). Для правильного использования программы ниже представлена инструкция по использованию:

1. для загрузки калибровочного изображения надо нажать кнопку «загрузить изображение»;
2. выделите отрезок (отметьте его концы) на изображении и введите его длину, выбрав единицы измерения.
3. Для ввода нажмите «enter»;
4. загрузите фотографию с объектом исследования;
5. выделите вершины объекта, по окончании выделения нажмите на кнопку расчет;
6. выберите нужную единицу измерения;
если заметили ошибку или хотите провести перерасчет, нажмите кнопку «начать сначала»;
7. для постройки столбчатой диаграммы полученных результатов нажмите на кнопку «график»

После разработки ПО была проведена его проверка на основе существующих данных (табл. 1). Объект проверки - Московский кремль, объект калибровки - костромской автотранспортный мост через Волгу. Среднестатистическая погрешность значения площади составила 7%, что пренебрежимо мало в таких масштабах.

Таблица 1. Статистика измерений площади кремля.

Попытки	1	2	3	4	5
Результат	29.7	28.1	29.3	26.5	27.1
ПО в га					

Средний результат 28,14 га (реальный 27,7 га)

Наибольшая погрешность 2, что составляет 7,2%

После проверки программы было проведено исследование по изучению изменения площади Семеновской свалки (табл. 2). Таким образом, при помощи разработанной программы можно следить за изменениями размеров объектов местности во времени.

Таблица 2. Изменение размеров Семеновской свалки.

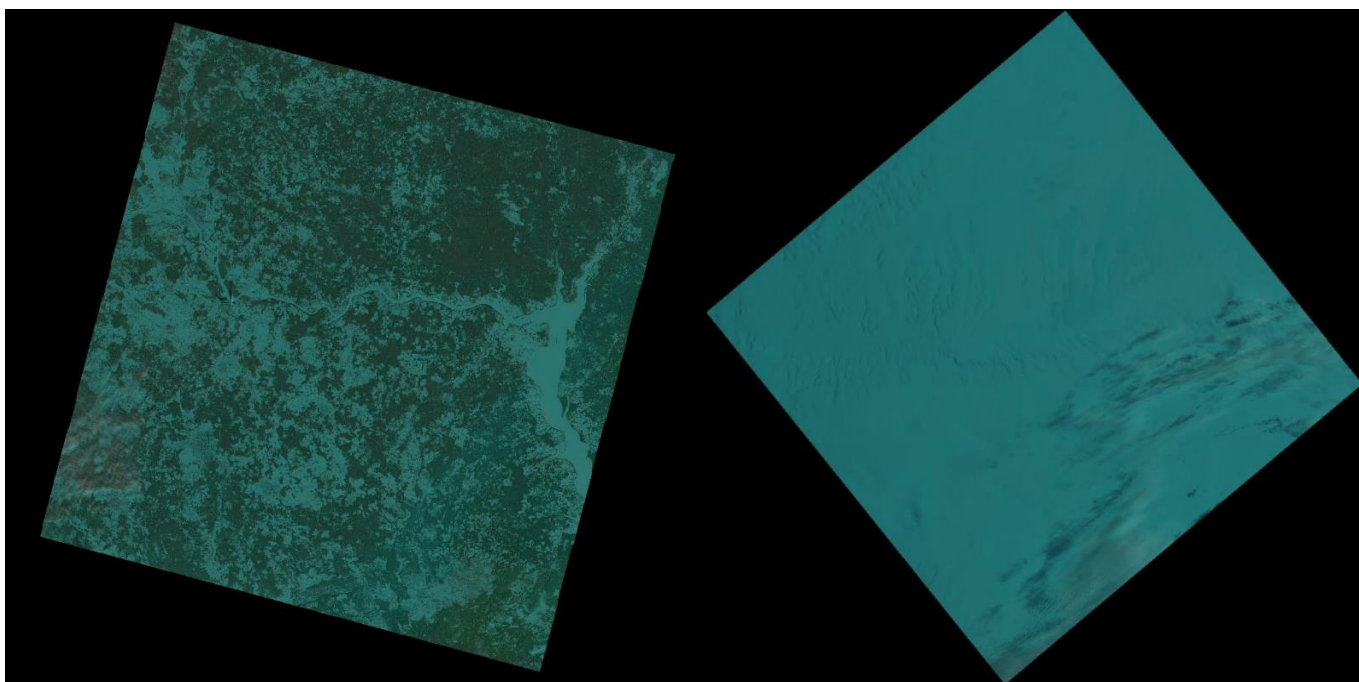
Года	1984	1988	1991	1996	2000	2002	2006	2011	2015
Результат (га)	7.1	11	11.5	15.7	16.1	20.2	23.5	24.1	25.2

Изучение тепловых карт

Следующий рассмотренный способ обнаружения крупных свалок это изучение тепловых сигнатур местности. Так как на территориях свалок постоянно протекают химические реакции, выделяющие большое количество тепла, была выдвинута гипотеза, что возможно определять местоположение крупных скоплений мусора, с помощью анализа изменения температур в разных точках местности. Для получения тепловых карт, я зарегистрировался на сайте геологической службы США. На данном электронном ресурсе была выбрана исследуемая территория, спутник, который проводит зондирование данной территории и рамки времени зондирования изучаемой местности. Сайт предоставляет карты земной поверхности, сделанные в разные промежутки времени, как с помощью спутниковой съемки, так и с помощью аэросъемки. Изучив все спутники, данные которых находятся в свободном доступе, мной был выбран спутник Landsat-8, так как он предоставляет наиболее детализированные снимки интересующей нас местности. Его характеристики:

- Срок активного существования 5-10 лет
- Период обращения 98,9 минут
- Интервал повторения 16 суток
- Высота орбиты 705 км

К сожалению, разрешение снимков является недостаточным для подтверждения или опровержения выдвинутой нами гипотезы.



Тепловой снимок Костромы

Тепловой снимок села Семенково

Заключение

В результате проведенной научно-исследовательской работы было изучено, что такое дистанционное зондирование Земли и его применение. При выполнении проектной были изучены способы дистанционного зондирования поверхности Земли, получены фотографии со спутников и проведен их обзорный анализ. Кроме того была разработана авторская программа для автоматизированного расчета площади объекта по спутниковому снимку. Следующим этапом было выдвижение гипотезы об обнаружении свалок на основе тепловых сигнатур по тепловым картам со спутника. Данная гипотеза не получила подтверждения, однако на основе полученных данных ее опровергнуть не удалось.

Таким образом, возможно с помощью спутников контролировать все известные крупные свалки, а также и обнаруживать новые скопления мусора.

Список используемой литературы

- Трегуб А.И., Жаворонкин О.В. Дистанционное зондирование Земли при геологических исследованиях – издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012.-с 4-14.
- Воробьева А.А. Дистанционное зондирование Земли – Санкт-Петербург, 2012. – с 9-24.
- Словари и энциклопедии на Академике, [Электронный ресурс].URL:https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/6661/ДИСТАНЦИОННОЕ (Дата обращения 08.12.17)
- «Геоматика – ведущее интернет-издание о дистанционном зондировании Земли и геоинформационных технологиях», [Электронный ресурс]. - <http://geomatica.ru/+++++clauses/91/> (Дата обращения 10.12.17)
- USGS – U.S. Geological Survey, [Электронный ресурс]. - <http://www.usgs.gov/> (Дата обращения 21.12.17)
- Google Earth Engine – a planetary – scale platform for Earth science data & analysis, [Электронный ресурс]. - <https://earthengine.google.com/> (Дата обращения 14.12.17)