



Спутниковые системы наблюдения и связи

Тема 4.

Тематическая обработка космических снимков. Понятие о геоинформационных системах.

Перспективы дистанционного зондирования Земли из космоса

**дтн, снс Ключников В.Ю.
(ЦНИИ машиностроения)**

Задачи (операции) тематической обработки космического снимка

Отнесение объекта к какой-либо классификационной группе происходит по набору нежестких правил, вытекающих из свойств и характеристик обрабатываемого дистанционного изображения. Интерпретация использует логические категории, основанные на коррелятивных связях между компонентами ландшафта. Принятие решений в тематическом дешифрировании связывается в основном с процедурой выделения текущего объекта графически.

Задачи, решаемые в процессе тематической обработки космического снимка:

- выделение контуров на космическом снимке;
- локализация и определение границ объектов;
- сегментация изображения на области;
- классификация и распознавание областей;
- выявление изменений областей на космическом снимке.

После решения всех этих задач возможно точное дешифрирование и анализ космических снимков.

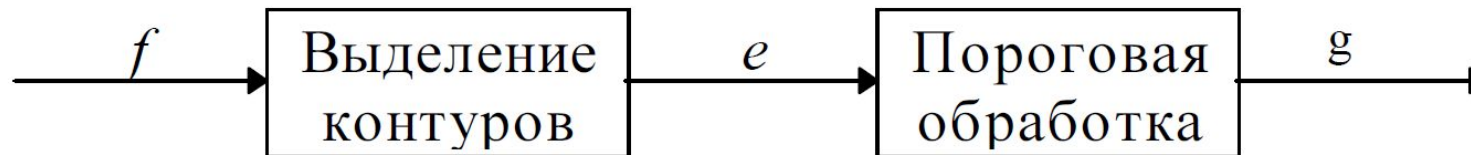
Выделение контуров и определение границ объектов на космическом снимке

Любое изображение в идеальном случае представляет собой набор однородных областей различной яркости (или, по меньшей мере, допускают такое представление с некоторой погрешностью). В простейшем случае бинарного (двухградационного) изображения имеем области, содержащие отсчеты двух значений яркости, которые соответствуют объектам и фону. Исследованиями психологов установлено, что с точки зрения распознавания и анализа объектов на изображении наиболее информативными являются не значения яркостей объектов, а характеристики их границ - контуров. **Основная информация заключена не в яркости (или цвете) отдельных областей, а в их очертаниях. Задача выделения контуров состоит в построении изображения именно границ объектов и очертаний однородных областей.**

Контур - изображение совокупность его отсчетов, в окрестности которых наблюдается скачкообразное изменение функции яркости. Так как при цифровой обработке изображение представлено как функция целочисленных аргументов, то контуры представляются линиями шириной как минимум в один элемент.

Особенности поведения контурных линий:

1. Если исходное изображение кроме областей постоянной яркости содержит участки с плавно меняющейся яркостью, то введенное определение контура остается справедливым, однако при этом не гарантируется непрерывность контурных линий: разрывы контуров будут наблюдаться в тех местах, где изменение функции яркости не является достаточно резким.
2. Если на "кусочно-постоянном" изображении присутствует шум, то, возможно, будут обнаружены "лишние" контуры в точках, которые не являются границами областей.



Общая процедура построения бинарного изображения границ объектов

Исходное изображение f подвергается линейной или нелинейной обработке, с тем чтобы выделить перепады яркости. В результате этой операции формируется изображение e , функция яркости которого существенно отличается от нуля только в областях резких изменений изображения f . Затем в результате пороговой обработки из изображения e формируется графический (контурный) препарат g .

Правильный выбор порога на втором этапе должен производиться из следующих соображений:

- при слишком высоком пороге могут появиться разрывы контуров, а слабые перепады яркости не будут обнаружены;
- при слишком низком пороге из-за шумов и неоднородности областей могут появиться ложные контуры.

Сегментация изображения на области

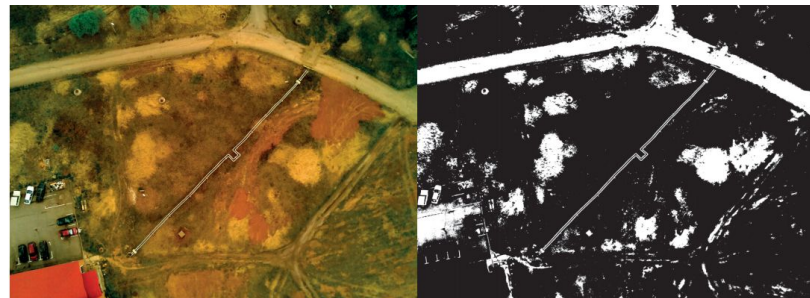
Сегментация изображения – процесс его обработки, в результате которого получается разбиение на множество сегментов (называемых суперпикселями), однородных по некоторому признаку. Обычно такими признаками являются визуальные характеристики, чаще всего – цвет. Предполагается, что сегменты на итоговом изображении соответствуют объектам, а границы сегментов – границам объектов. В результате сегментации последующий анализ изображения происходит не уровне пикселей, а на уровне выделенных суперпикселей, то есть на уровне объектов.

Алгоритмы сегментации, обрабатывающие RGB-изображения:

Пороговая сегментация - пиксели объединяются в группы по яркостному признаку. Если яркость пикселя находится в заданных пределах, то пиксель относится к заданному классу. Данные границы могут как задаваться, так и вычисляться исходя из особенностей обрабатываемого изображения. Бинаризация изображения является частным случаем пороговой сегментации.

Наращивание областей - изначально выбирается стартовый пиксель. Рассматриваются его соседние пиксели и производится анализ их однородности, на основании которого принимается решение о включении заданного пикселя в тот или иной сегмент или о создании нового. Таким образом, конечный результат сегментации получается через сращивание пикселей в отдельные сегменты.

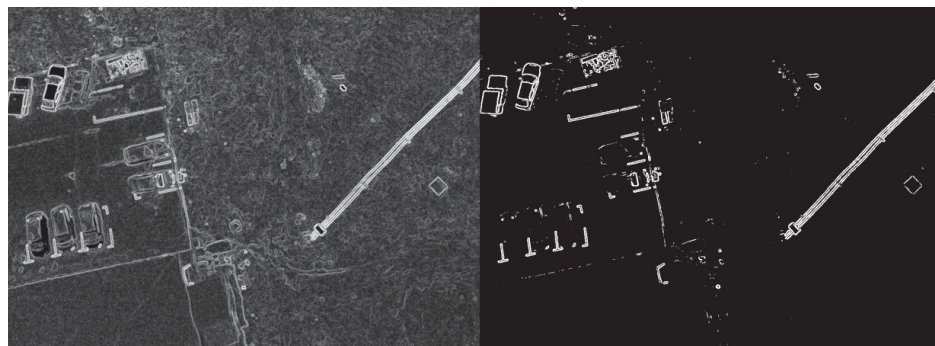
Выделение границ - используется оператор градиента. Затем происходит разделение по порогу. Граничные пиксели, полученные на предыдущих шагах, соединяются в замкнутые кривые, которые и можно считать границами сегментов (областей).



Белым цветом выделены пустынные участки, а черным – водоемы, растительность, а также горные породы.



На исходном снимке были выделены участки 5 типов, на которые впоследствии происходило наращивание областей.



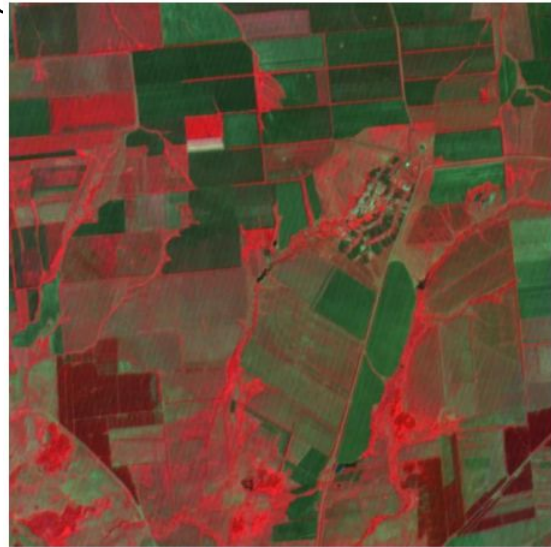
Изображение, с целью устранения избыточной сегментации, бинаризовано

Общая схема построения классификатора:

1. Вводятся предположения о статистических, структурных и др. свойствах признаков.
2. Для каждого класса объектов по имеющимся данным строится дискриминантная функция, показывающая долю уверенности в принадлежности данной точки признакового пространства выбранному классу.
3. Решение об отнесении конкретного вектора признаков к одному из классов принимается на основе сравнения значений дискриминантных функций по всем классам. Суммарный риск высчитывается как доля ошибочных ответов построенного решающего правила на обучающей выборке.

НО При синтезе классификатора не удается использовать важные упрощающие предположения о линейной разделимости классов, гауссовских распределениях признаков и т.п., можно рассчитывать лишь на компактность классов в признаковом пространстве. При этом **оказывается целесообразным аппроксимировать не дискриминантные функции для каждого класса, как это обычно делается в классификаторах, а непосредственно функцию решения.**

В качестве таких классификаторов могут быть использованы различные стратегии, начиная от классификаторов по минимуму расстояния (Махаланобиса, Евклида и т.д.) и заканчивая иерархическими древовидными классификаторами и классификаторами основанными на нейронных сетях.



Алгоритмы автоматической классификации данных дистанционного зондирования:

- классификация, основанная на расчете расстояний;
- классификация по расстоянию Махаланобиса;
- иерархическая классификация;
- древовидная классификация с кусочно-постоянной аппроксимацией;
- алгоритм ISODATA (Iterative SelfOrganizing Data Analysis Techniques);
- классификация с использованием нейронной сети

Пример работы алгоритма автоматической классификации

Выявление изменений областей на космическом снимке

В результате классификации областей и принятых решений о соответствии областей классам зачастую возникает задача, связанная с наблюдением конкретных объектов/областей на последовательности изображений со спутников, то есть возникает необходимость анализа динамики этих областей.

При поиске зон изменений требуется использовать специальные алгоритмы. Эти алгоритмы должны, в первую очередь, обладать устойчивостью к изменениям условий съемки и калибровки.

Разностный метод выделения изменений основывается на вычислении разностного изображения между двумя изображениями и осуществлении пороговой обработки.

Маска изменений при этом вычисляется следующим образом:

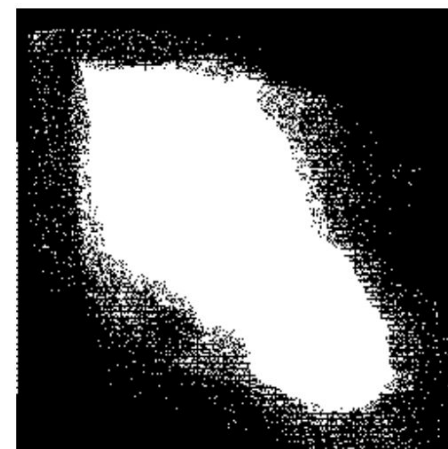
$$B(x) = \begin{cases} 1, & |D(x)| > \tau, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Далее изображения, между которыми производится поиск изменений будем обозначать как I_1 и I_2 . Разностное изображение $D(x)$ при этом может вычисляться одним из следующих методов:

$$D_1(x) = I_1 - I_2, \quad D_2(x) = \frac{I_1}{I_2}.$$

Метод главных компонент. Основная идея алгоритма состоит в анализе временных двумерных гистограмм. Под двумерными временными гистограммами понимают гистограммы, построенные по изображениям одного и того же участка поверхности, полученным в разные моменты времени.

Методы на основе пространственных моделей. Одним из подходов к выделению изменений является подход на основе локальной аппроксимации значений яркости на изображениях некоторыми полиномиальными функциями. Изменения выделяются путем проверки качества аппроксимации двух изображений полиномами с одинаковыми коэффициентами.



Результат работы разностного метода выделения изменений

По осям гистограмм отложены яркости анализируемых изображений. Если два снимка совершенно не отличаются друг от друга, то гистограмма полностью сосредоточена вдоль диагонали. Если какие-то объекты на снимках изменяются и появляются новые, на гистограммах появляются области, расположенные не на прямой, определяемой главным направлением.

Геоинформационные системы (ГИС)

Геоинформационные системы (ГИС) — системы сбора, хранения, обработки, доступа, анализа, интерпретации и графической визуализации пространственных данных. ГИС лежат в основе **геоинформационных технологий (ГИС-технологий)**, т.е. информационных технологий обработки и представления пространственно-распределенной информации.

По некоторым оценкам около 80% всей информации, связанной с деятельностью человека, имеет пространственную привязку. Как следствие, ГИС-технологии находят все большее применение в современном информационном обществе, являясь удобным инструментом для решения многих практических, научных и учебных задач.



Составные части ГИС



Классификация ГИС

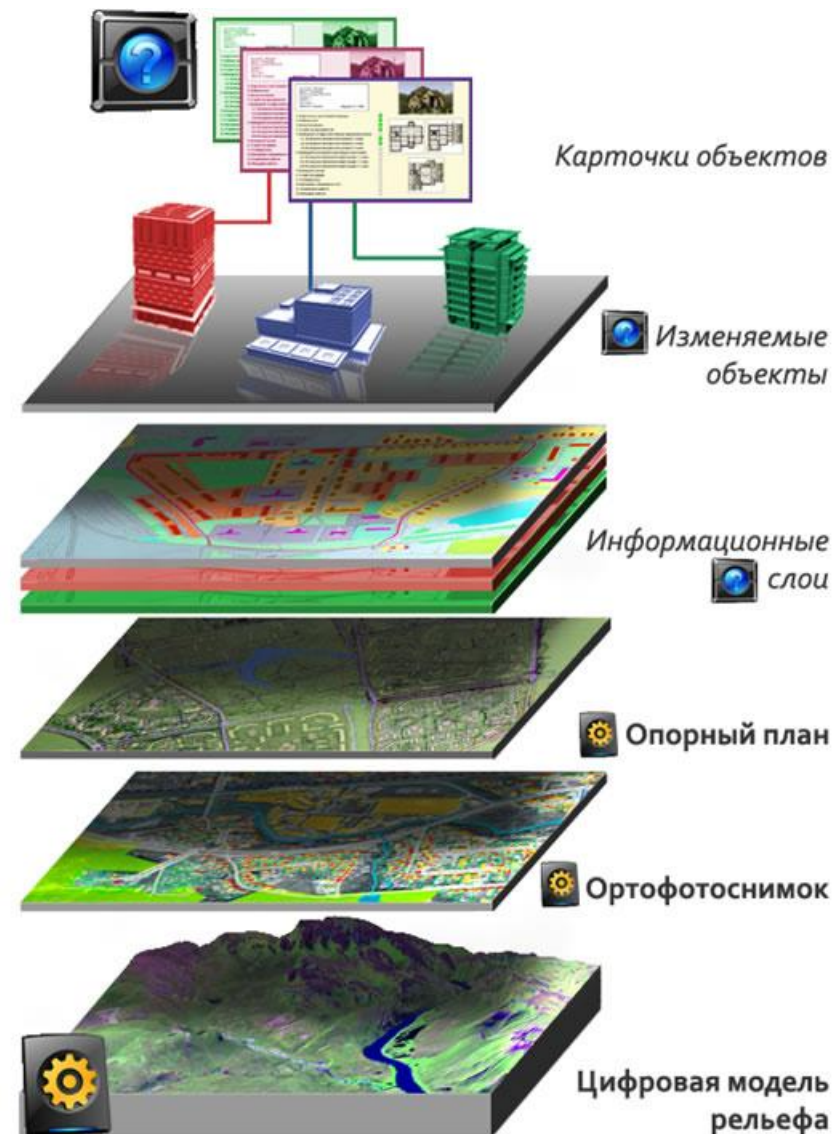
Графическая информация в ГИС хранится в векторном формате.

В векторной модели информация о точках, линиях и полилиниях (дома, дороги, реки, здания и т.п.) кодируется и хранится в виде набора координат X, Y (Z, T), что позволяет манипулировать изображением.

Исходная картинка вводится со сканера в растровом формате, а затем подвергается векторизации – установке формульных соотношений между линиями и точками.

Функции ГИС:

1. Ввод и редактирование данных;
2. Поддержка моделей пространственных данных;
3. Хранение информации;
4. Преобразование систем координат и трансформация картографических проекций;
5. Растрово-векторные операции;
6. Измерительные операции;
7. Полигональные операции;
8. Операции пространственного анализа;
9. Различные виды пространственного моделирования;
10. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей;
11. Вывод результатов в различных формах.



Геокодирование и картографическая проекция

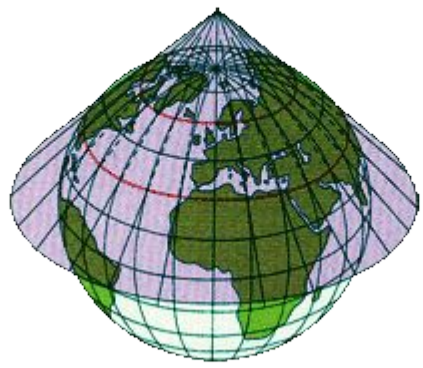
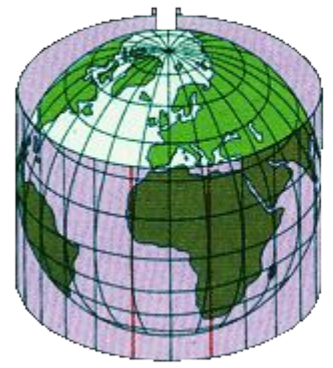
Геокодирование — процесс назначения географических идентификаторов (таких как географические координаты, выраженные в виде широты и долготы) объектам карты и записям данных.

Например, геокодированием является назначение координат записям, описывающим адрес (улица/дом) или фотографиям (где было сделано фото) или IP-адресам, или любой другой информации, имеющей географический компонент. Геокодированные объекты могут быть использованы в геоинформационных системах.

Цилиндрическая

Коническая

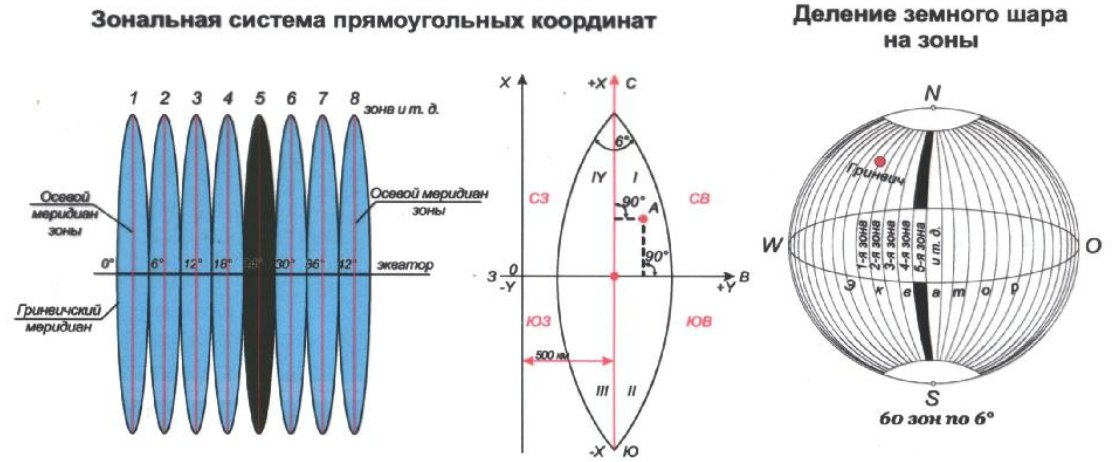
Азимутальная



Картографическая проекция — математически определенный способ отображения поверхности Земли на плоскость.

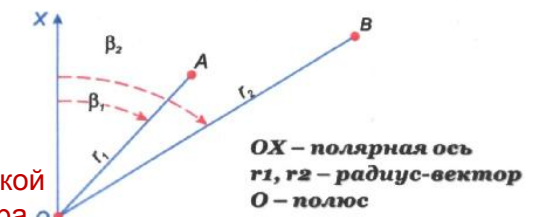
Суть проекций связана с тем, что фигуру Земли (геоид, для простоты обычно считаемый эллипсоидом вращения), не развертываемую в плоскость, заменяют на другую фигуру, развертываемую на плоскость. При этом с эллипсоида на другую фигуру переносят сетку параллелей и меридианов. Вид этой сетки бывает разный в зависимости от того, какой фигурой

Понятие о системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера



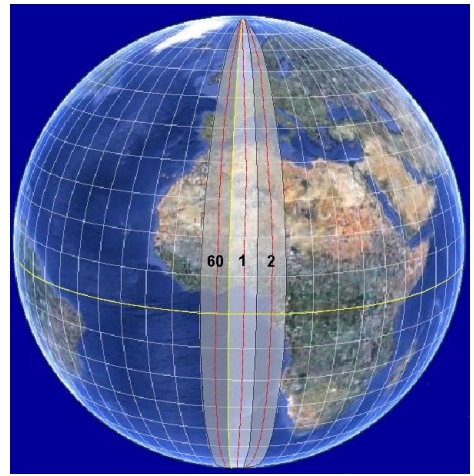
К значению ординаты нулевого меридиана прибавляют 500 км. Наибольшая ширина 6° зоны не превышает 385 км

Полярные координаты



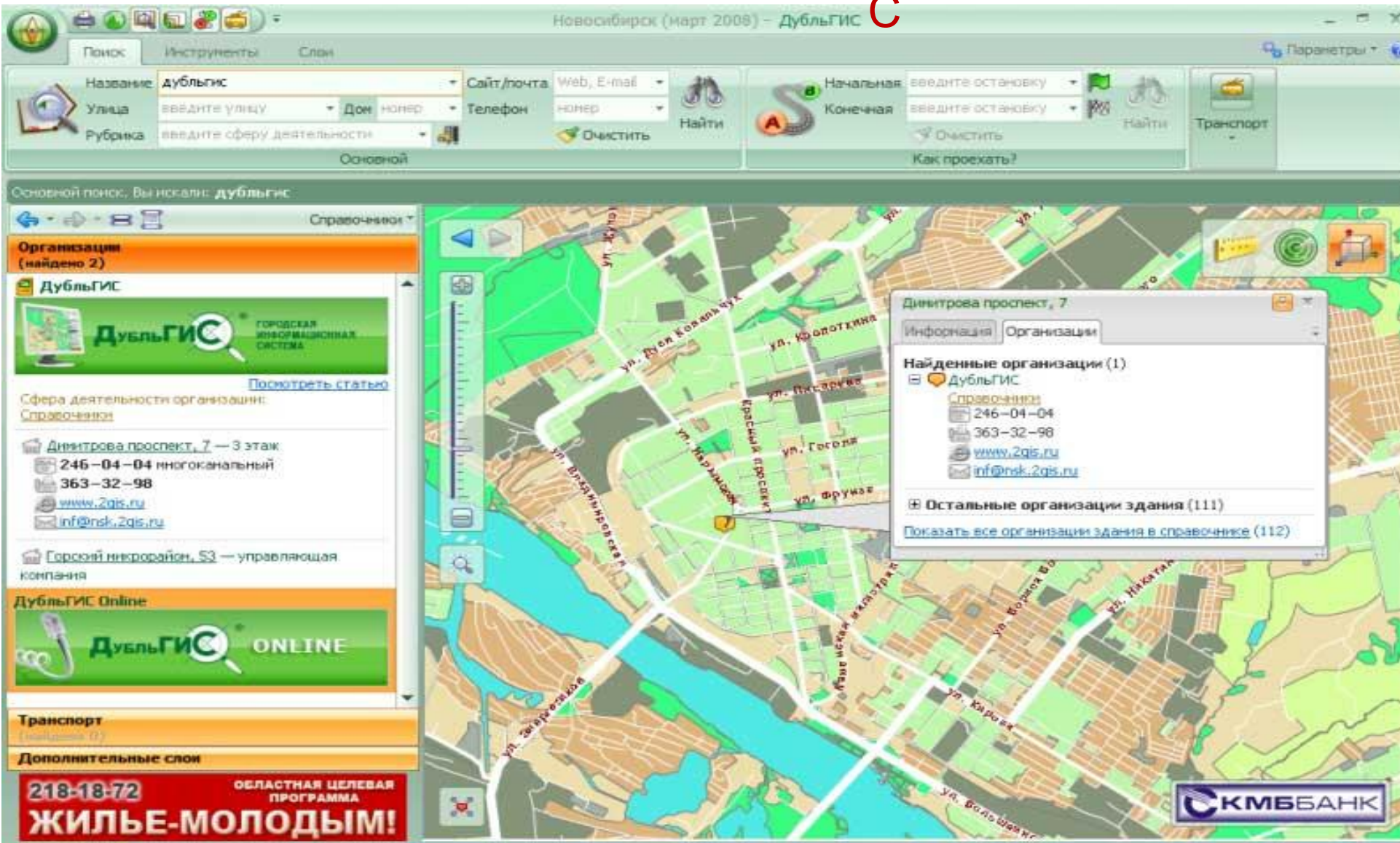
Проекция Гаусса-Крюгера — вариант поперечной цилиндрической равноугольной проекции Меркатора.

Проекция Меркатора (Mercator projection PROJ.4:merc) — проекция на цилиндр, чья ось совпадает с географической осью Земли; проецирование происходит линиями, выходящими из центра планеты, от чего ошибка растяжения приполярных областей по горизонтали оказывается скомпенсирована пропорциональным растяжением по вертикали. Используется для визуализации данных, покрывающих весь мир.



Примеры ГИС-систем

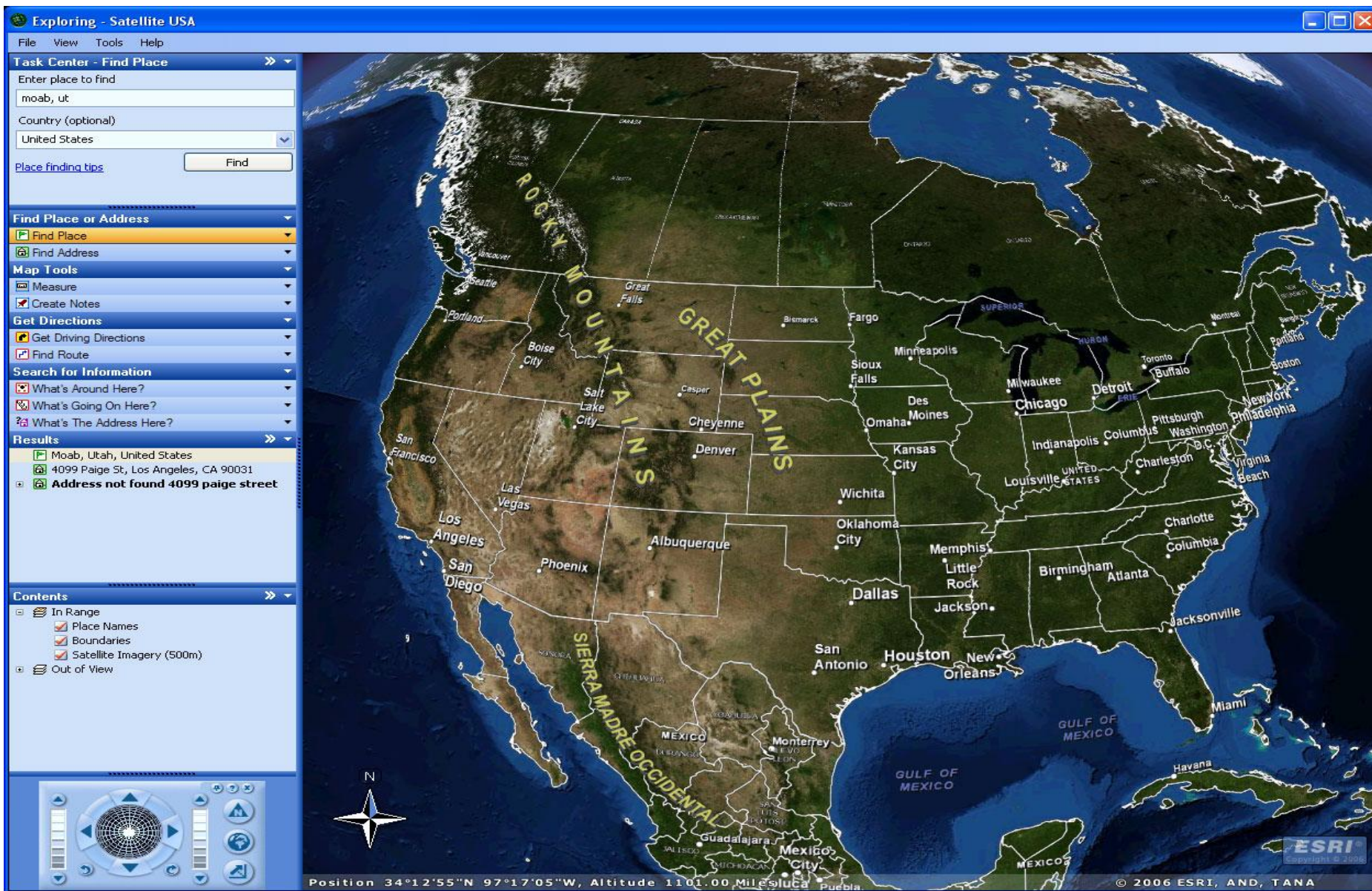
2ГИС



2-ГИС - геоинформационная система Москвы, Петербурга и других городов России и городской информационный справочник.

Разработчик: «2ГИС» — международная картографическая компания. Главный офис «2ГИС» находится в Новосибирске. По данным компании на июль 2018 года, карты-справочники 2ГИС работают более чем в 350 городах, а их месячная аудитория превысила 40 миллионов пользователей. Сервис ежедневно обрабатывает более 2,2 млн поисковых запросов. Все версии 2ГИС, как и обновления к ним, бесплатны для пользователей. Основным источником доходов компании «2ГИС» — продажа рекламных мест на карте и в справочнике (баннер, место в списке, дополнительный текст).

ArcGIS



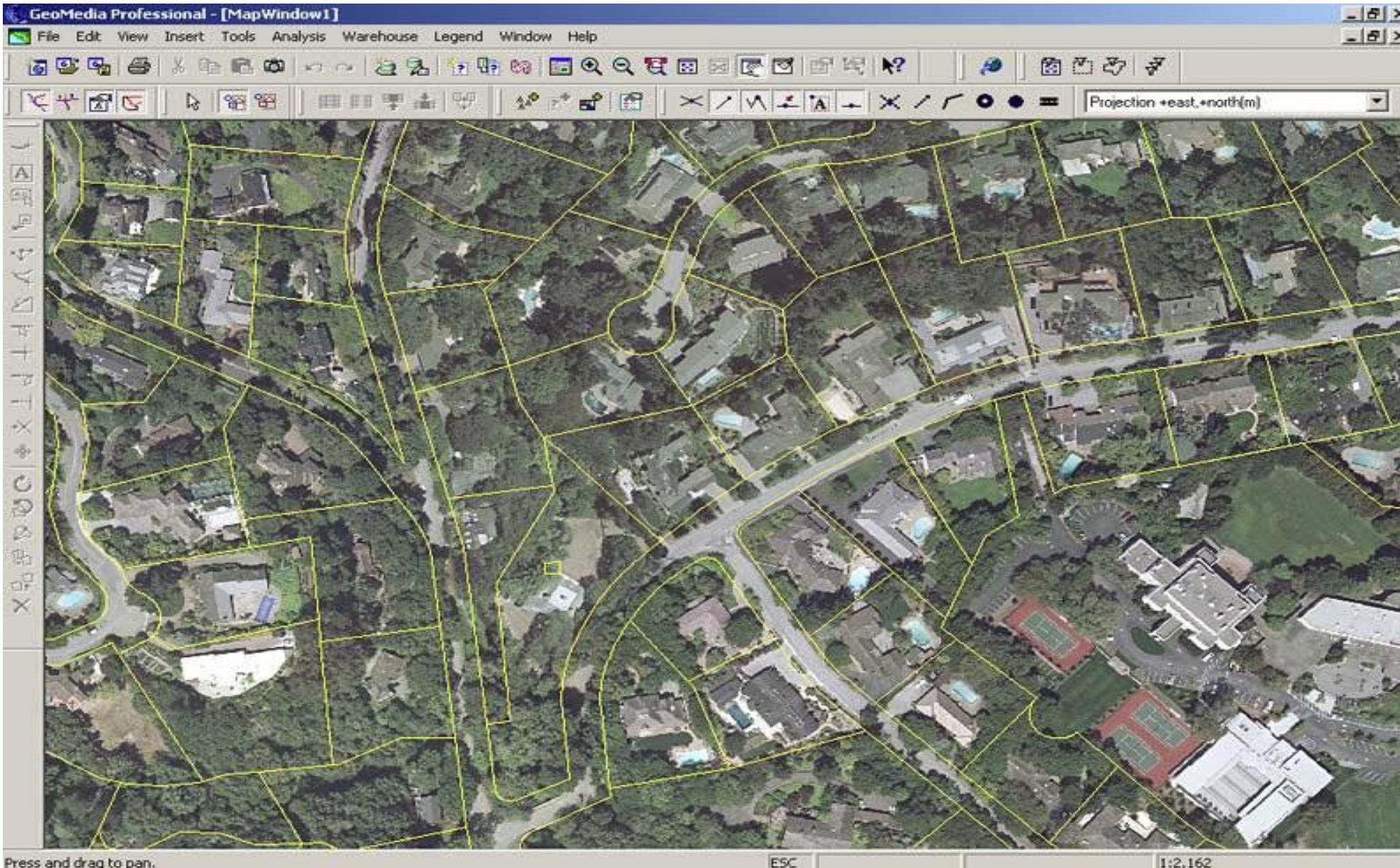
ArcGIS — семейство геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI. Применяются для земельных кадастров, в задачах землеустройства, учёта объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии и недропользования и других областях.

Основной серверный продукт — ArcGIS for Server, предназначен для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете.

Дополнительно поставляются многочисленные модули для продуктов ArcGIS, расширяющие функциональные возможности продуктов, модули расширения разрабатываются как ESRI, так и различными независимыми разработчиками.

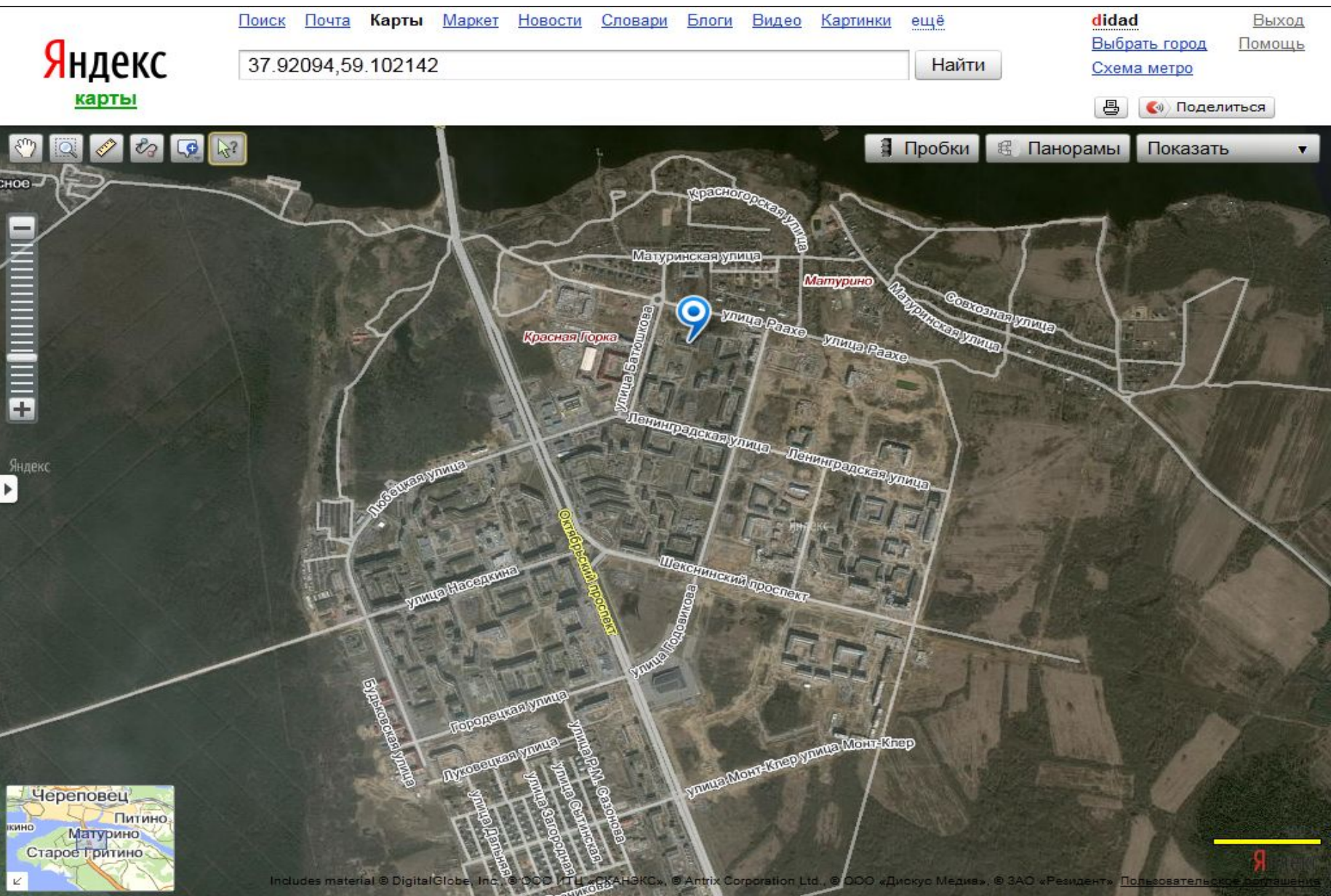
Примеры ГИС-систем

GeoMedia



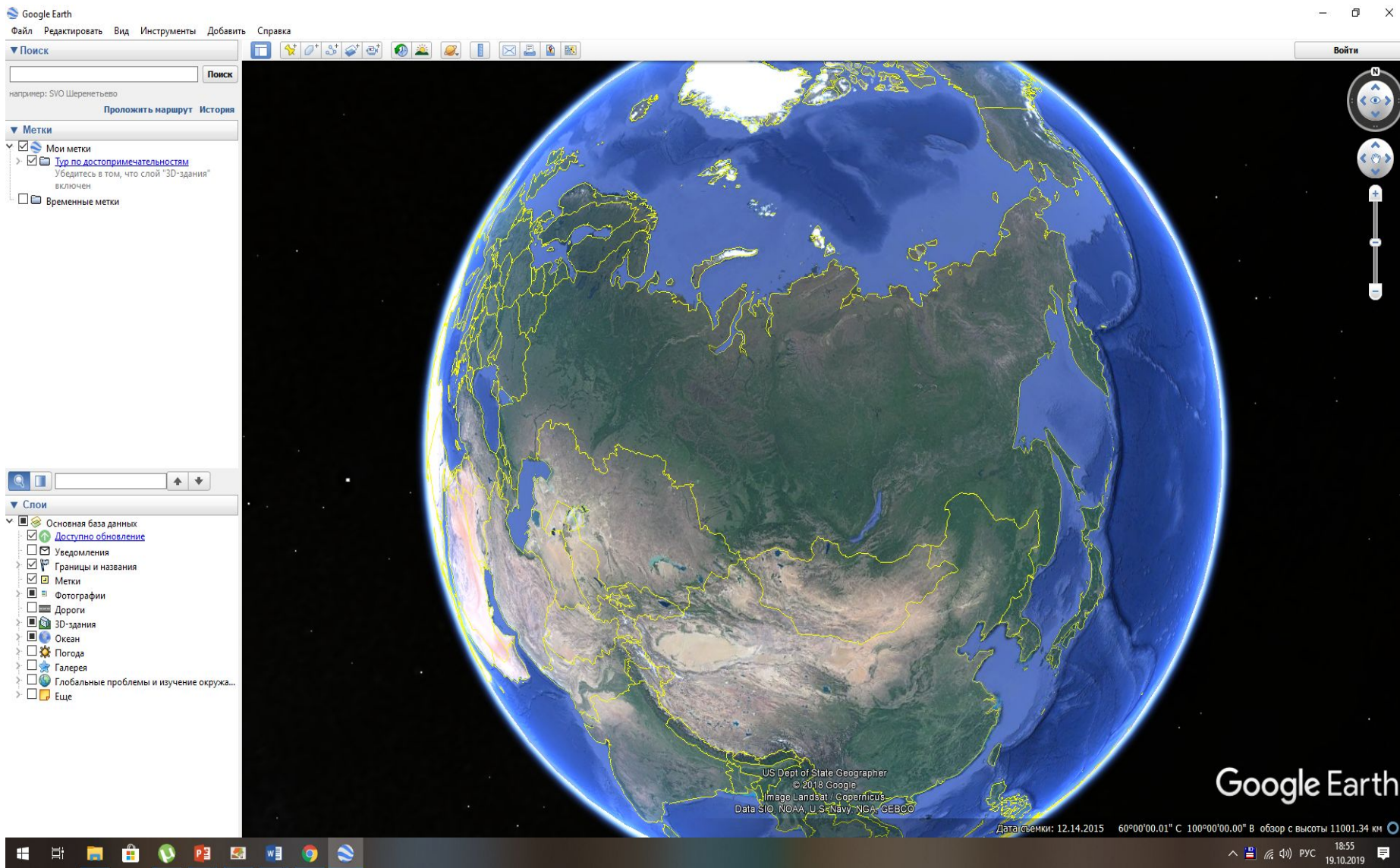
GeoMedia — это и ГИС-технология, и семейство ГИС-продуктов, разработанных корпорацией INTERGRAPH. Технология GeoMedia является архитектурой ГИС нового поколения, позволяющая работать напрямую без импорта/экспорта одновременно с множеством пространственных данных в различных форматах. Это достигается применением специальных компонентов доступа к данным — Intergraph GeoMedia Data Server. На сегодняшний день пользователям GeoMedia доступны компоненты для всех основных промышленных форматов хранилищ цифровых картографических данных: ArcInfo, ArcView, ASCII, AutoCAD, FRAMME, GeoMedia, GML, MapInfo, MGE, MicroStation, Oracle Spatial и др., включая растровые, табличные и мультимедийные данные.

Яндекс-КАРТЫ



Яндекс.Карты — поисково-информационная картографическая служба Яндекса. Открыта в 2004 г. Возможности: поиск по карте, информация о пробках, прокладка маршрутов и панорамы улиц крупных и других городов. Маршрут прокладывается даже тогда, когда точка отправления и финальная точка находятся на территориях разных стран. По состоянию на май 2017 года российская аудитория ресурса достигала 24,9 миллиона пользователей. Карты доступны в четырёх вариантах: схемы, спутниковые снимки, спутниковые снимки с надписями и условными обозначениями (гибрид) и Народная карта. Доступна подсветка района, города или области после поиска организации на сайте. Есть возможность просмотра улиц на картах. Доступен поиск как по географическим объектам (адресам, улицам, городам, регионам и странам), так и по организациям. На картах имеется возможность измерять расстояние, прокладывать маршруты и просматривать панорамы улиц. Для ряда городов доступна служба «Яндекс.Пробки»: индикатор

Google Earth



Google Планета Земля (англ. Google Earth) — проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофото-) изображения всей земной поверхности. Фотографии некоторых регионов имеют беспрецедентно высокое разрешение. Детализация изображений варьируется от 15 метров до 15 сантиметров. Для большей части Земли Google Планета Земля использует данные цифровой модели рельефа, собранные миссией НАСА «Shuttle Radar Topography Mission». Это создаёт впечатление трёхмерного рельефа, даже на двухмерном изображении. Начиная с версии 5.0 Google представила функцию Historical Imagery, позволяя пользователям просматривать более ранние изображения. Компания Google разрешает некоммерческое использование изображений исключительно в

Примеры снимков из Google Earth



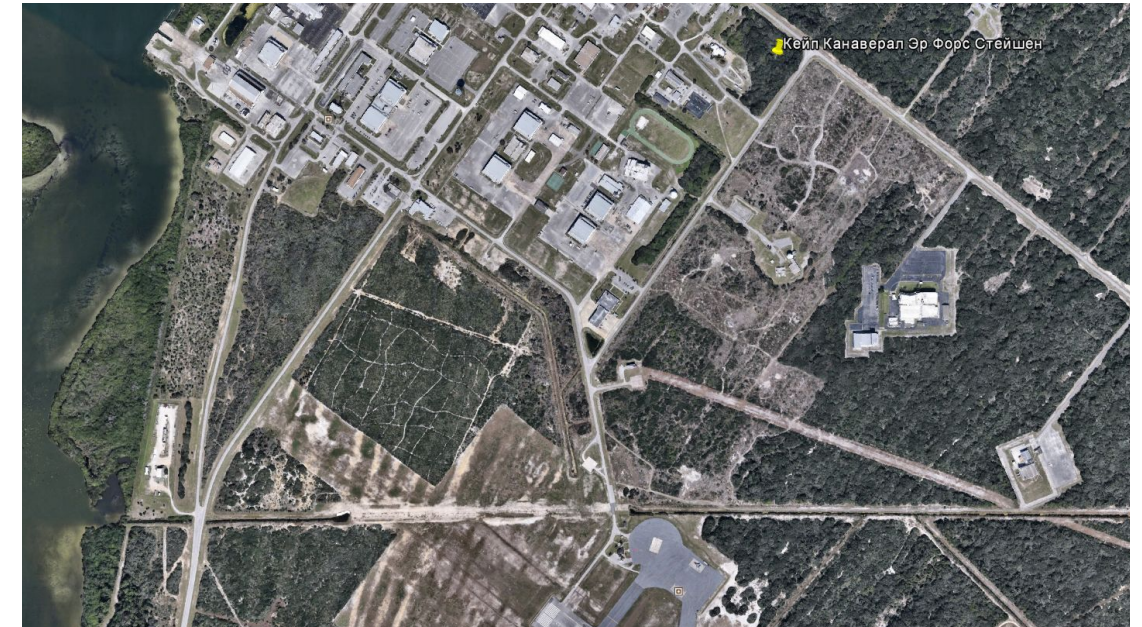
АО «ЦНИИмаш»



Космический центр NASA в Хьюстоне (Хьюстон, США)



Космодром Восточный



Космический центр им. Дж.Ф. Кеннеди (мыс Канаверал, Флорида, США)

Геомоделирование

Геомоделирование охватывает широкий круг вопросов создания и использования геоинформационных систем (ГИС), данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), других пространственных данных, и связанных с ними математических методов и алгоритмов.

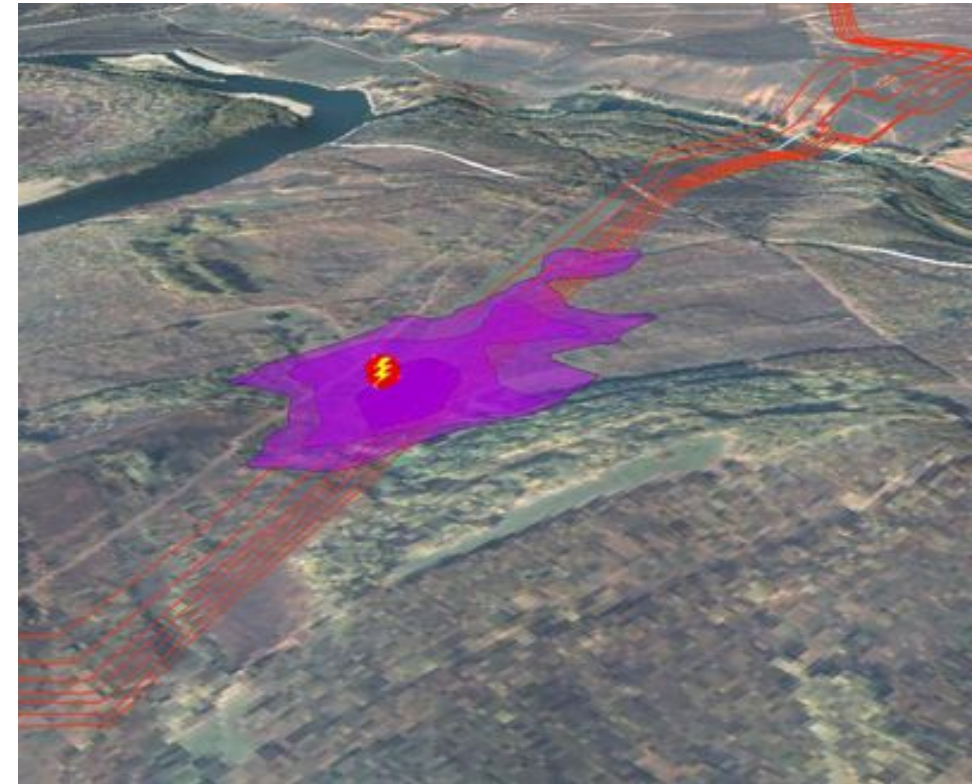
В последнее время геомоделирование стало одним из основных инструментов при проведении экологических исследований, оценки и мониторинге состояния природной среды и ресурсов, во многих других областях научной и практической деятельности.

Геомоделирование наводнений



Для решения задачи геомоделирования наводнений достаточным инструментом является ГИС, которая обеспечивает сбор, обработку и отображение пространственных данных, интеграцию информации и знаний о территории. В отличие от сложных методик математического моделирования геомоделирование позволяет создавать модели областей затопления достаточно просто. Полученные 3D-модели делают процесс подготовки к прогнозируемым наводнениям и организации мероприятий по ликвидации последствий более гибким и наглядным. Полученная модель служит эффективной поддержкой принятия управленческих решений.

Геомоделирование разливов нефти при авариях на

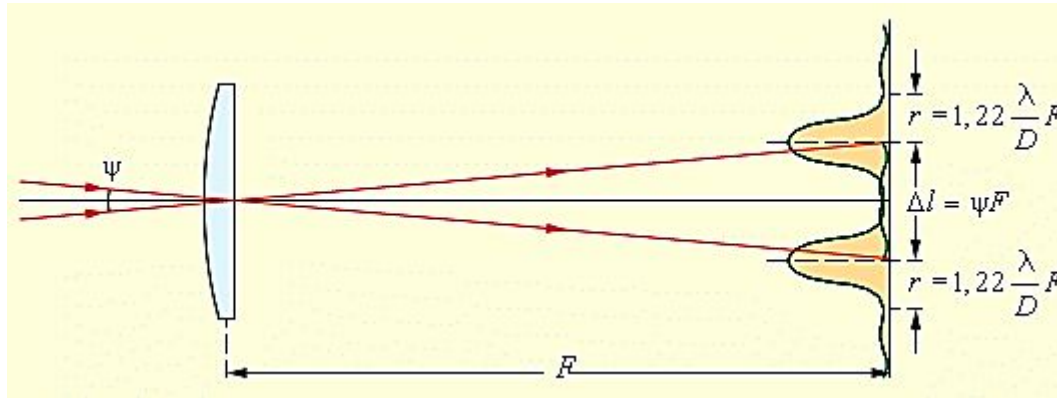


ГИС позволяют моделировать последствия аварийных ситуаций, оценивать экологический и экономический ущерб. Важным элементом геомоделирования является создание 3D-моделей разливов нефти по рельефу местности и водной поверхности.

**Перспективы
дистанционного
зондирования Земли из
космоса**

Увеличение пространственного разрешения оптической аппаратуры КА дистанционного зондирования Земли

Проблема: предельное пространственное разрешение оптической аппаратуры отдельно взятого МКА ДЗЗ определяется дифракцией излучения, приходящего от подстилающей поверхности, на входной апертуре.



Δl – расстояние между центрами дифракционных изображений наблюдаемых точек
 D – диаметр апертуры
 λ – длина волны
 F – расстояние до наблюдаемого объекта
 Ψ_{\min} – минимальное угловое расстояние между центрами дифракционных изображений наблюдаемых точек, на котором они различимы

Способы увеличения пространственного разрешения оптической аппаратуры МКА ДЗЗ:

1. Уменьшение высоты орбиты

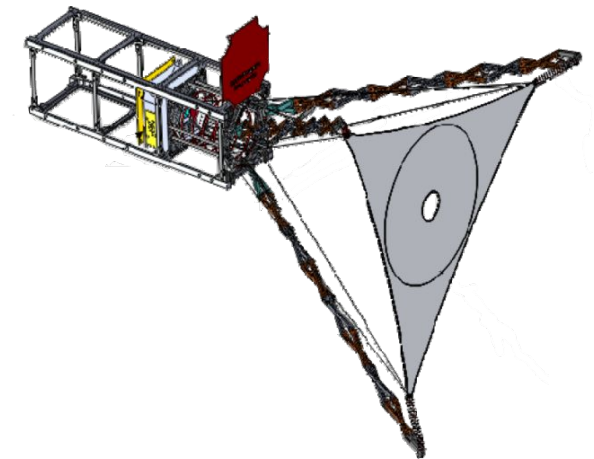
№	Диапазон высот полета, км	Формула для расчета времени существования КА, сут
1	200...250	$(-0,092...0,0005 h) \frac{m}{S_M}$
2	250...300	$(-0,34...0,0015 h) \frac{m}{S_M}$
3	300...350	$(-1,4...0,005 h) \frac{m}{S_M}$
4	350...400	$(-3,1...0,01 h) \frac{m}{S_M}$

m – масса КА;
 S_M – площадь миделевого сечения.



Проект MOIRE (Мембранное оптическое устройство формирования изображения для работы в режиме реального

2. Увеличение апертуры

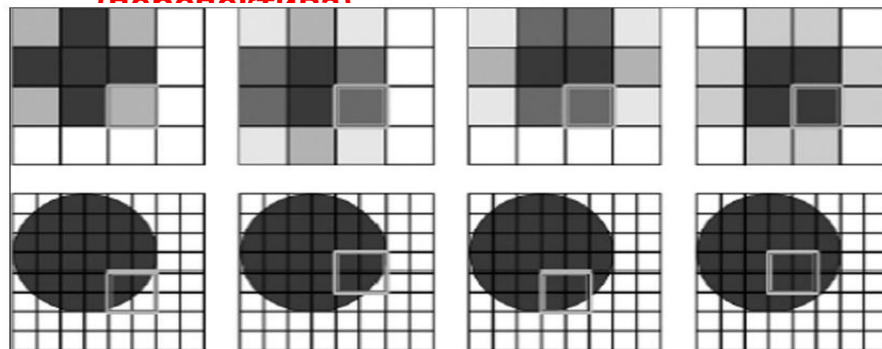


Проект телескопа с мембранной оптической системой FalconSat-7 (DARPA), масса 5 кг

Увеличение пространственного разрешения оптической аппаратуры малого КА дистанционного зондирования

Способы увеличения пространственного разрешения оптической аппаратуры МКА ДЗЗ:

3. Субпиксельная обработка изображений (переплетка)



Основная идея: использование субпиксельных сдвигов снимаемого объекта для комбинации информации с нескольких изображений низкого разрешения (микросканирование).

Пиксели имеют конечный размер, поэтому сигнал пикселя соответствует не значению яркости объекта в конкретной точке на реальном изображении, а является усреднением по некоторой окрестности точки. При смещении изображения объекта на часть пикселя в разных кадрах усреднение производится по разным окрестностям.

В общем случае **субпиксельная обработка сводится к задаче минимизации отклонения восстановленного изображения от реального изображения.**

4. Преодоление дифракционного предела

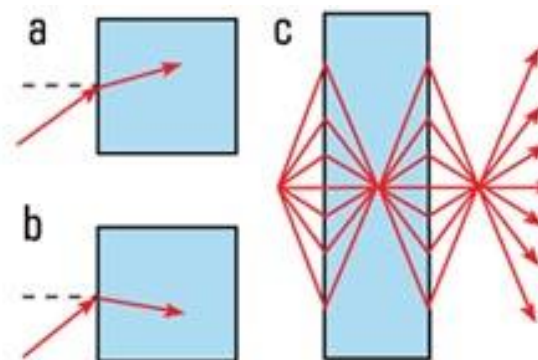
Дифракционный предел: минимальное значение размера пятна (пятно рассеяния), которое можно получить, фокусируя электромагнитное излучение:

$$d_{\min} = \lambda / 2n,$$

где λ — длина электромагнитной волны в вакууме, n — показатель преломления среды.

Меньший размер пятна не позволяет получить явление дифракции электромагнитных волн.

Минимальное значение дифракционного предела можно получить или путем уменьшения длины волны (смещение области зондирования в микроволновую область), или за счет изменения коэффициента преломления среды n .



Линза, сделанная из метаматериала с отрицательным коэффициентом преломления, не обладает дифракционным пределом

(а- обычное преломление на границе двух сред; б) преломление в материале с отрицательным показателем преломления, с - линза из материала с отрицательным показателем преломления).

Общее определение системы КА группового полета (англ. Formation Flying):

система космических аппаратов, двигающихся по орбитам на сравнительно близком взаимном расстоянии (от сотен метров до сотен километров) и функционирующих как единое целое:

$$\max l_{n_i, n_j} \ll l_0, \forall n_i, n_j \in \{n\}, n \geq 2, \quad (1)$$

где n_i, n_j - номера двух любых космических аппаратов группы; $\{n\}$ - совокупность космических аппаратов группы;

l_0 - длина витка орбиты; l_{n_i, n_j} - расстояние между КА с номерами n_i, n_j .

Классификация систем КА группового полета (по Палкину М. В., МГТУ им. Н.Э. Баумана):

1. Строй (ордер) – совокупность спутников группы постоянного упорядоченного друг относительно друга взаимного расположения. В этом случае определение группы дополняется признаком поддержания каждым космическим аппаратом заданного положения относительно других КА:

$$\begin{cases} x_m \min \leq x_m \leq x_m \max, \\ \Delta x_{i, i+1} = H_{i, i+1} \pm \Delta h_{i, i+1} \end{cases} \forall t \in [t_n, t_k], i = 1, \dots, n - 1 \quad (2)$$

где x_m - отклонение положения m -го космического аппарата от своего заданного положения (по одной оси, в используемой системе координат), определенного допуском $[x_m \min, x_m \max]$, постоянно рассчитываемым (задаваемым) на всем интервале времени $[t_n, t_k]$ существования группы, $\Delta x_{i, i+1}$ - расстояние между КА с номерами $i, i+1$, $\Delta h_{i, i+1}$ - допуск расстояния, n – количество аппаратов группы.

2. «Рой» – совокупность спутников группы переменного во времени взаимного положения (переменного строя) в пределах установленных границ группы. Для «роя» условие (1) не выполняется либо выполняется временно.

Для оценки «средней» высоты полета группы, наклона и других траекторных параметров, оценки положения одних КА группы относительно других могут быть введены понятия:

- **центральная (опорная) орбита** – условная траектория полета группы КА как единого аппарата;
- **центральный космический аппарат (лидер, ведущий)** – спутник, относительно которого другие аппараты группы координируют свое положение в целях поддержания конфигурации.

Общее определение кластера космических аппаратов

Кластер КА (кластерная система КА группового полета) - совокупность однотипных КА или КА различного целевого назначения, способных связываться друг с другом для взаимной координации действий с целью совместного решения общей задачи (т.е. обладающих свойством самоорганизации) и воспринимаемых потребителем

Самоорганизация в кластере КА – процесс автономного формирования оптимальной орбитальной структуры КА и оптимального алгоритма её функционирования в соответствии с поставленной целью, некоторым критерием качества и внешними условиями.

Для решения задачи самоорганизации бортовые вычислительные комплексы, датчиковая аппаратура (сенсоры) и исполнительные механизмы КА объединяются в интеллектуальную сеть.

Для построения интеллектуальной сети кластера КА необходимы:

1. Система межспутниковой связи между КА в кластере на больших расстояниях.
2. Распределенная информационно-вычислительная сеть, объединяющая информационно-вычислительные ресурсы отдельных КА.
3. Алгоритмы группового управления кластером, позволяющие в общем случае:
 - взаимно координировать функционирование бортовых систем КА кластера;
 - взаимно координировать угловое положение КА кластера;
 - в течение необходимого времени поддерживать пространственную структуру кластера.

Синтезирование оптического изображения из субапертурных изображений, получаемыми отдельными малыми КА ДЗЗ

Описание конфигурации «облака» субапертур малых КА ДЗЗ:



1) Коэффициент разряжения:

$$\mu = \frac{D_0}{b_{min}}$$

D_0 – диаметр субапертуры;

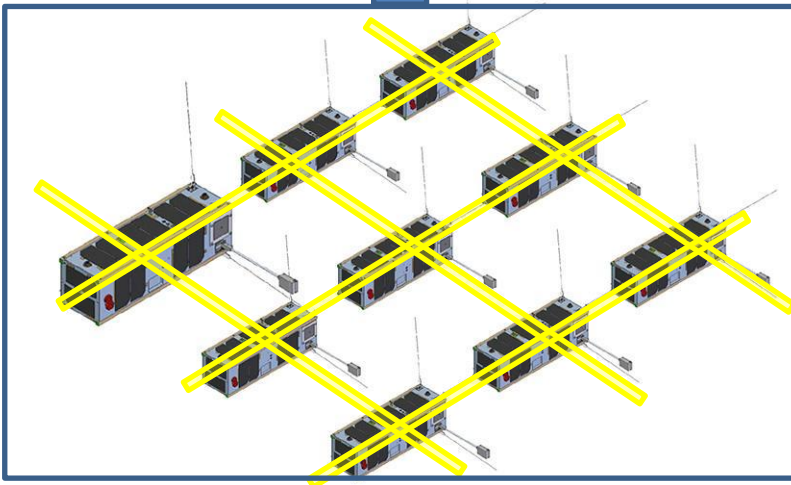
b_{min} – минимальное ненулевое расстояние между субапертурами в данной конфигурации «распределенного» КА

2) Коэффициент заполнения:

$$\varphi = \frac{S_{\Sigma}}{S_0}$$

S_{Σ} – суммарная площадь всех субапертур «распределенного» КА;

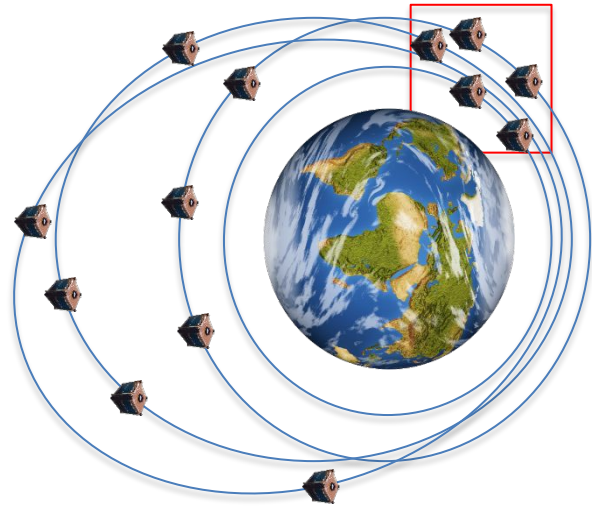
S_0 – площадь окружности, описанной вокруг массива субапертур.



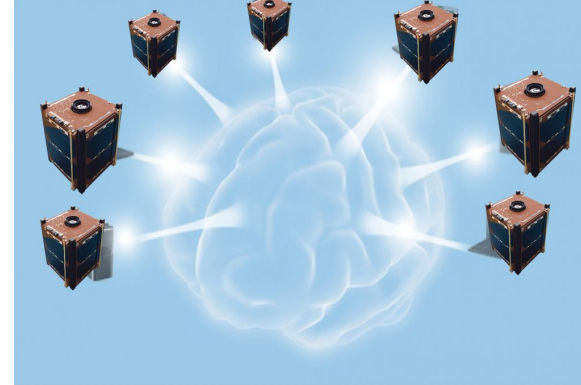
Под апертурным синтезом в оптике понимают построение эквивалента оптической системы со сплошной апертурой, состоящего из совокупности элементов с меньшей апертурой и позволяющего получить то же разрешение, что и система с большей сплошной апертурой

Функционирование кластера МКА ДЗЗ основано на выдерживании в течении времени съемки взаимного положения отдельных КА кластера таким образом, чтобы они образовывали единую апертуру. Для этого необходимо точное, синхронизированное во времени поддержание и изменение угловой ориентации МКА в кластере и точное удержание геометрии орбитальной структуры кластера МКА ДЗЗ. Добиться решения такой задачи возможно при помощи методов мультиагентного управления (роевых алгоритмов управления)

Логика целевого функционирования кластера МКА ДЗЗ (перспектива)



1. Съёмка земного объекта – сбор и накопление информации в бортовом запоминающем устройстве



2. Синтез изображения земного объекта



3. Сеанс связи – передача информации (синтезированного изображения) и освобождение бортового запоминающего устройства

Целевое функционирование кластера МКА ДЗЗ состоит в съёмке земных объектов, записи поступающей при этом информации и ее накоплении в бортовых запоминающих устройствах (БЗУ), апертурного синтеза снимка в распределенной информационно-вычислительной сети кластера и последующей передаче информации на наземную станцию (воспроизведении формации).

Целевое функционирование кластера МКА ДЗЗ с возможностью распределения оптической апертуры рассматривается при следующих допущениях:

- поставлена задача съёмки одного земного объекта;
- для получения изображения земного объекта из космоса достаточно одного снимка, совершенного при ориентации линий визирования бортовой съёмочной аппаратуры МКА кластера в геометрический центр объекта (географическую точку с известными долготой и широтой);
- наземная станция способна принимать информацию через любой МКА кластера, находящийся в зоне ее радиовидимости;

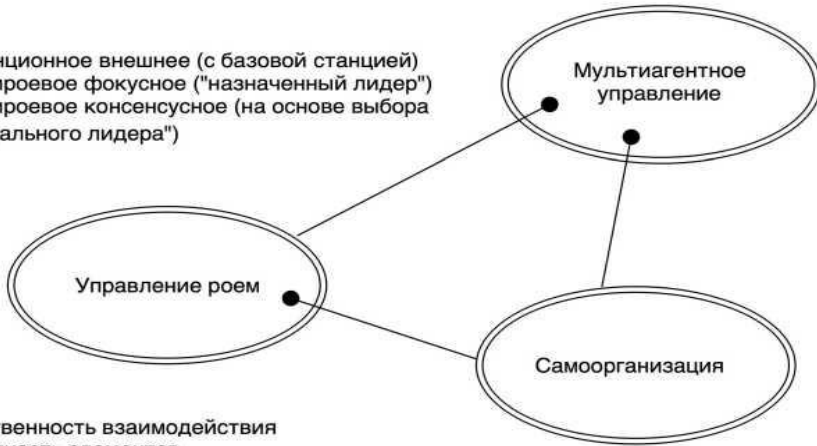
орбитальная структура кластера МКА и условия съёмки со спутников планирования могут меняться

Роевой интеллект. Роевое управление. Мультиагентный подход к управлению кластером МКА ДЗЗ.

Роевой интеллект — это система, реализующая управление коллективным поведением децентрализованной самоорганизующейся совокупностью однородных объектов. Роевой интеллект рассматривается в теории искусственного интеллекта как метод «не до конца формализуемой оптимизации». **Суть роевого интеллекта** состоит в том, что рой, состоящий из динамических объектов (агентов), обладает большими возможностями по сравнению с его отдельными индивидами. Посредством установления коммуникаций между членами роя и взаимодействия с внешней средой возможно решение задач, на выполнение которых у отдельного агента не хватает возможностей.

Мультиагентный подход предполагает построение алгоритма управления кластером МКА для достижения некоторой глобальной цели на основе системы автономных интеллектуальных агентов (отдельно взятых МКА). Основополагающей идеей роевого управления является «роевой интеллект» (РИ, Swarm Intelligence), широко наблюдаемый в природном мире: косяки рыб, колонии пчел и др.

- дистанционное внешнее (с базовой станцией)
- внутрироевое фокусное ("назначенный лидер")
- внутрироевое консенсусное (на основе выбора "виртуального лидера")




- естественность взаимодействия
- целостность элементов
- начальная хаотическая взаимосвязь
- нелинейность отношений
- неравновесность организаций
- эмерджентность (спонтанность) действий
- точки бифуркации

Два вида роевого управления






Спасибо за внимание!



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСКОСМОС»

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

 ЦНИИМАШ
TSNIIMASH

 РОСКОСМОС

КЛЮШНИКОВ
Валерий Юрьевич

Главный научный сотрудник
доктор технических наук
старший научный сотрудник

141070, г. Королев,
Московская область
ул. Пионерская, д. 4

Тел. раб.: +7(495) 513-44-44
Тел. моб.: +7(903)185-24-91
E-mail: wklj59@yandex.ru