

Применение ДДЗ при инженерных изысканиях



Состав инженерных изысканий

Основными видами инженерных изысканий являются:

- Инженерно-экологические изыскания
- Инженерно-гидрологические изыскания
- Инженерно-геологические изыскания
- Инженерно-геодезические изыскания
- Инженерно-геотехнические изыскания

Специальными видами инженерных изысканий являются:

- Геотехнические исследования
- Обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций
- Поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения
- Локальный мониторинг компонентов окружающей среды
- Разведка грунтовых строительных материалов
- Локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод

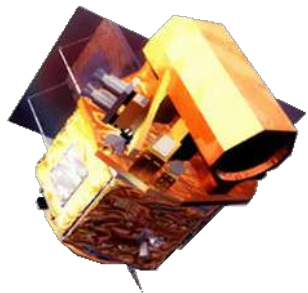
Стадии инженерных изысканий

- Технико-экономическое обоснование проекта
- Изыскания для проектирования
- Изыскания для создания рабочих чертежей

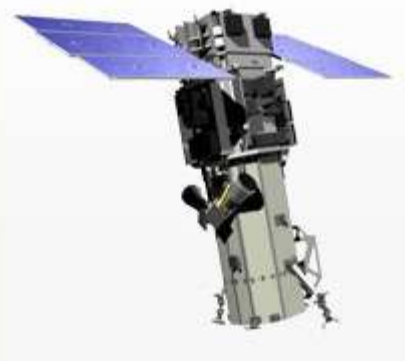
К ДДЗ относятся:

- Данные космической съемки
- Материалы аэрофотосъемки
- Результаты воздушного лазерного сканирования
- Данные мобильного и наземного лазерного сканирования

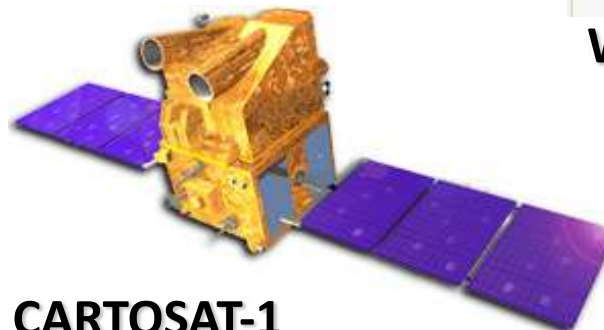
Космическая съемка



FORMOSAT-2



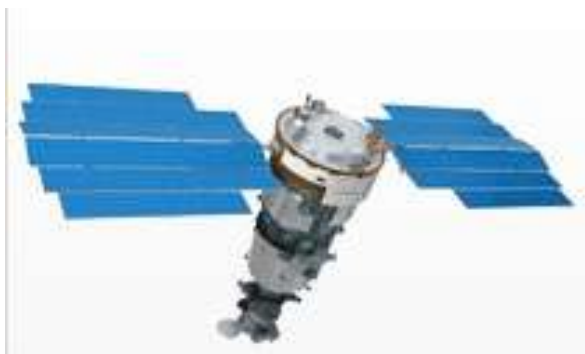
Worldview 2 (3,4)



CARTOSAT-1



ALOS-2



Ресурс-П (1,2,3)



GeoEye (1,2)



SPOT-5 (6,7)

Виды космических снимков

- **Снимки сверхвысокого разрешения (<1 м)**
Iconos, QuickBird, WorldView, GeoEye,
Ресурс-П1/П2, Pleiades, TerraSAR-X
- **Снимки высокого разрешения (1-10 м)**
Formosat, Cartosat, Spot-5/6, Alos-2, IRS
- **Снимки среднего разрешения (10-30 м)**
Spot-4, Landsat-7, Radarsat, Конопус
- **Снимки низкого разрешения (>30 м)**

Основные характеристики КС

- **Разрешающая способность**
(размер пикселя изображения на местности)
- **Мультиспектральная съемка**
(съемка в узких спектральных зонах)
- **Географическая привязка**
(положение снимка известно с ошибкой 3-5 м)
- **Стереосъемка**
(возможность создания 3D модели местности)
- **Обзорность**
(одной сценой охватывается площадь от 256 кв. км)

Разрешающая способность



Аэросъемка с пространственным разрешением 40 см



Изображение с пространственным разрешением 60 см, полученное со спутника QuickBird

Детальность изображения



Мультиспектральная съемка



Панхроматическое
изображение



Мультиспектральные
изображения



Инфракрасное
изображение



Pan-Sharpening

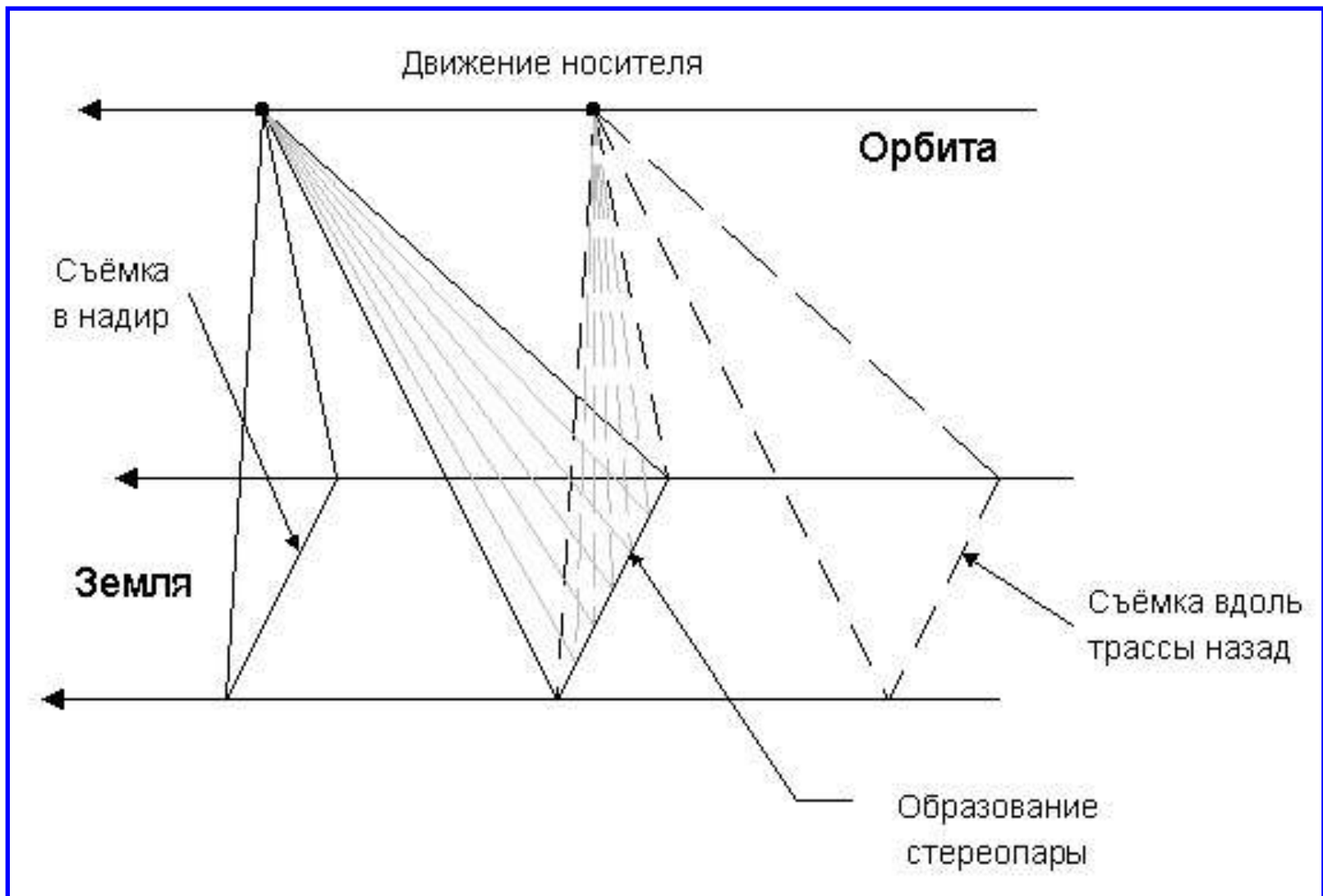


Цветные и спектрональные
изображения

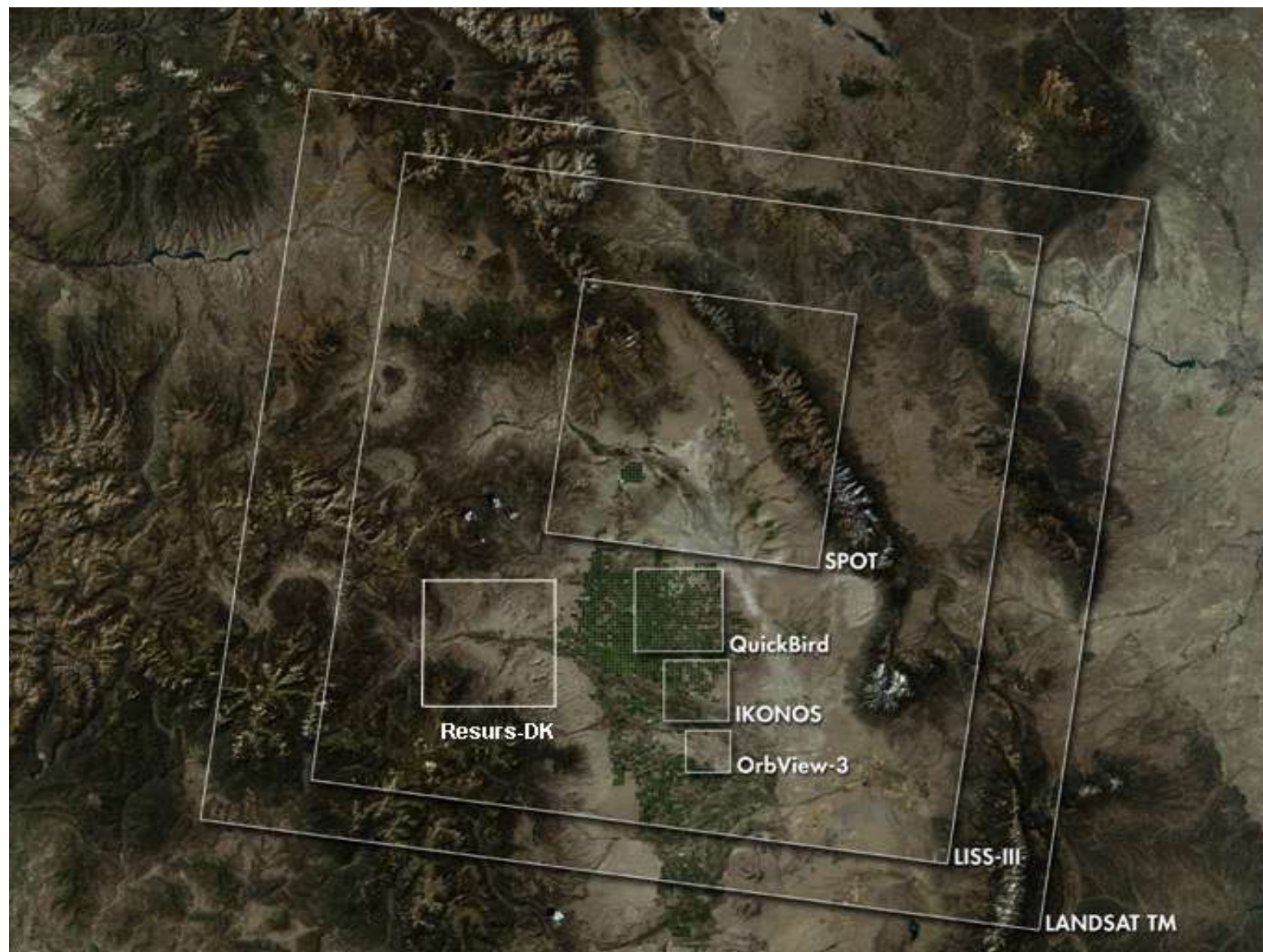
Географическая привязка

- Географическая привязка изображений выполняется в процессе съемки с помощью GPS и других навигационных систем
- Результатом привязки являются элементы ориентирования снимка в мировой системе координат WGS-84
- Данные представлены «Строгой моделью» или «RPC-коэффициентами»
- Погрешность ориентирования без опорных точек 3-5 м.

Стереосъемка



Обзорность



Создание 3D модели местности



Применение КС

- Технико-экономическое обоснование проекта
- Инженерно-экологические изыскания
- Инженерно-гидрологические изыскания
- Инженерно-геологические изыскания
- Инженерно-геодезические изыскания

Аэрофотосъемка и воздушное лазерное сканирование

а



б



в



Сканерные съемочные системы: *а*) ADS-80; *б*) 3-DAS-1; *в*) JAS 150s

г



д

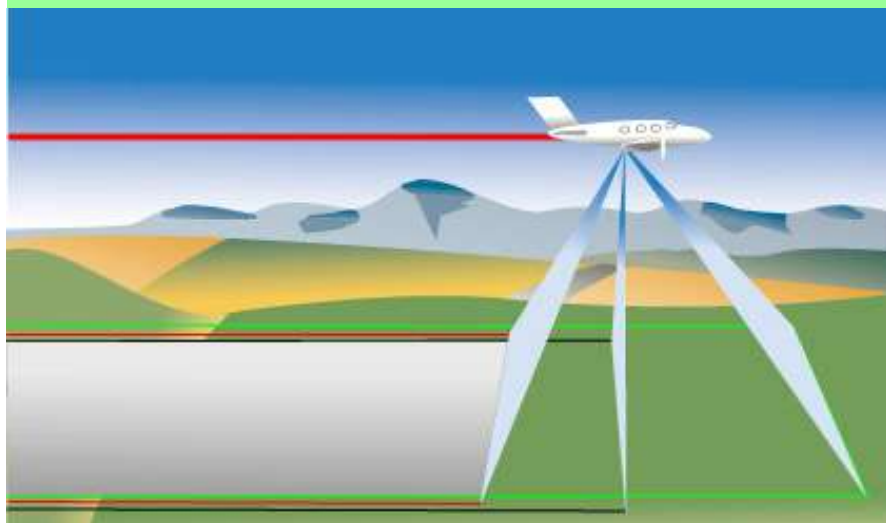


Кадровые камеры: *г*) UltraCam Eagle; *д*) DMC II 250

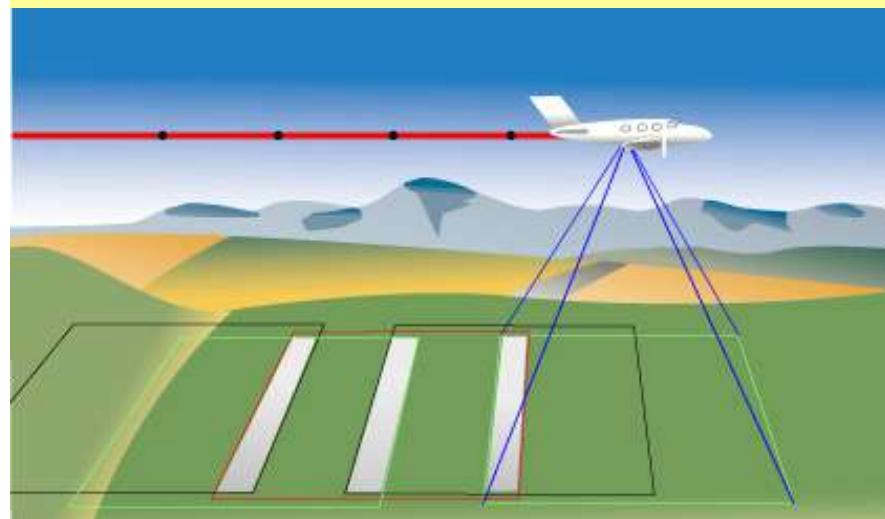
Особенности цифровых съемок

Сканирующая камера

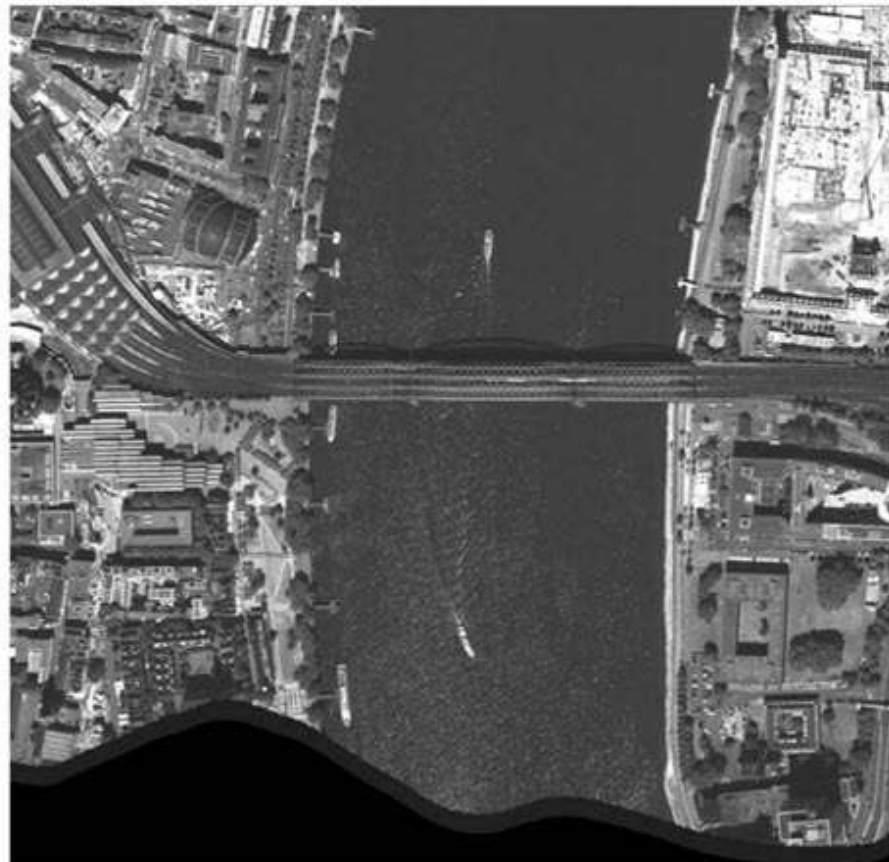
Все объекты с тройным перекрытием



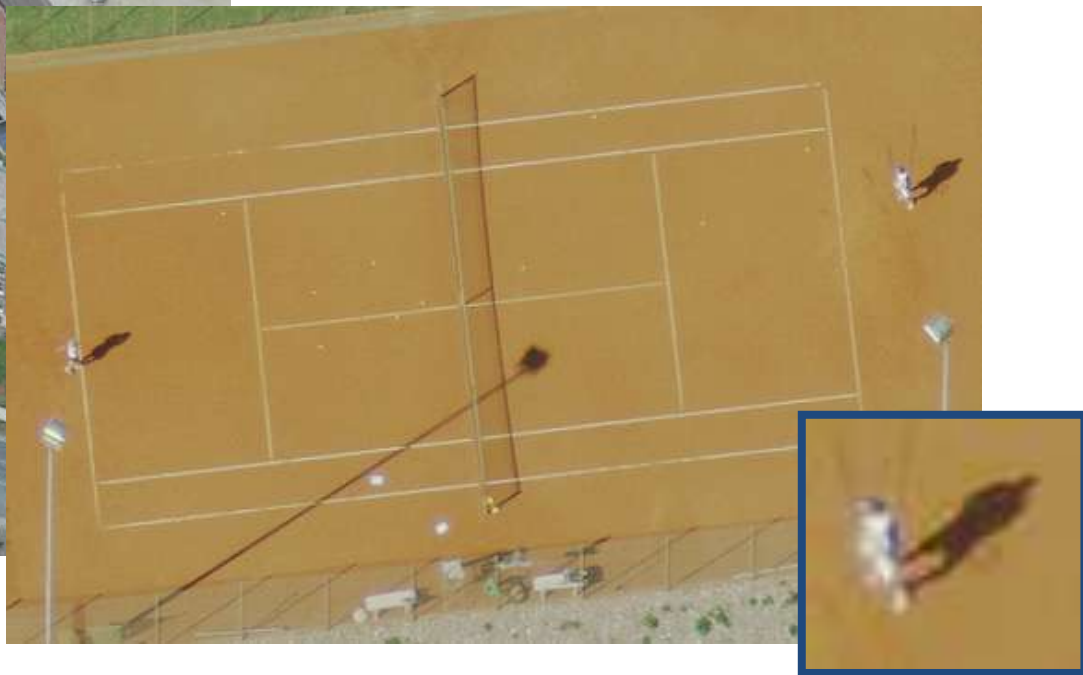
Кадровая камера



Особенности сканерной съемки



Детальность аэросъемки

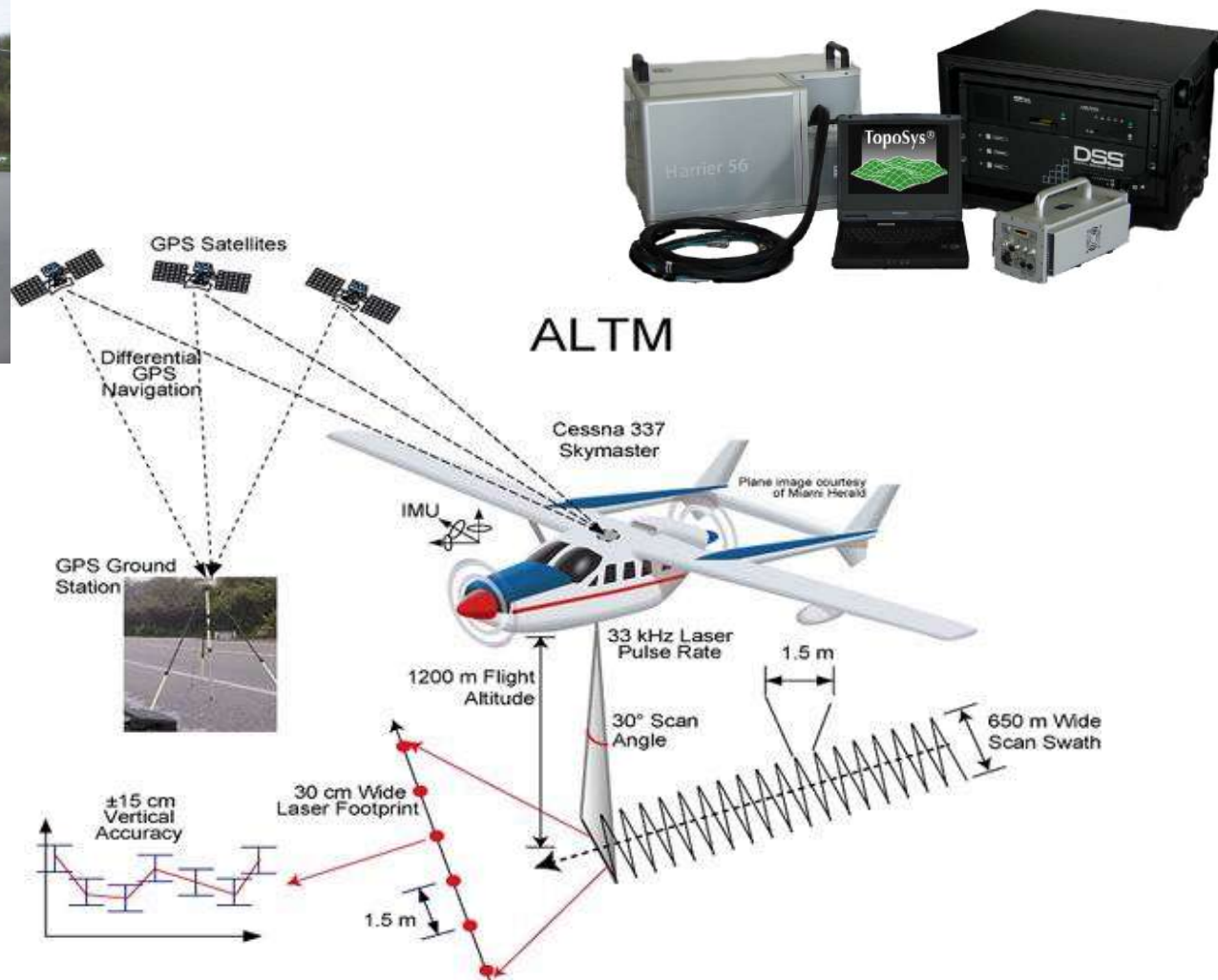


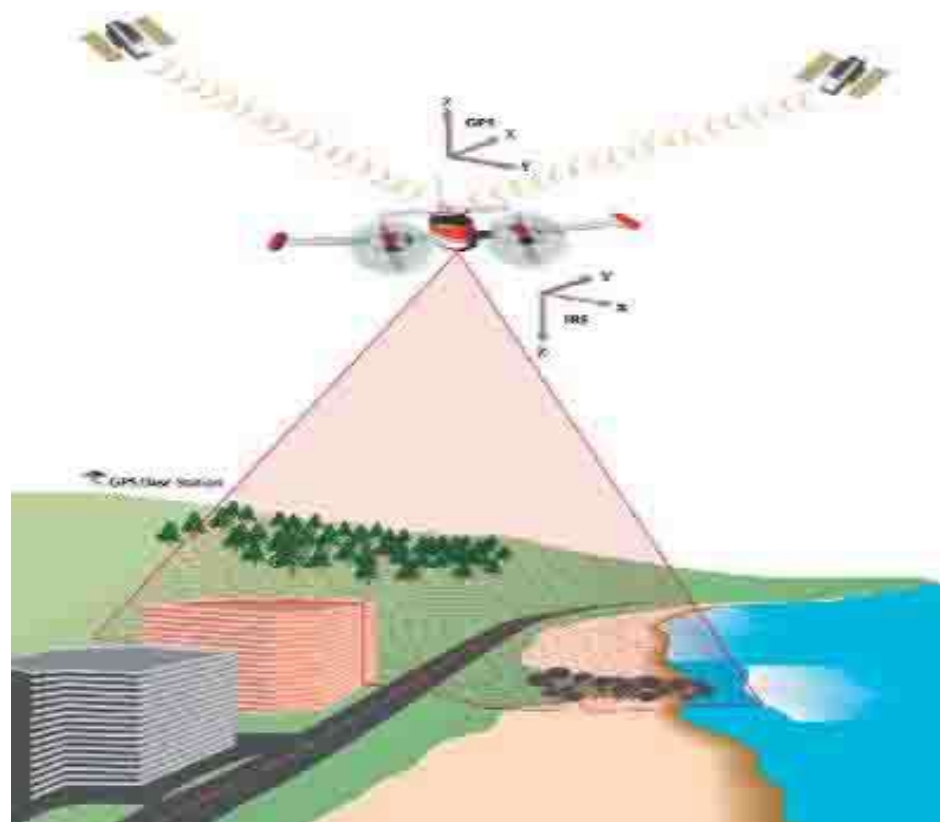
Разрешающая способность цифровых снимков достигает 2-3 см на местности

Географическая привязка

- Географическая привязка изображений выполняется в процессе съемки с помощью GPS и инерциальных навигационных систем
- Результатом привязки являются элементы ориентирования снимка в мировой системе координат WGS-84 или в местной СК.

Воздушное лазерное сканирование



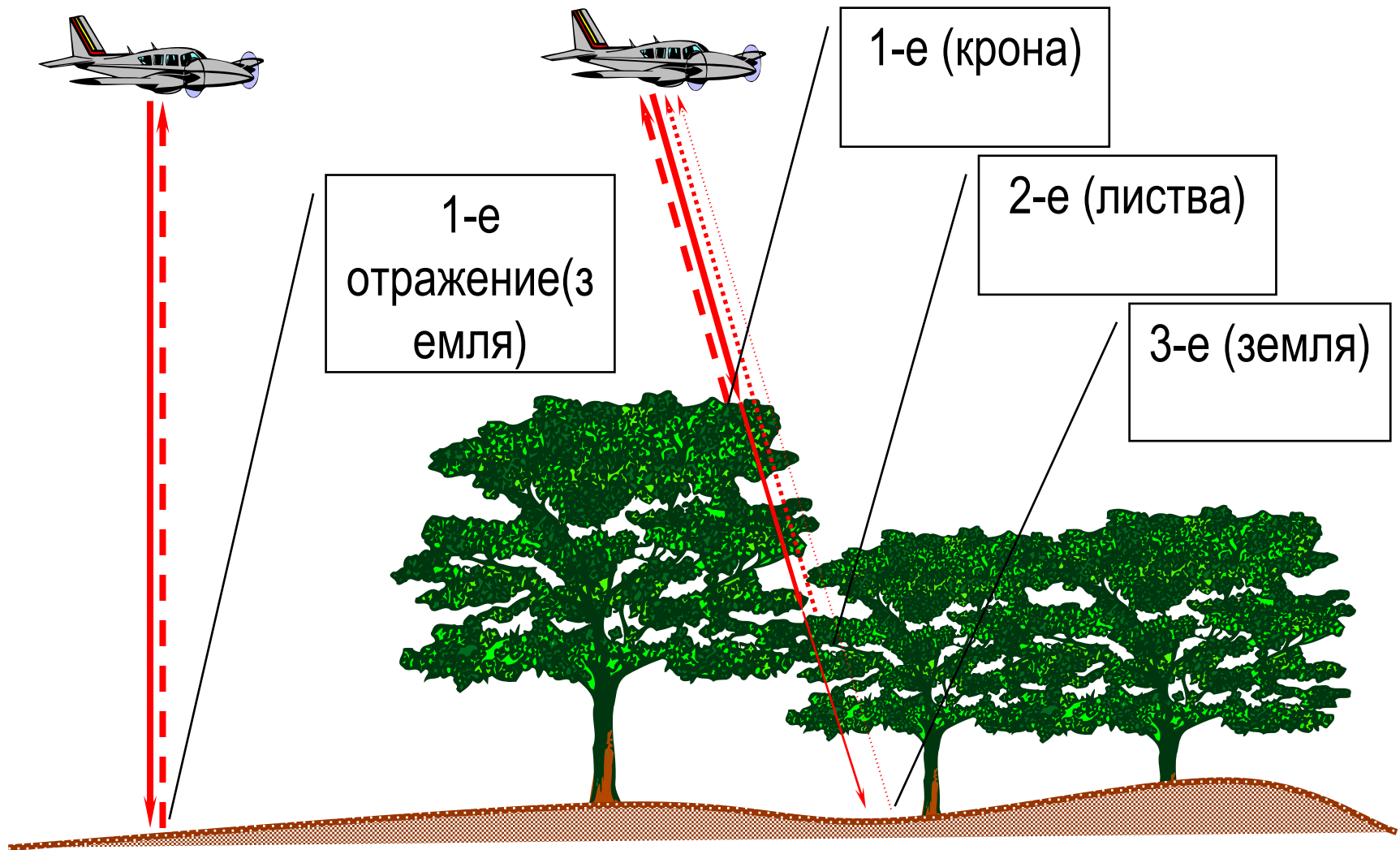


Показатели точности структурных компонентов типового лазерного локатора

Таблица 1

Определяемый параметр	Источник	Точность
Пространственные координаты носителя	GPS	8–10 см
Наклонная дальность	Лазерный дальномер	10–15 см
Ориентация носителя	Инерциальная система	1–2 мрад (ошибка позиционирования 15–30 см при высоте съемки 300 м)

Регистрация нескольких отражений



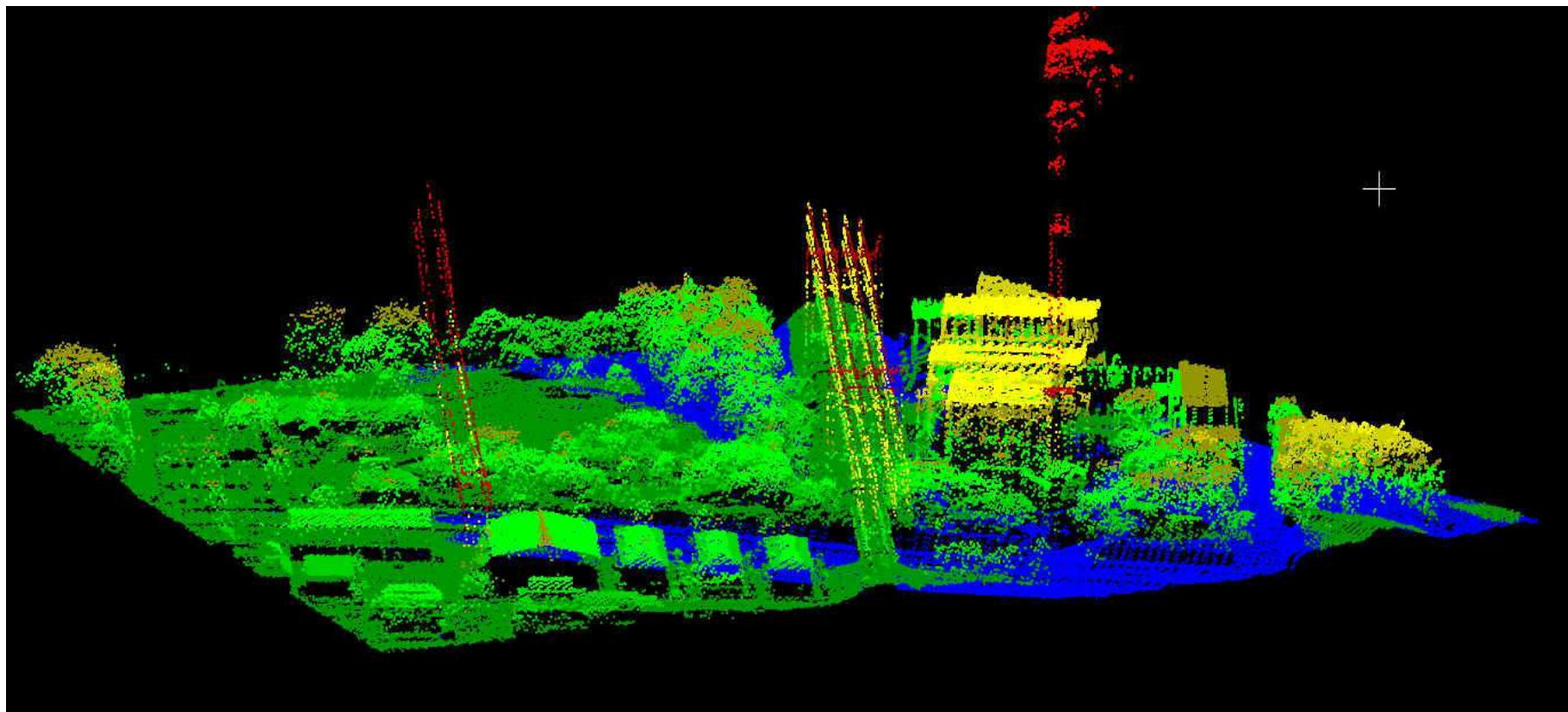
Воздушные лазерные сканеры



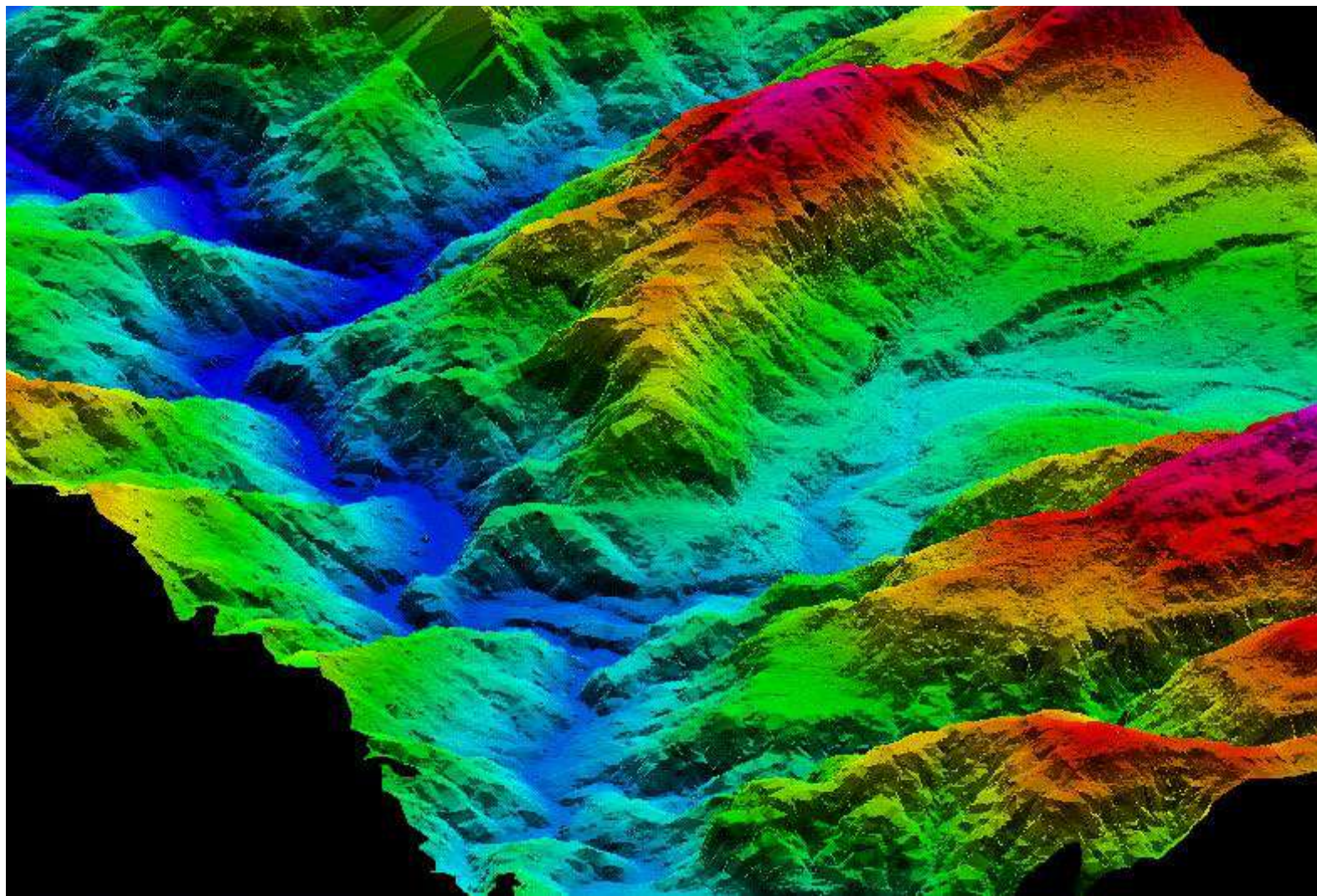
**Continuous MultiPulse (CMP) –
технология непрерывного
многократного отражения**



Цифровая модель поверхности



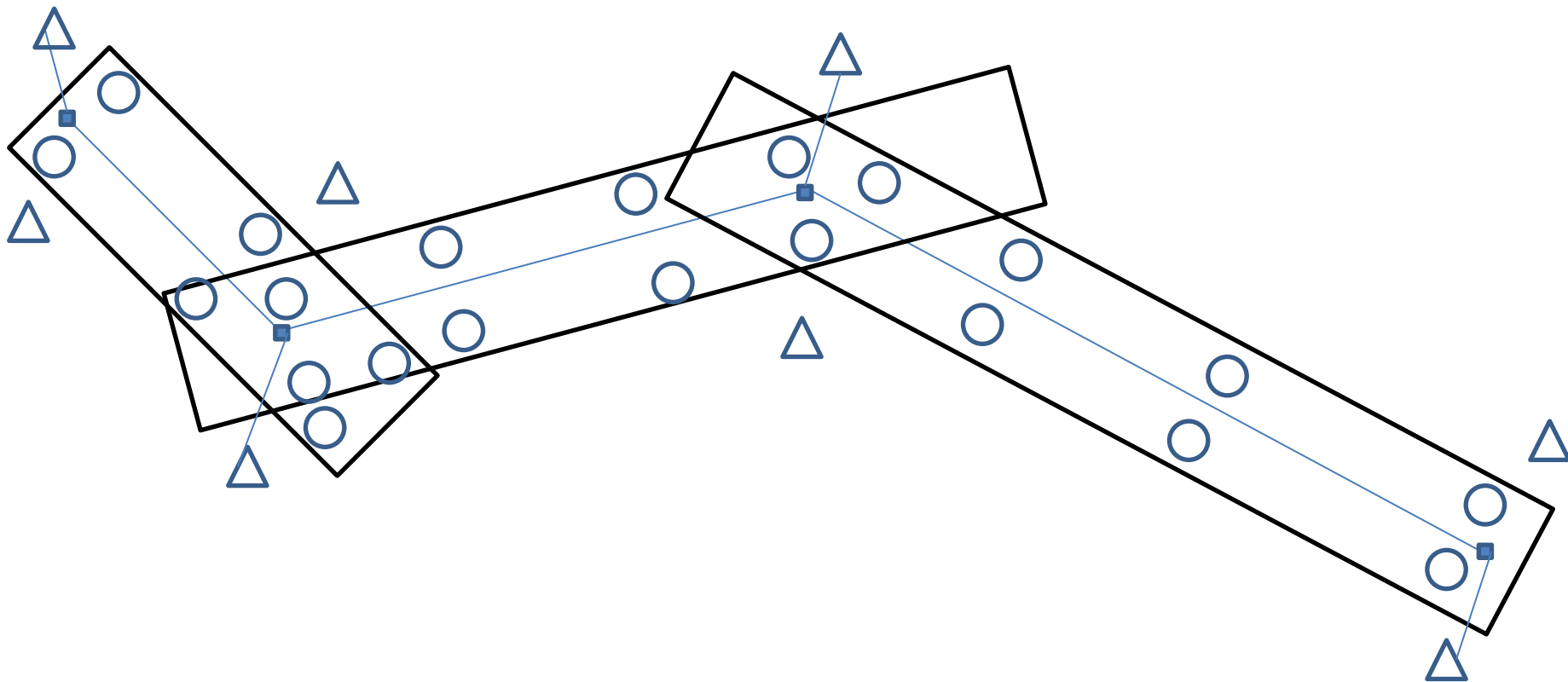
Цифровые модели рельефа



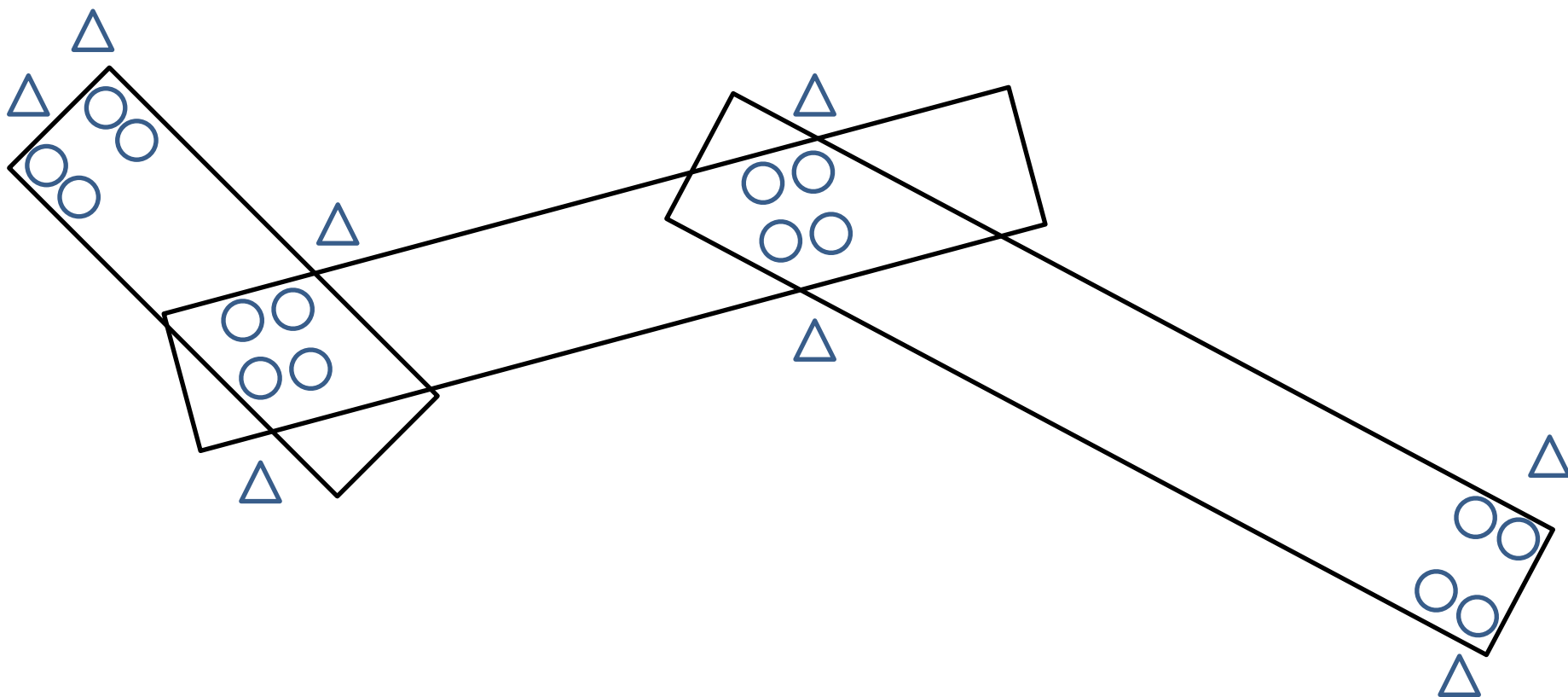
Особенности применения АФС при линейных изысканиях

- При линейных изысканиях прокладывают систему маршрутов
- Это наиболее слабые фотограмметрические построения, подверженные значительным деформациям.
- Деформации можно учесть по избыточным опорным точкам
- Обеспечение опорными точками линейных объектов всегда было проблемой
- Исторически сложились схемы привязки маршрутных построений в зависимости от методов определения координат

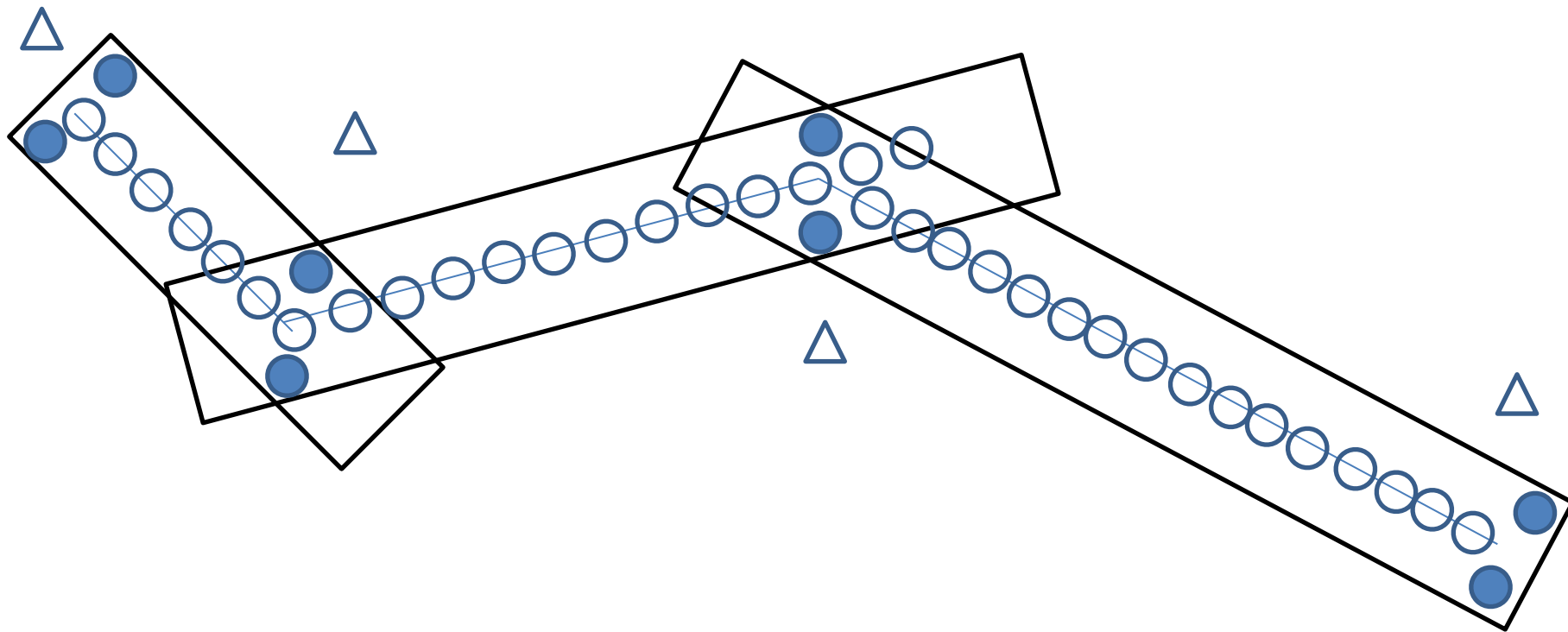
Привязка способом магистрального хода



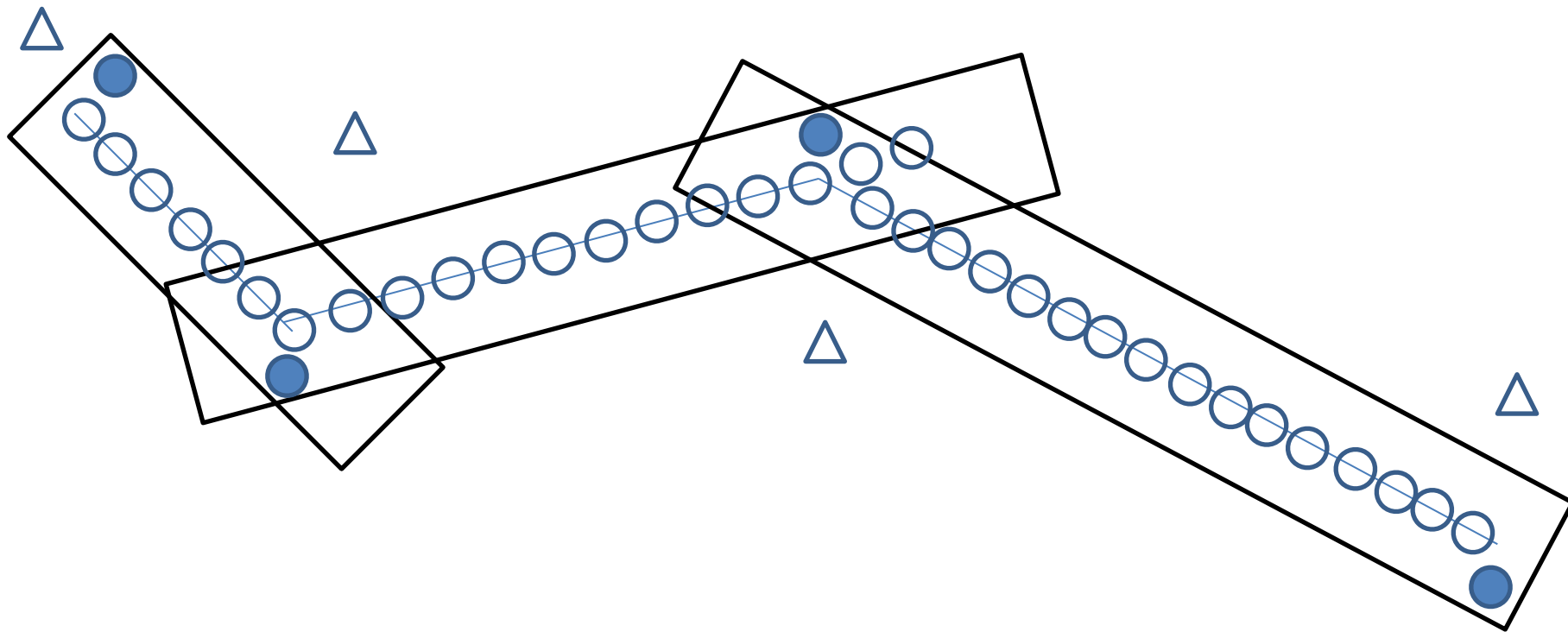
Привязка стереопар



Привязка центров фотографирования



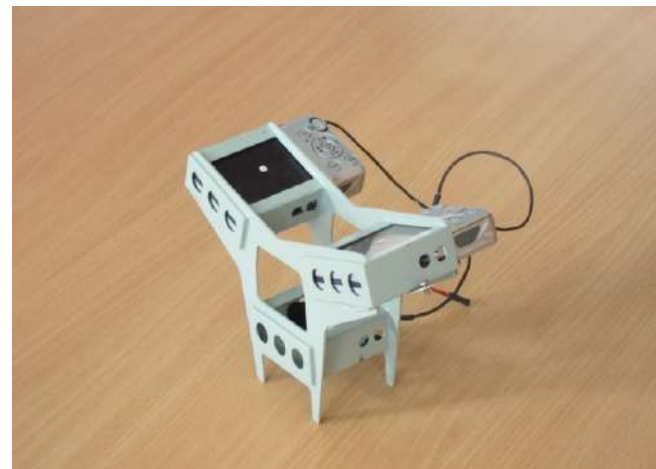
Привязка элементов внешнего ориентирования



Применение материалов АФС и ВЛС

- Создание инженерно-топографических планов крупных масштабов 1:500 – 1:5000
- Обеспечение конкурирующих вариантов размещения проектируемых объектов топографо-геодезической информацией
- Обеспечение подготовки кадастровых документов и т. д.
- Мониторинг строительных работ, лесоохрана

Беспилотные летательные аппараты



«Беспилотные системы» БПЛА “Supercam” (модели S100, S250, S350)



Модель	S100	S250	S350
Максимальная взлетная масса, кг	2,5	9,5	11,5
Размах крыла, м	1	2,5	3,2
Максимальная дальность полета, км	120	210	280
Рабочая высота, м	150-1000	150-2000	150-2000
Практический потолок (высота), м	3000	5000	5500
Время полета, ч	1,5	3	до 4,5
Режимы полета	Авт., п/авт.		
Модель камеры	Sony (24)	Sony (24/36)	Sony (24/36)
Инерциальная система (название модели)	Собственная разработка		
GPS-приемник (название модели)	Нав.	Нав. + L1/L2	Нав. + L1/L2

«Геоскан» (модели 101, 201)



Модель	G101	G201
Максимальная взлетная масса, кг	2,3	5,5
Размах крыла, м	1.3	2,3
Максимальная дальность полета, км	60	210
Рабочая высота, м	100-4000	
Практический потолок (высота), м	3000	5000
Время полета, ч	1	3
Режимы полета	Авт., п/авт.	
Модель камеры	Sony (20)	Sony (24)
Инерциальная система (название модели)	Есть	
GPS-приемник (название модели)	Нав. + L1/L2	Нав. + L1/L2

«ОКБ МБА» Эльф (модели РР-45, РР-50)



Модель	РР-45	РР-50
Максимальная взлетная масса, кг	5	4,3
Размах крыла, м	2,17	2
Максимальная дальность полета, км	10	50
Рабочая высота, м	300–400	50-500
Практический потолок (высота), м	4000	5000
Время полета, ч	2	3,5
Режимы полета	Авт., п/авт.	
Модель камеры	3 камеры по (12 Мп)	Canon (18 Мп), Sony (46 Мп)
Инерциальная система (название модели)	Нет	
GPS-приемник (название модели)	Нав.	Нав. + L1/L2

«ZALA FERO» Zala-421 (модели 04, 16)



Модель	Zala-421-04	Zala-421-16
Максимальная взлетная масса, кг	6,5	10,5
Размах крыла, м	1,81	2,81
Максимальная дальность полета, км	150	250
Рабочая высота, м	250–1200	250–1500
Практический потолок (высота), м	4000	5000
Время полета, ч	1.5	4.0
Режимы полета	Авт., п/авт.	
Модель камеры	Sony 24,7 (43,6) Мп	
Инерциальная система (название модели)	Есть	
GPS-приемник (название модели)	Есть	

Сканер AlphaAir 450



Максимальная высота полета (м)	450
Поле зрения сканера (градус)	70
Производительность съемки (км ² за полет)	2
Скорость сканирования (тыс. точек/сек)	240-720
Количество отражений	3

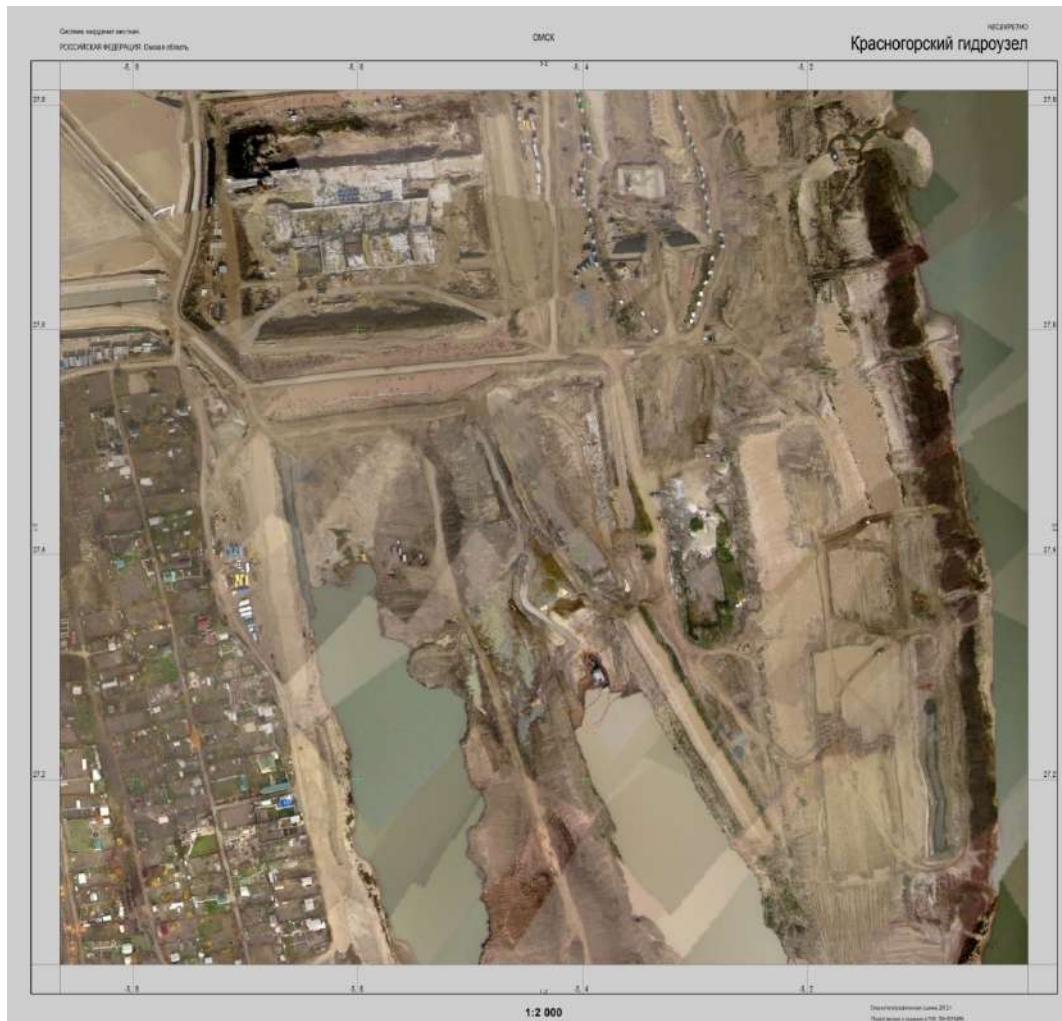
Результаты съемки с БПЛА



Аэрофотоснимок



Фрагмент аэрофотоснимка

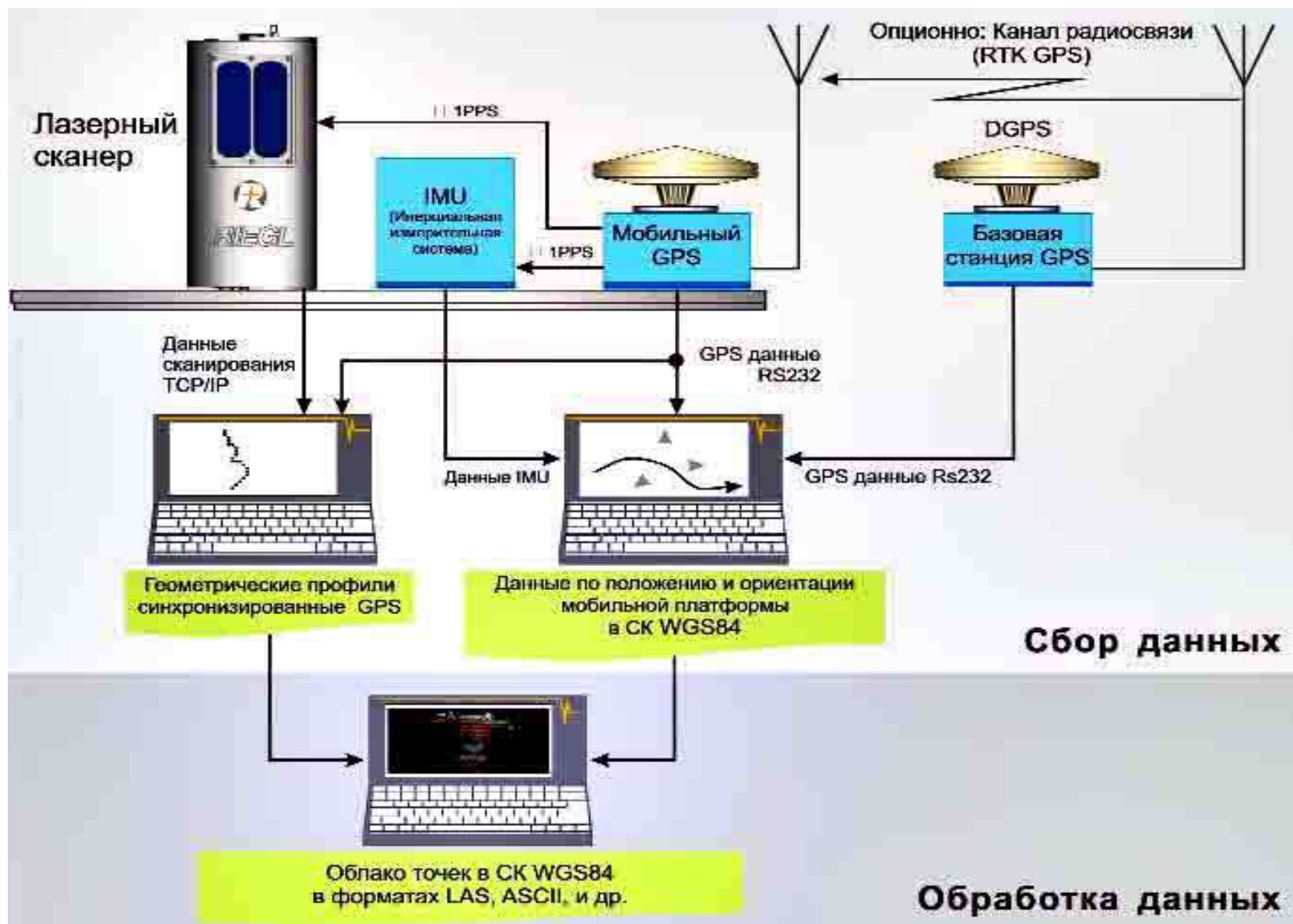


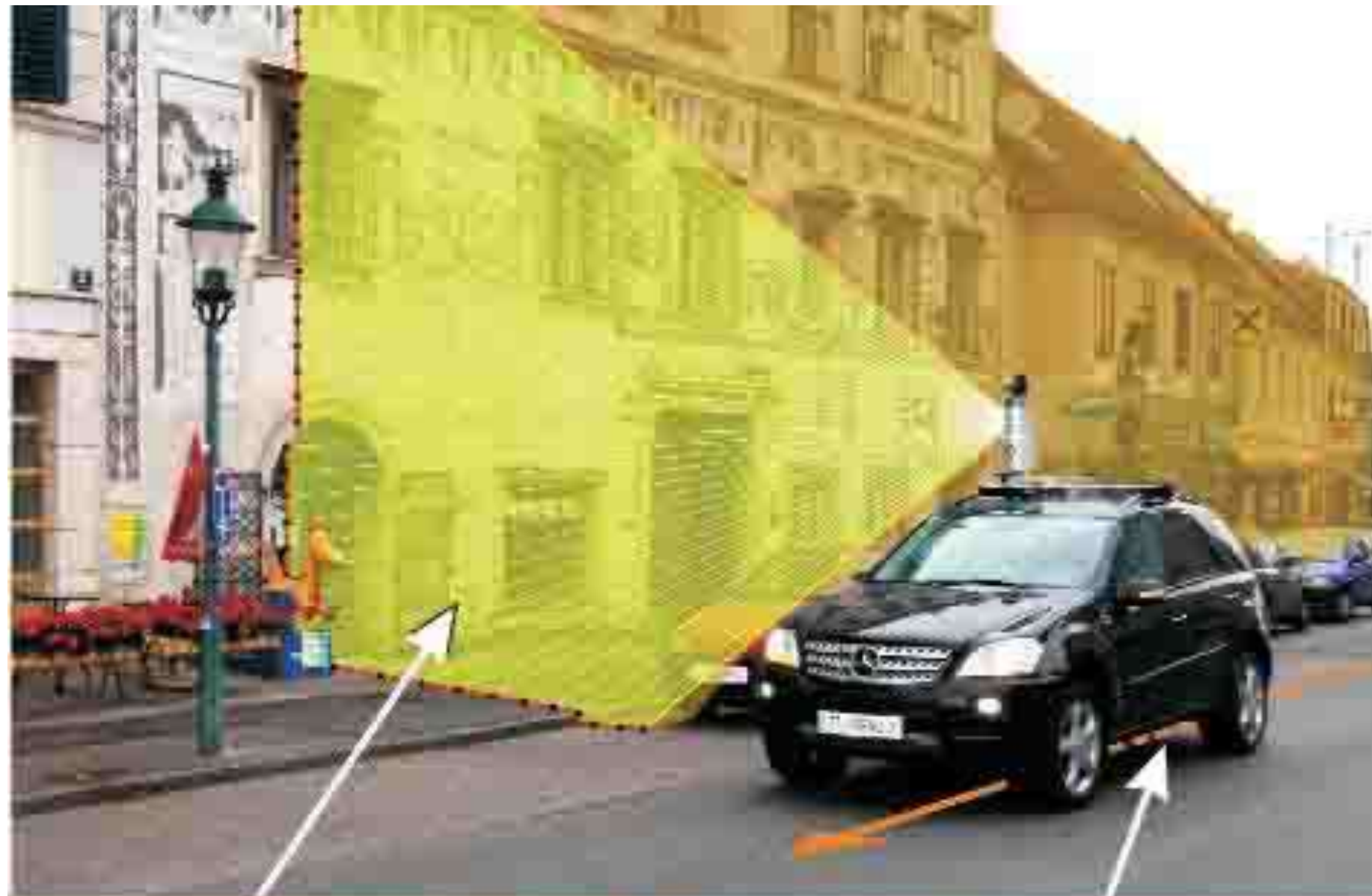
Фотоплан с разрешением на местности 7 см

Применение материалов съемки с БПЛА

- Съемка небольших площадных строительных объектов
- Изыскание и съемка карьеров
- Оперативный мониторинг строительных работ на отдельных участках
- Обследование и охрана линейных объектов
- Лесоохрана

Мобильное лазерное сканирование





Данные сканирования

**Данные по положению
и ориентации**

Облако точек МЛС



Технические характеристики сканеров

Основные технические характеристики наземных лазерных сканеров RIEGL,
используемых в МСС

Таблица 2

Тип сканера	Дальность, м	Количество сканов в с	Точность, мм	Частота, кГц	Энерго- потребление, Вт	Вес, кг
Измеряемое расстояние до 100 м						
LMS-Q120i	150	до 100	15	10	<50	7
LMS-Q160i	200	до 60	15	10	<50	<5
Измеряемое расстояние до 300 м						
LMS-Q240i	650	до 80	15	10	<50	7
LMS-Z390i	400	до 20	4	8	<100	15
Измеряемое расстояние более 1000 м						
LMS-Z420i	1000	до 20	8	8	<100	16
LMS-Q560i	>1000	До 160	10	160	<200	<30

Применение мобильного ЛС

- Создание детальных 3D моделей городов
- Оценка состояния фасадов и реставрация зданий
- Проектирование зданий и сооружений
- Архитектура
- Мониторинг строительства

Основные стратегии создания 3D моделей городов

- Создание трехмерных моделей городов становится все более популярным занятием многих ГИС-специалистов. Задачи, которые будут решать такие модели, все еще до конца непонятны, однако трехмерные модели городов создаются уже на протяжении нескольких десятков лет.
- Стратегии трехмерного моделирования городов классифицируются по степени их автоматизации
- Мы рассмотрим 3 стратегии
- Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования
- Полностью автоматическая генерация 3D моделей
- Полуавтоматическое создание 3D моделей

Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования

- Моделирование геометрии и текстурирование моделей проводятся вручную. Для упрощения процесса в городской застройке выделяются наборы типовых строений.
- Модели создаются для каждого типа строений и затем множатся нужное количество раз при размещении на карте.
- Для ускорения процесса трехмерные объекты часто получают методом выдавливания зданий по их контурам на плане города.
- Высоту, на которую выдавливается каждое здание, получают из атрибута, содержащего количество этажей.

Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования



- Самый трудоемкий способ. Модели зданий создаются в таких программах как AutoCAD, ArchiCAD, ArcGIS+3DAnalyst, 3dsMax или Google SketchUp.

3D модель Кремля и Красной площади



Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования

- **Преимущества**
- **а) Возможность создания моделей с очень высокой геометрической детализацией.**
- **б) Для каждого типа строений создается только одна модель. Данная модель единожды загружается при визуализации, и используется для всех зданий заданного типа.**
- **в) Текстуры не содержат изображений посторонних объектов, спроецированных на стены зданий. Так как текстурирование производится вручную, все изображения перед текстурированием обрабатываются оператором. Обработка включает устранение лишних объектов на фотографиях, таких как деревья или автомобили, выравнивание изображений по яркости и удаление теней.**
- **г) Трехмерные здания являются отдельными объектами, с которыми может быть ассоциирована любая атрибутивная информация.**

Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования

- Недостатки
- Очень высокая трудоемкость.
- Потенциально низкая метрическая точность. Источником размеров для модели здания обычно служат фотографии фасадов, поэтажный план или отпечаток здания на плане города. Плоский план не несет всей необходимой информации о форме здания. Недостающие размеры рассчитываются приближенно, часто на глаз.
- Типизация строений кроме плюсов имеет и недостатки.
Невозможность создать набор типов, описывающий все варианты зданий города, приводит к обобщению и упрощению модели города. Уникальные здания заменяются типовой моделью. Особенно это относится к частной застройке, где все многообразие архитектурных форм часто заменяется одним простым прототипом, например, серой коробкой с двускатной крышей.

Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования

- Недостаточная фотореалистичность. В качестве текстур в данном методе обычно используются наземные фотографии. Это качественные фотографии высокого разрешения. Однако сфотографировать каждое здание города, да еще со всех сторон не представляется возможным. Недостающие фотографии заменяются типовыми текстурами из библиотек. Синтезированные таким образом текстуры выглядят искусственно из-за совмещения фотографии и библиотечной рисованной текстуры. Кроме того все текстуры выравниваются по яркости и тону, с фотографий стараются убрать тени. Отсутствие теней на стенах зданий и поверхности земли также вносит ощущение искусственности. Сложность процесса получения фотографий и текстурирования приводят к отказу от фотореалистичных текстур для многих типов зданий. Такие здания раскрашиваются одним или несколькими цветами, либо полностью покрываются изображениями из библиотек текстур.

Автоматическая генерация 3D моделей местности

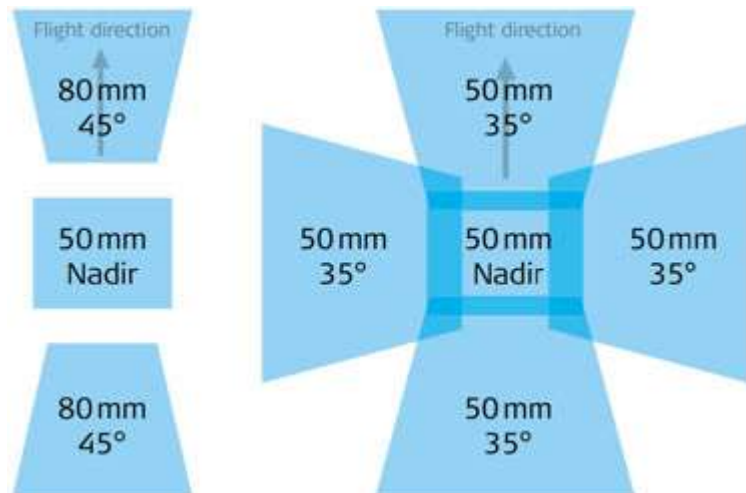
- Ярким примером данной технологии являются модели, создаваемые шведской компанией [C3 Technologies](#) . По утверждению представителей компании, трехмерные модели городов создаются только по наклонным и вертикальным снимкам без использования данных лазерного сканирования. Весь процесс полностью автоматизирован. Поиск одних и тех же точек на перекрывающихся снимках формирует облако точек, описывающее земную поверхность и возвышающиеся над ней объекты. Затем облако точек триангулируется с целью получения поверхности. В полученной поверхности выполняется поиск плоскостей для лучшей передачи стен и крыш зданий. Конечным продуктом является трехмерная модель местности, представленная с различной степенью детализации и доступная для [просмотра онлайн](#).

Автоматическая генерация 3D моделей местности



- Использует алгоритмы восстановления геометрической формы объектов по их стереоизображениям. Стереоизображения получают с самолета, для этого используют наклонные цифровые камеры, типа [Pictometry](#) или [Geosystem 3-OC-1](#) . Эти же изображения используются как источник текстур фасадов зданий. Для уточнения геометрии зданий и получения модели рельефа может использоваться воздушный лазерный сканер.

Камера RCD30 Oblique Penta



RCD30 доступна одно- или многокамерная система.

Реализовано решение для перспективной съемки: модель RCD30 Oblique в модификациях Trio или Penta (корпус содержит 3 или 5 модулей, один из которых снимает в надир, остальные под углом)

Автоматическая генерация 3D моделей местности

- Существует технология автоматического построения трехмерных моделей фасадов зданий, разработанная в университете Беркли, США . Здесь аэросъемка и данные воздушного лазерного сканирования дополняются фотоснимками и облаком точек с мобильного лазерного сканера. Лазерный сканер и фотокамера устанавливаются на автомобиль, перемещающийся по улицам и выполняющий съемку зданий. Лазерный сканер помогает восстановить форму фасадов зданий и отсечь препятствия, находящиеся перед зданиями: деревья, автомобили, пешеходы. Также облако точек лазерного сканера помогает восстановить траекторию движения автомобиля, что необходимо для точного определения положения зданий и геопривязки фотографий для последующего автоматического текстурирования.

Автоматическая генерация 3D моделей местности

- **Преимущества**
- а) Высокая скорость создания моделей городов. Благодаря полностью автоматическому процессу трехмерные модели даже больших городов создаются за дни, а не за годы, как при использовании полностью ручного моделирования.
- б) Высокая фотореалистичность. Текстурирование выполняется автоматически по аэроснимкам или геопривязанным снимкам наземной камеры. Полное отсутствие типовых текстур из библиотек. Все фасады зданий выглядят так, как это было на момент съемки.
- г) Низкая стоимость создания модели за счет исключения ручного труда операторов.

Недостатки автоматической генерации 3D моделей местности

- Недостаточная геометрическая точность модели. Алгоритмы автоматического восстановления формы объектов по фотоснимкам или данным лазерного сканирования все еще не совершенны. Фигуры зданий восстанавливаются с ошибками. Вертикальные стены могут оказаться сильно наклоненными, размеры зданий значительно искажаются.
- Невозможность отделить строения от поверхности рельефа или друг от друга. Автоматическое распознавание неспособно проводить классификацию объектов и надежно определять их границы.
- Автоматически сгенерированные модели городов состоят из одной сплошной поверхности, включающей в себя здания, деревья и рельеф (технология C3 Technologies) либо из поверхности рельефа и городских кварталов (технология университета Беркли).

Недостатки автоматической генерации 3D моделей местности

- Так как здания в таких моделях не представлены отдельными объектами, им нельзя назначить атрибуты.
- Низкое качество текстур. При автоматическом текстурировании посторонние объекты, спроецированные на фасады зданий, остаются на текстурах. На стены попадают деревья и автомобили.
- Если съемка проводилась в летний период, густые кроны деревьев могут закрывать большую часть здания. Кроме того точность положения текстур оказывается низкой.
- На сторонах здания, снятых под острым углом, текстуры оказываются смазанными.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности



- Данная методика исключает слабые стороны автоматического процесса генерации моделей городов. Геометрические модели зданий здесь создаются операторами по аэроснимкам. Этот подход применяется в [Delta/Digitals](#) и [CyberCity-Modeler](#). Для построения моделей зданий CyberCity-Modeler позволяет также использовать данные лазерного сканирования.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности

- Создание трехмерной модели здания состоит из измерения оператором характерных точек контура крыши. Измерения проводятся стереоскопическим методом. Для ускорения процесса применяются шаблоны, разработанные для основных типов крыш. Сложные формы образуются путем комбинации простых геометрических фигур. Высота стен зданий не измеряется. Стены образуются проецированием точек основания крыши на поверхность рельефа.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности

- Текстуры фасадов и крыш извлекаются из тех же снимков, что использовались для создания геометрии. На этом этапе очень важно, чтобы все стороны здания были видны на снимках. Чтобы достичь этого, используются боковые наклонные камеры либо, специально спроектированные залеты. При отсутствии боковых наклонных камер залет должен быть запланирован с более чем 50% межмаршрутным перекрытием либо с дополнительными маршрутами, направленными перпендикулярно основным.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности

- **Преимущества**
- Высокая производительность.
- Высокая геометрическая точность. Положение точек контура здания измеряется по стереоснимкам.
- Степень детализации моделей зданий задается техническим заданием, которое регламентирует, насколько мелкие архитектурные элементы должны быть воспроизведены.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности

- Здания являются отдельными объектами, которым могут быть назначены любые атрибуты: адрес, год постройки, тип здания, материал стен.
- Высокая фотореалистичность.
Текстурирование как и в технологии полностью автоматического моделирования производится автоматически. Текстуры извлекаются из аэроснимков и выглядят очень естественно.

Полуавтоматическое создание 3D моделей местности

- **Недостатки**
- Присутствует ручной труд операторов. Это повышает стоимость всей модели и увеличивает время работы над ней.
- Низкое качество текстур. Текстуры извлекаются из аэроснимков и имеют низкое разрешение, в сравнении с наземной фотосъемкой. При недостаточном числе избыточных изображений, может оказаться, что некоторые стороны зданий вовсе без текстур.

