

# Лазерное сканирование (лазерная локация)

- **Лазерный сканер** – это прибор, выполняющий измерения с помощью лазерного излучения.
- В результате измерения расстояний и углов до точек лазерных отражений вычисляются пространственные координаты этих точек.

- **Сканер** выполняет измерения с очень высокой частотой (до нескольких сотен тысяч измерений в секунду), в результате чего получается большой объем координатных данных.
- Полученные данные используются для построения пространственных цифровых моделей измеряемых объектов.

# Наземное сканирование



**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО**



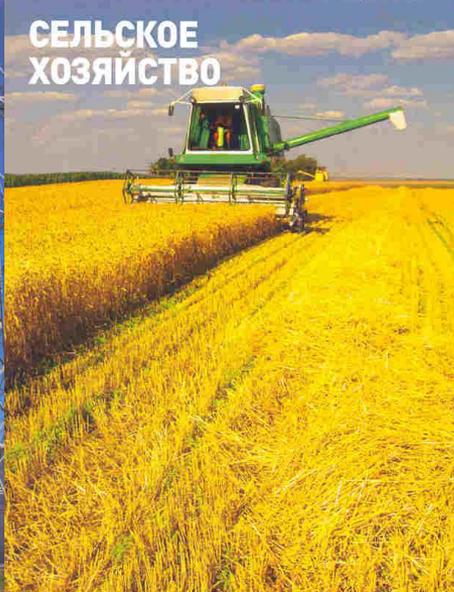
**НЕФТЕГАЗОВАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**



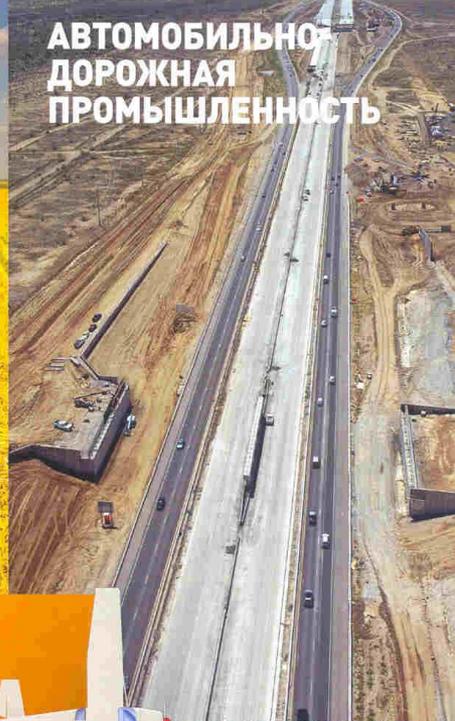
**ЭЛЕКТРО-  
ЭНЕРГЕТИКА**



**СЕЛЬСКОЕ  
ХОЗЯЙСТВО**

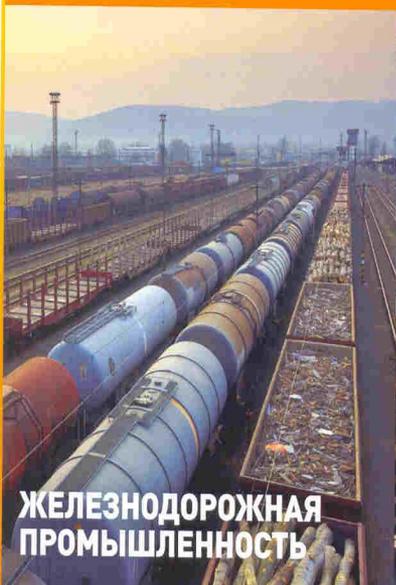
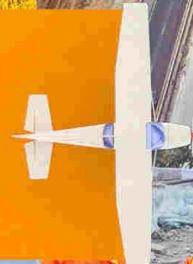


**АВТОМОБИЛЬНО-  
ДОРОЖНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**



**ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО  
ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

**RIEGL**<sup>®</sup>  
MEASUREMENT SYSTEMS



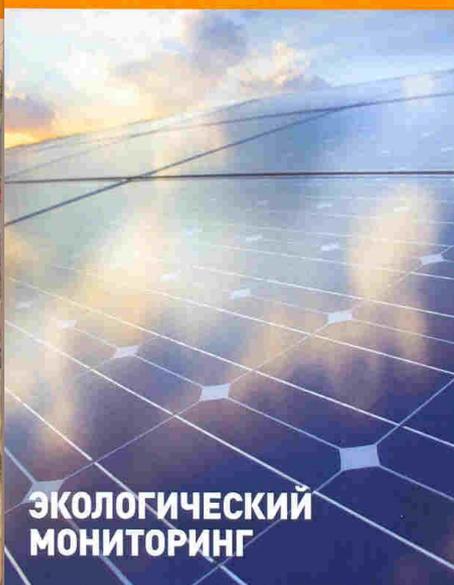
**ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**



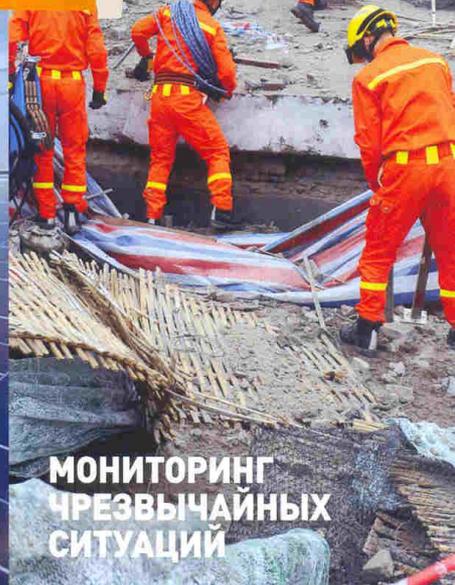
**ЛЕСНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**



**ЗЕМЕЛЬНЫЙ  
КАДАСТР**

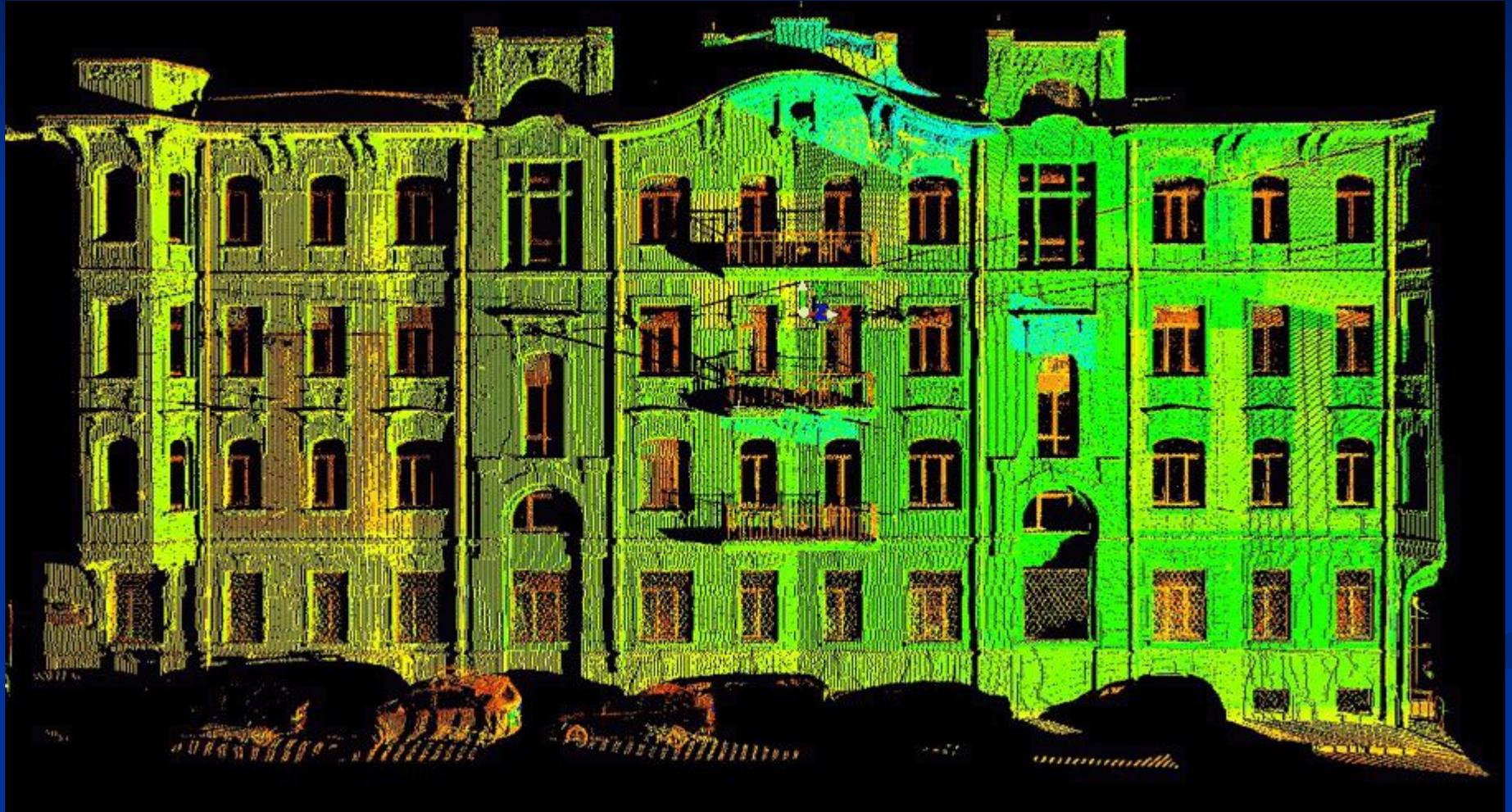


**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ  
МОНИТОРИНГ**

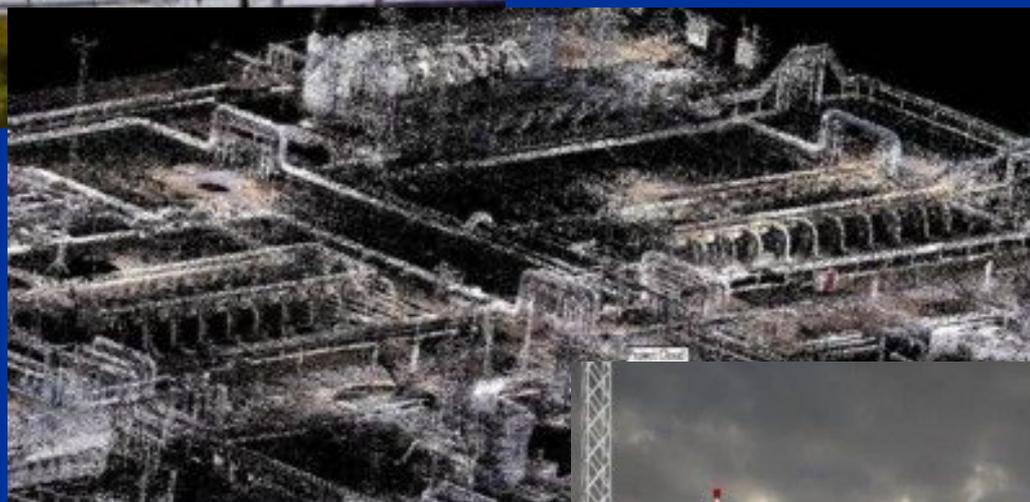


**МОНИТОРИНГ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ  
СИТУАЦИЙ**

# Съёмка зданий и сооружений



**съёмка предприятий со сложной структурой  
(нефтегазоперерабатывающие комплексы, химические  
предприятия и т.д.)**



# съёмка дорог и дорожных объектов (мостов, путепроводов, прилегающей зоны)





# СЪЕМКА СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА



Максимальная дальность измерений 600 м



Частота повторения импульсов 300 KHz



Автоматическое определение визирных марок



Фотокамера высокого разрешения



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1. Безопасный для глаз



Встроенный двухосевой датчик наклона



Встроенный компас



Встроенный лазерный центр



Встроенный приемник GPS с антенной



Встроенные интерфейсы LAN, WLAN, USB 2.0



Большой объем внутренней памяти



Дистанционное управление с помощью компьютера или смартфона



TFT дисплей высокого разрешения



Панель управления с интуитивным русскоязычным интерфейсом



Прочный и защищенный металлический корпус



Работа при любых погодных условиях



До трех внешних источников питания, «горячая» замена батареи





# съемка открытых и закрытых горных разработок



Максимальная дальность измерений 1400 м



Частота повторения импульсов 300 кГц



Автоматическое определение визирных марок



Фотокамера высокого разрешения



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1, Безопасный для глаз



Встроенный двухосевой датчик наклона



Встроенный компас



Встроенный лазерный центр



Встроенный приемник GPS с антенной



Встроенные интерфейсы LAN, WLAN, USB 2.0



Большой объем внутренней памяти



Дистанционное управление с помощью компьютера или смартфона



TFT дисплей высокого разрешения



Панель управления с интуитивным русскоязычным интерфейсом



Прочный и защищенный металлический корпус



Работа при любых погодных условиях



До трех внешних источников питания, «горячая» замена батареи





500m

Максимальная дальность измерений

600kHz

Максимальная частота импульсов



Одновременное отслеживание нескольких целей



Система фотокамер



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1, Безопасный для глаз

800m

Максимальная дальность измерений

1,1MHz

Максимальная частота импульсов



Одновременное отслеживание нескольких целей



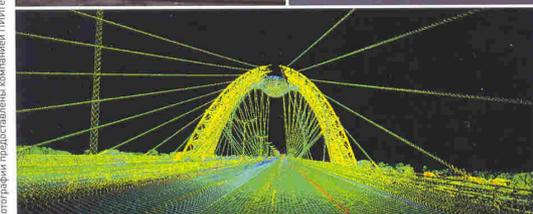
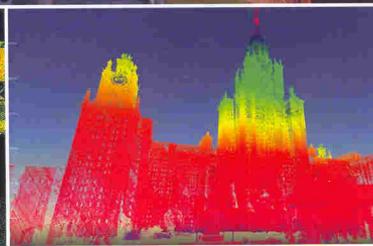
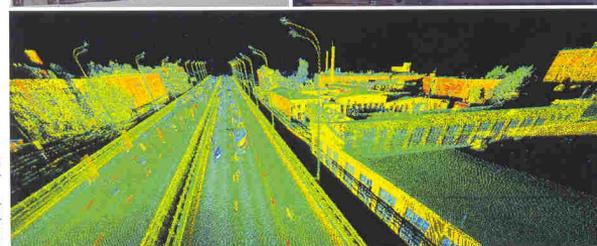
Система фотокамер



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1, Безопасный для глаз



Фотографии предоставлены компанией НИПИСтройЭК, пользователем мобильной сканирующей системы RIEGL VMX-250

Фотографии предоставлены компанией НИПИСтройЭК, пользователем мобильной лазерной сканирующей системы RIEGL VMX-250



Максимальная дальность измерений



Максимальная частота импульсов



Одновременное отслеживание нескольких целей



Система фотокамер



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1, Безопасный для глаз



Одновременное отслеживание нескольких целей



Система фотокамер



Оперативная обработка сигнала



Класс лазера 1, Безопасный для глаз



## *Лазерные сканеры наземного базирования*



- Leica HDS4400 – уникальное решение для маркшейдерии и горного дела.
- HDS4400 позволяет выполнять работы в условиях повышенной запыленности и при низких температурах окружающей среды.

## *Лазерный сканер Trimble FX*



- Trimble FX – это трехмерный лазерный сканер, предназначенный для выполнения съемок в промышленности, кораблестроении, на морских добывающих платформах, везде, где чрезвычайно необходимо быстро получать точные трехмерные данные положения множества элементов конструкций.

## IPS2 Compact



- используются 3 лазерных сканера — два с обзором  $180^\circ$  для съемки ситуации справа и слева от машины, и еще один — с обзором  $90^\circ$ , ориентированный по оси движения автомобиля. Сканеры выполняют до 40 тыс. измерений в секунду. Каждая точка лазерного сканирования имеет метку времени и геопространственную привязку.

# Мобильное лазерное сканирование





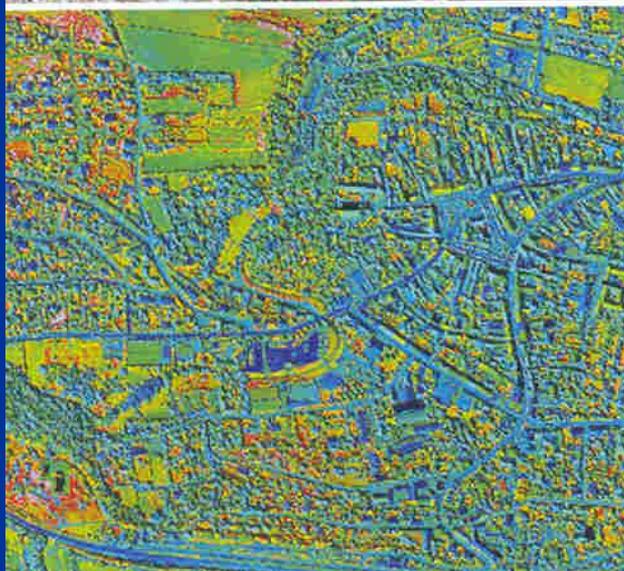
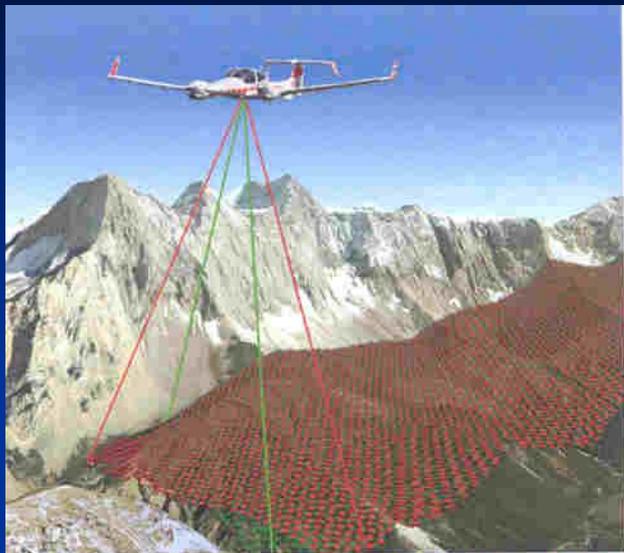
**ЗАО «ПИРС»**

Проектный институт  
реконструкции и строительства  
объектов нефти и газа

- Трехмерные модели, которые совмещены с топографическим планом, можно представить в виде векторного цифрового плана с масштабом 1:500 в любом программном обеспечении, которое поддерживает такое представление данных (MapInfo, AutoCAD, Credo, Microstation и так далее).

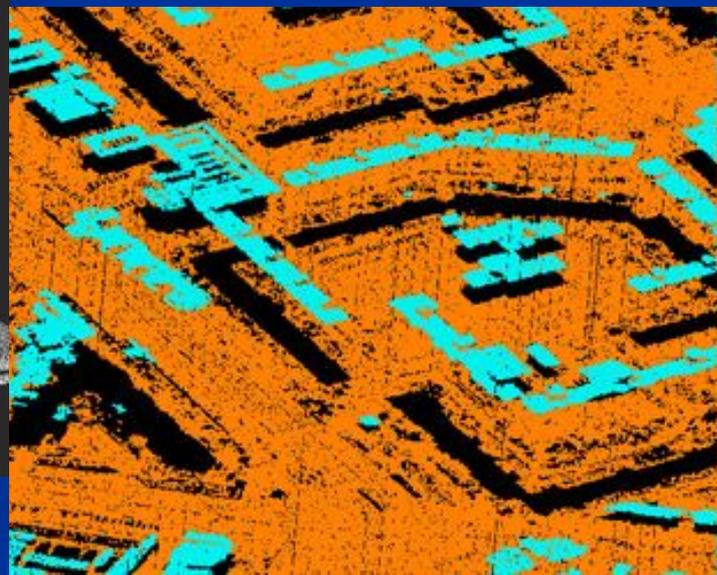
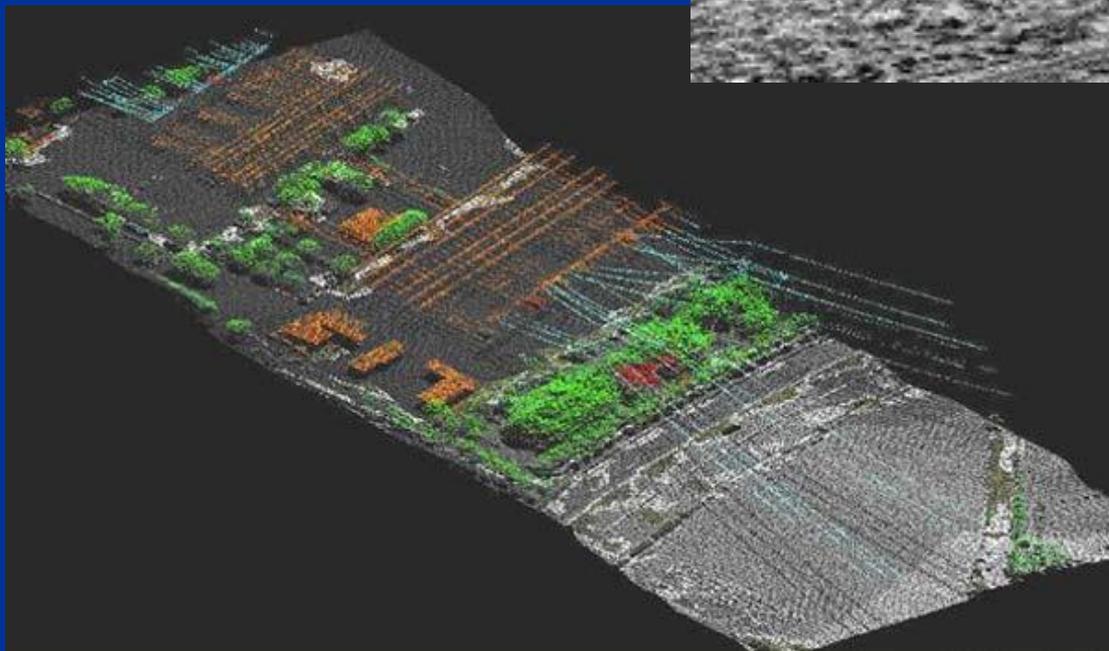
- Преимущества наземное лазерного сканирования:
  - оперативный контроль поля измерений;
  - небольшие временные и материальные затраты на обработку результатов;
  - высокая точность получения трехмерной модели объекта (3D).

# *Воздушное лазерное сканирование (ВЛС)*





# Воздушное лазерное сканирование







- построение цифровых моделей местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР);



- мониторинг линейных и площадных объектов;

- мониторинг природных и техногенных процессов (сейсмическая опасность, космическая или метеорная опасность, лесная пожароопасность, сход снежных лавин в горах, наводнение , ураганы и смерчи, засуха, цунами).

# *Воздушное лазерное сканирование*

## *(лазерно-локационная съемка)*

- Воздушное лазерное сканирование проводится с высоты 500-1500 м.
- Средняя точность ВЛС составляет:
  - 15 см - в плане
  - 5 см - по высоте.

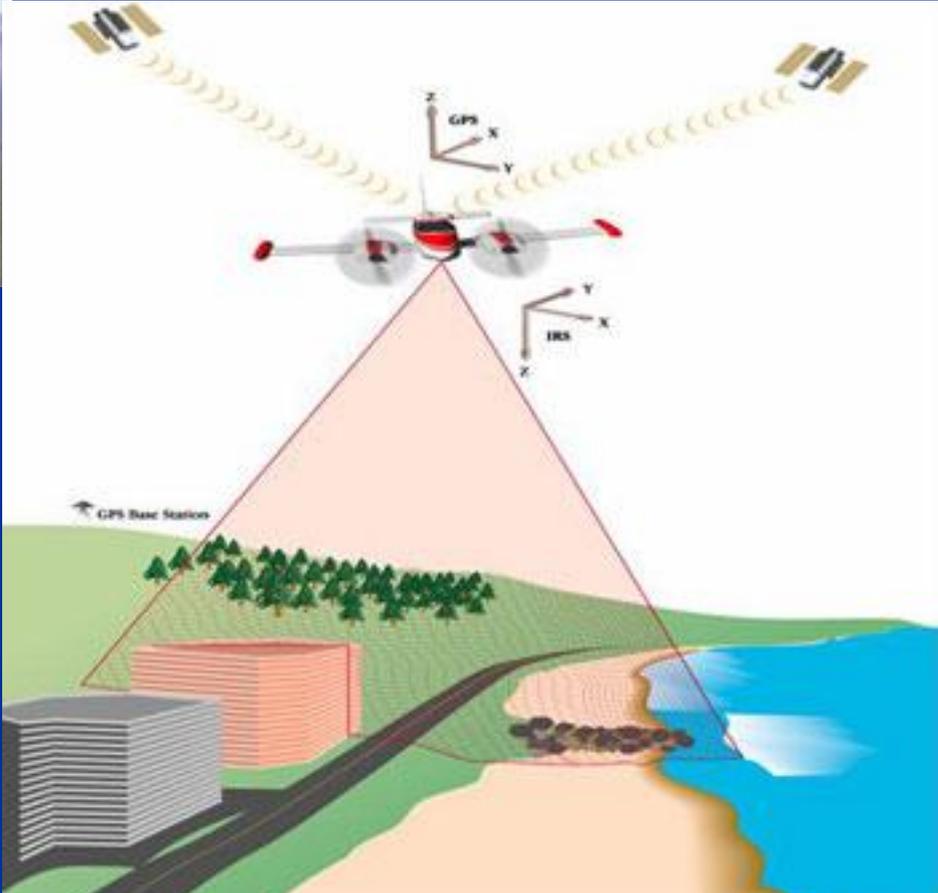
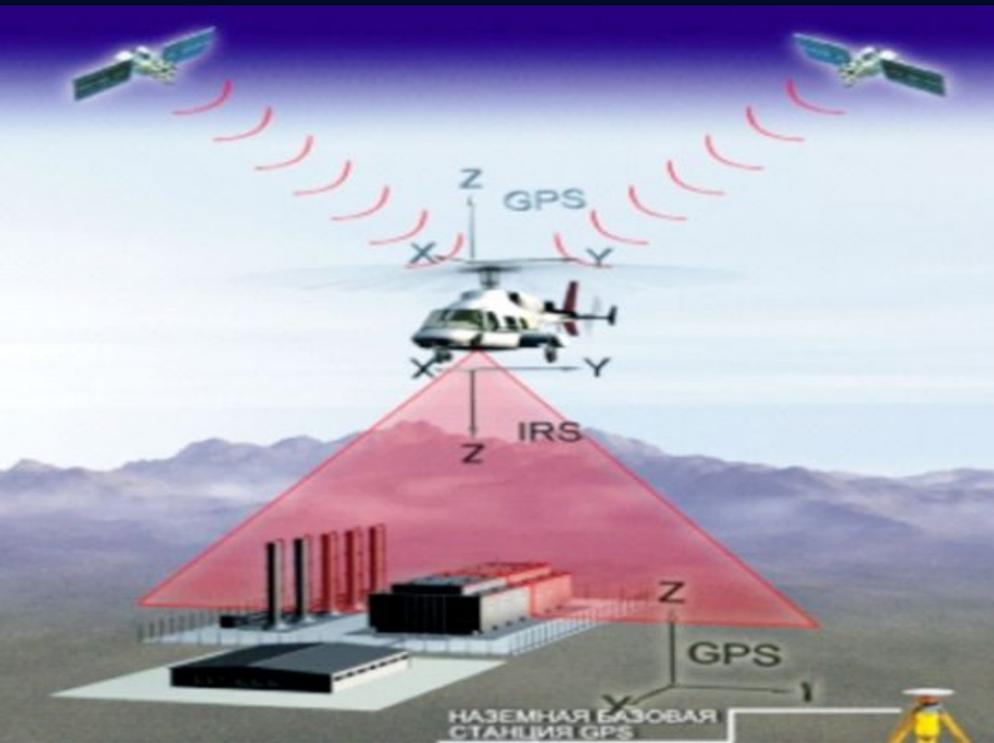


- Воздушное лазерное сканирование ещё называют лидарной съёмкой от англ. LiDAR - Light Detection And Ranging, что в переводе на русский означает Легкое Обнаружение И Расположение

# Принцип работы воздушного лидара



В процессе лазерного сканирования полосы местности, лидар излучает лазерные импульсы в плоскости, перпендикулярной направлению полёта. Часть энергии излучённых лазерных импульсов отражается от земли, растительности и объектов, и регистрируется приемной системой лидара.



- В составе лидара имеется навигационный комплекс, который обеспечивает определение трех пространственных координат положения сканера  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и трех углов его ориентации  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ .
- Эти шесть координат называются элементами внешнего ориентирования.

## *Области применения:*

- Топографическая съемка рельефа и создание цифровых моделей рельефа высокой точности
- Инвентаризация земельно-имущественного комплекса
- планирование городской застройки
- инспекция линий электропередач
- строительство и реконструкция автомобильных и железных дорог
- управление лесными ресурсами
- управление сельским хозяйством и земельными ресурсами
- земельный кадастр
- экологический мониторинг
- мониторинг чрезвычайных ситуаций

# *Преимущества технологии:*

- получение истинного рельефа даже под кронами деревьев
- определение местоположения и формы объектов сложной структуры, например, технологических площадок и трубопроводов, зданий и сооружений
- высокая точность и детальность получаемых данных
- цифровой формат всех данных

- получение топографических карт и планов местности без явных ориентиров (полностью заснеженная территория, тундра, пустыня)

Геодезическая поддержка лазерно-локационной съемки осуществляется сетью наземных базовых GPS станций, которые располагаются равномерно в районе проведения аэросъемочных работ.

Каждая базовая станция обслуживает территорию в окружности с радиусом 30–50 км и центром в точке стояния данной станции.

- Высокая производительность

На практике достигнута производительность съемки в 500–600 км за один аэросъемочный день для линейных объектов и в 500–1000 кв. км для площадных объектов.

- Возможность работы в ночное время и в любое время года.

## *Недостатки и особенности лазерно-локационного метода съемки*

- Сильная зависимость от состояния атмосферы ( дождь, туман, дымка, низкая облачность );
- Динамического характера съемки (носитель постоянно находится в движении);
- Не всегда достаточный уровень точности для некоторых топографо-геодезических приложений;
- Снижение точности с увеличением высоты съемки;
- Опасность для органов зрения наземных наблюдателей.

# Воздушное лазерное сканирование, как правило, выполняется в комплексе с цифровой аэрофотосъемкой.

Трехмерное облако точек лазерных отражений



Цифровой аэрофотоснимок



## Техника выполнения лазерной (лидарной) съёмки

- Сканер измеряет расстояние до объекта и два угла, что дает возможность вычислить координаты.
- Пучок лазера исходит из излучателя, расположенного в измерительной головке сканера, отражается от поверхности объекта и возвращается в приемник (также расположенный в измерительной головке).

- Пользователь задает шаг сканирования, и вращающаяся призма распределяет лазерный пучок по вертикали, а сервопривод, поворачивая блок измерительной головки, обеспечивает распределение пучка по горизонтали с этим шагом.
- Данные измерений автоматически записываются на внешний или внутренний носитель памяти

- После того, как произведены измерения, начинается процесс обработки.
- Изначально, сырые измерения представляют собой «облако» точек, которые необходимо представить в виде чертежей, схем в САД формате.
- Весь процесс обработки состоит из нескольких основных этапов:

# *Обработка данных лазерного сканирования*

- Изначально, сырые измерения представляют собой «облако» точек, которые необходимо представить в виде чертежей, схем в САД формате. Весь процесс обработки состоит из нескольких основных этапов:

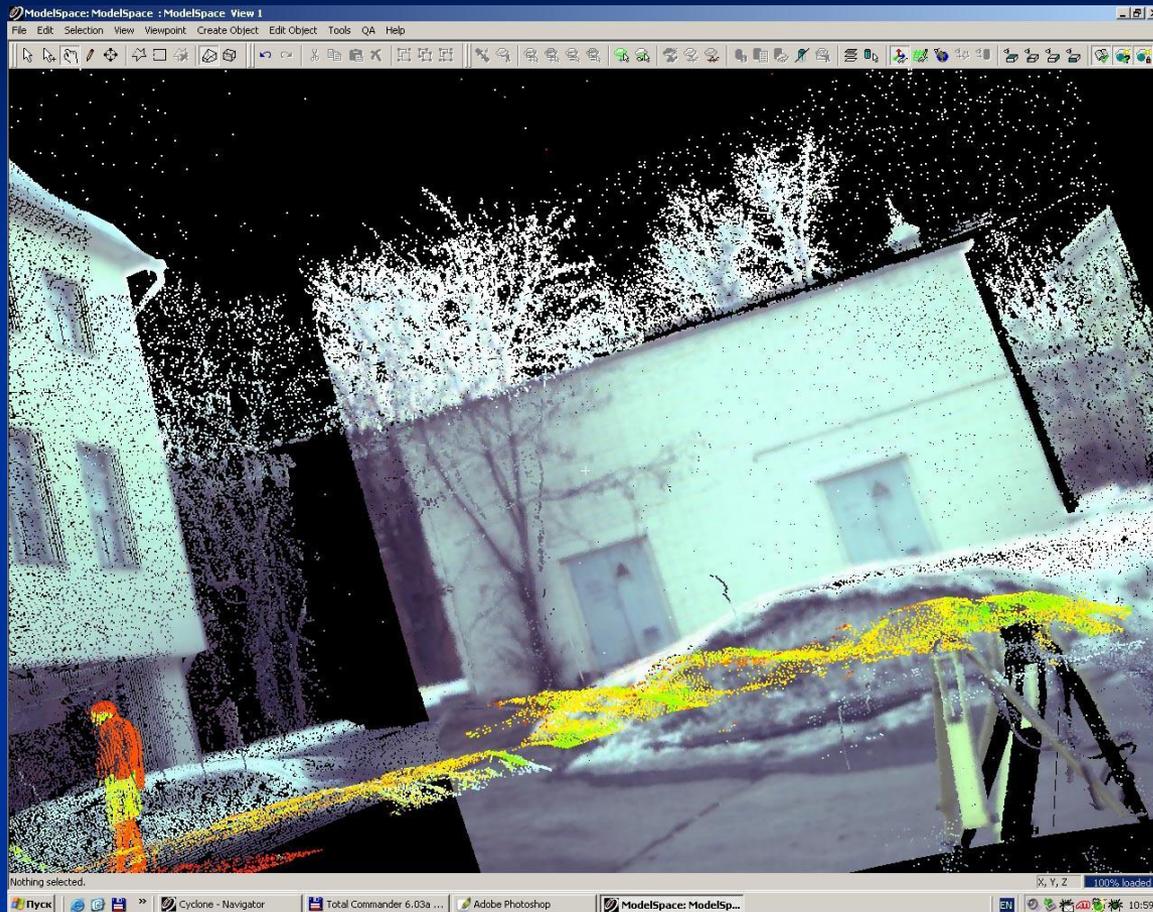
## *1. «Сшивка» сканов*

- Во время съемки объекта, для полного покрытия поверхности, требуется провести несколько сканов.
- Для создания единого скана производят процедуру объединения.
- Самым распространенным методом «сшивки» является метод совмещения сканов по опорным точкам, которые отображаются на смежных сканах.

## 2. Геопривязка

- *Позволяет привязать каждый скан или преобразовать все измерения в заданную систему координат.*
- Начало системы координат каждого отдельного скана, производимого с определенной точки, находится в центре измерительной головки сканера.
- Для связи координат объекта, полученных из разных сканов, необходимо выбрать единую систему координат, определить в ней центр сканирования для каждого случая и трансформировать все полученные координаты в единую систему.

### 3. Фильтрация

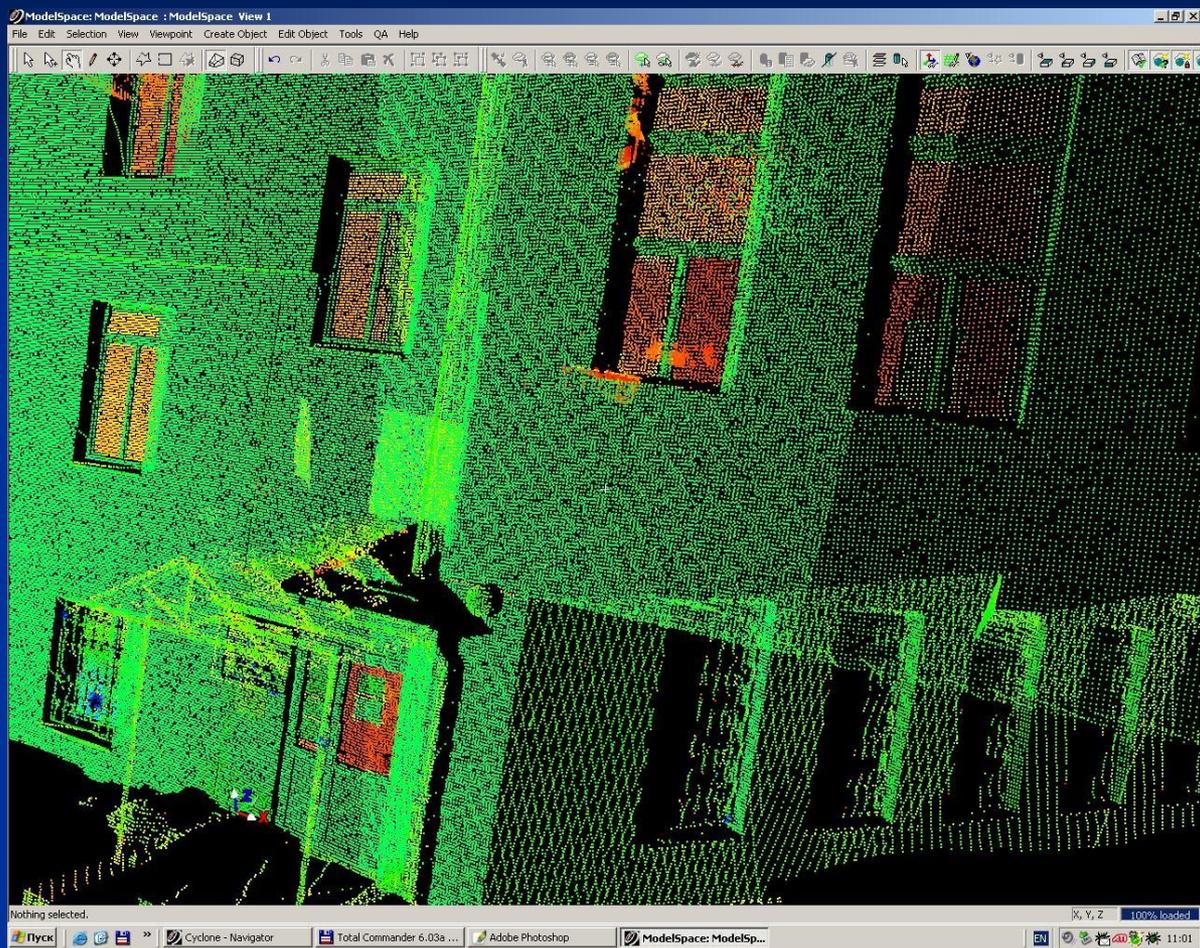


облако точек,  
полученное с  
помощью лазерного  
сканера, содержит  
большое количество  
избыточной или  
ошибочной  
информации

## При фильтрации:

- понижается плотность, убирая повторные точки в облаке;
- убираются шумовые «вылетевшие» точки путем вычисления превышения точек;
- прореживаются точки, принадлежащие одному плоскостному объекту (стена, потолок и т. д.).

# *Пример прореженного облака точек.*

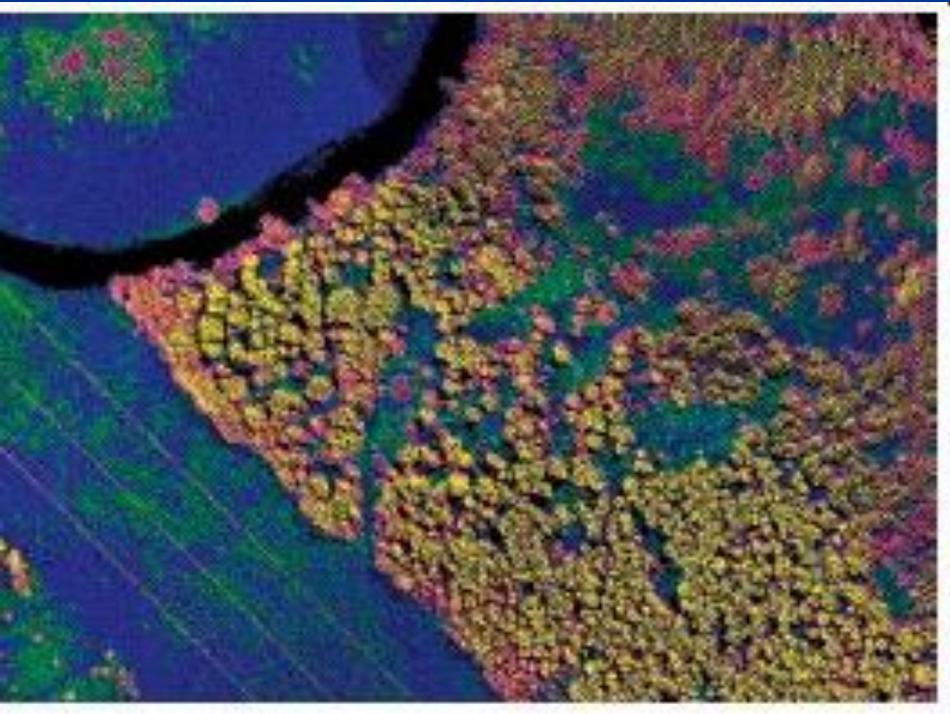


## *4. Классификация точек*

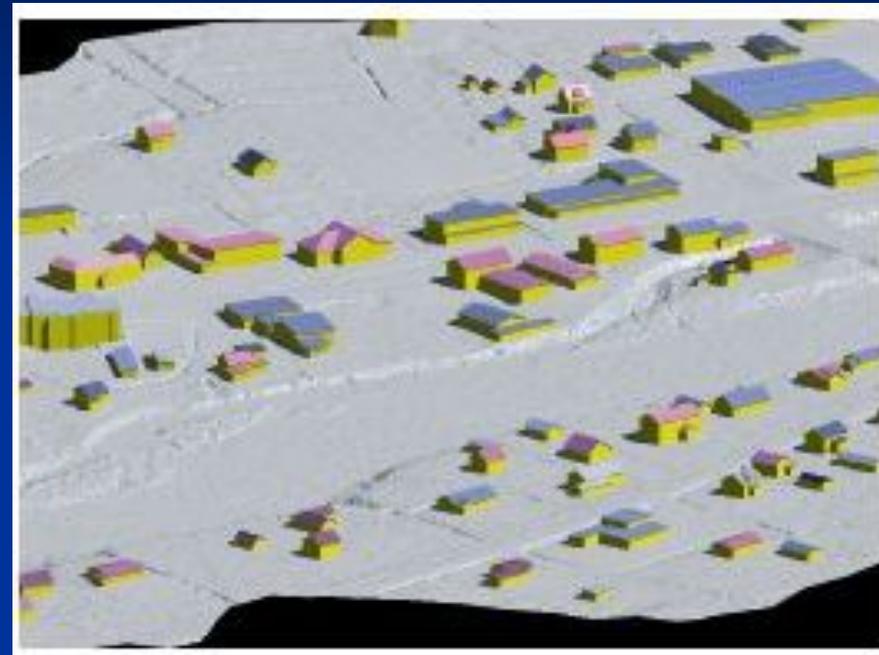
Проводится в 2 основных этапа:

- Выделение точек земли.
- Классификация других объектов (растительность, дороги, ЛЭП и т. д.)

- Классификация растительности



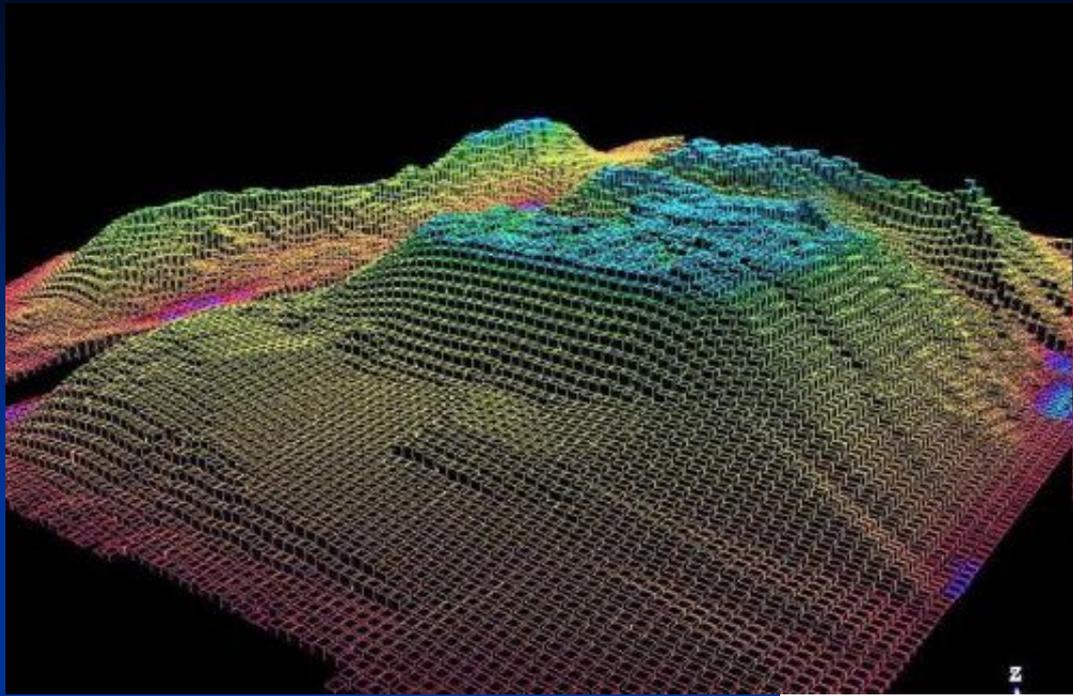
- Классификация выделение крыш



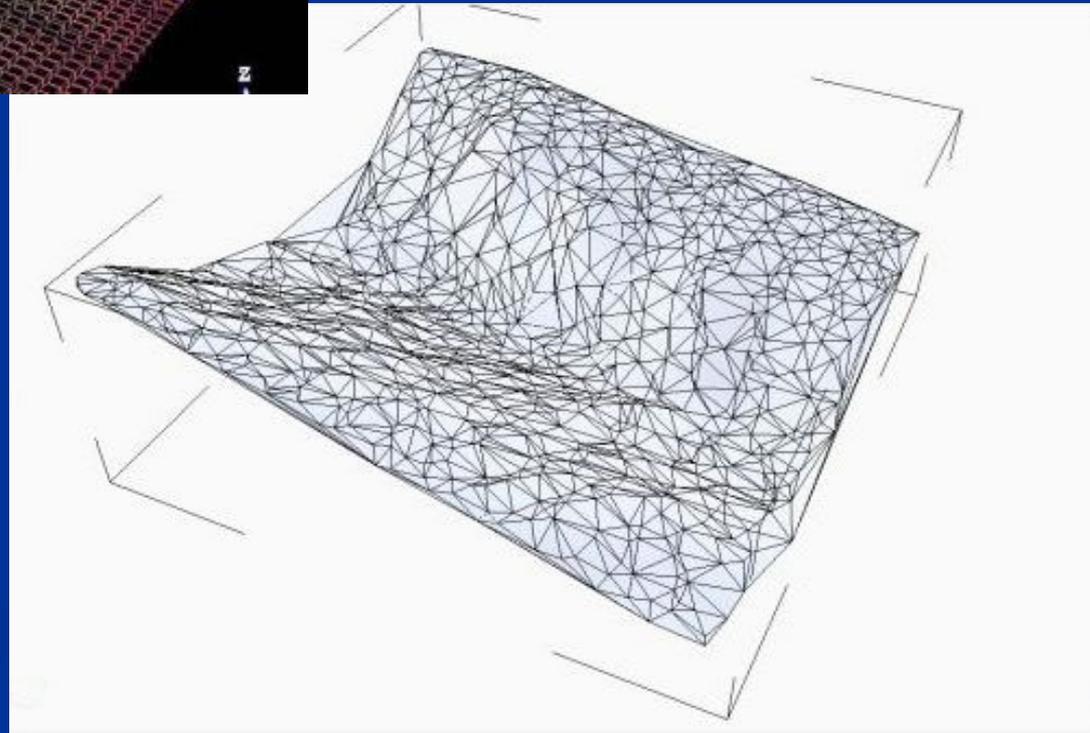
# ■ Лазерное сканирование 1

## *5. Создание поверхностей*

- На данном этапе необходимо представить “облака” точек математически описываемыми поверхностями.
- С помощью прикладного ПО (программного обеспечения) можно либо создать TIN-поверхность – аппроксимировать поверхность триангуляционным методом, либо аппроксимировать поверхность с помощью простейших правильных математических поверхностей (плоскость, сфера, цилиндр и пр.).



■ ΟΔΟ



- Созданные подобным образом поверхности, могут быть экспортированы в любые САД и 3D-приложения.
- Если сканирование сопровождается цифровой видео- или фотосъемкой, то на этапе обработки можно совместить сканированное изображение объекта с его видео изображением, придав скану реальные цвета и текстуру.



**ЗАО «ПИРС»**

Проектный институт  
реконструкции и строительства  
объектов нефти и газа