



GRAPHICS & MEDIA LAB  
VISION GROUP

# АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ В ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Роман Шаповалов

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н., н.с. Антон КОНУШИН

24 мая 2010

# Применение лазерного сканирования

- Навигация мобильных роботов
- Создание моделей зданий
- Картография и паспортизация
- Контроль качества продукции
- Сохранение культурного наследия



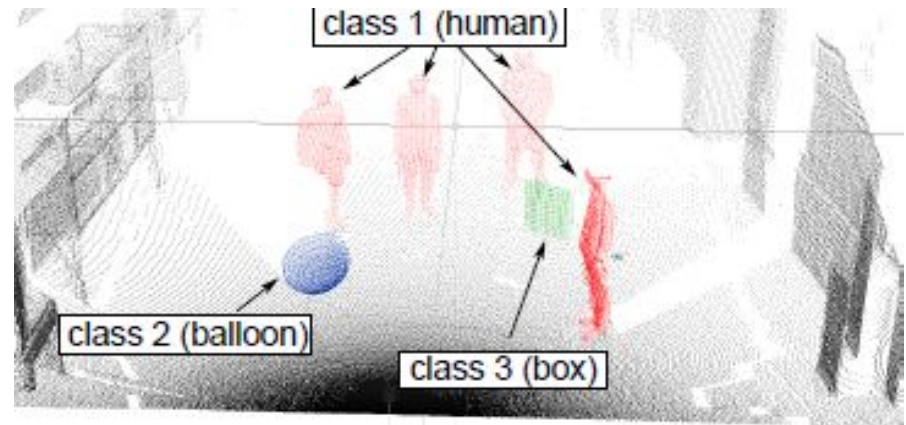
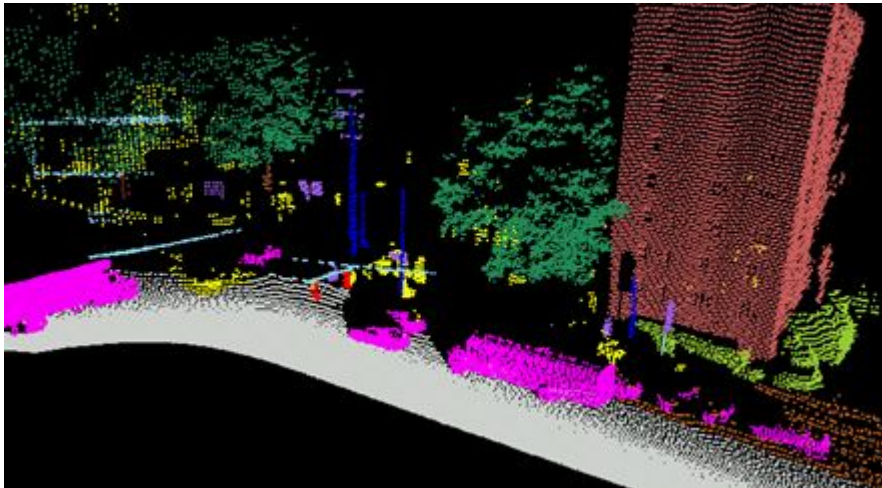
# Цели работы

- Провести обзор методов классификации лазерных сканов
- Разработать алгоритм классификации лазерных сканов на основе машинного обучения
- Реализовать этот алгоритм в системе классификации лазерных сканов



# Постановка задачи

- **Вход** – набор точек трёхмерного пространства
- **Выход** – метки классов, сопоставленные каждой точке



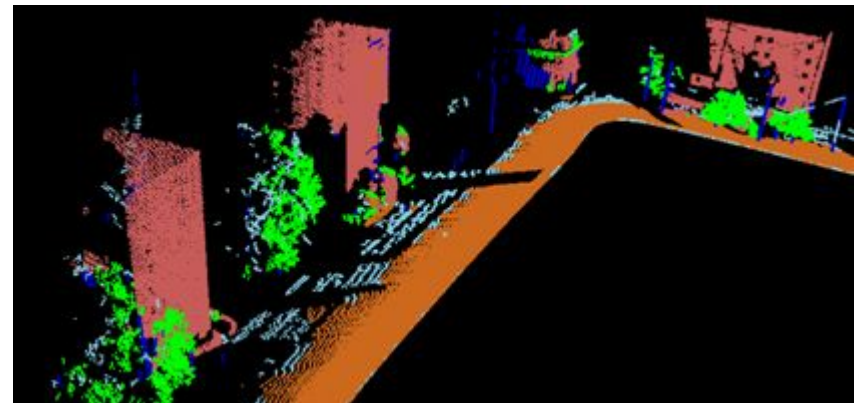
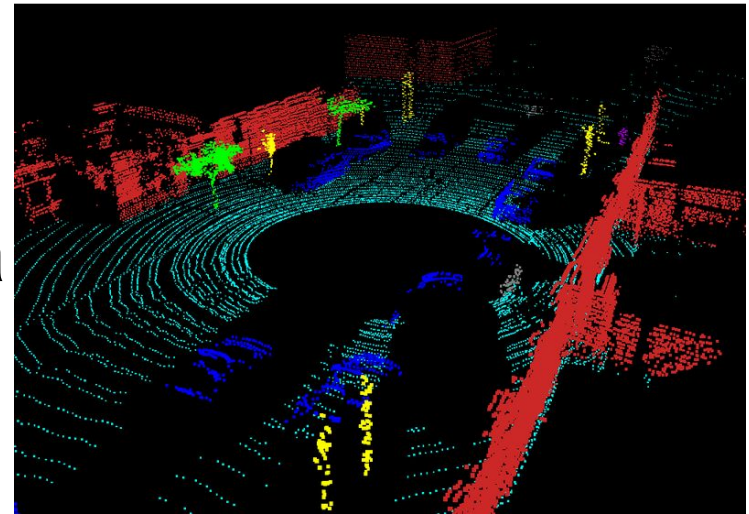
# Формальная постановка задачи



- Стадия обучения:
  - **Вход:** множество четвёрок  $(x, y, z, c)$ 
    - $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$  – точки облака
    - $c \in \{1, \dots, K\}$  – метки классов
  - **Выход:** параметры алгоритма классификации
- Стадия классификации:
  - **Вход:** вектор троек  
 $((x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n))$
  - **Выход:** вектор  $(c_1, c_2, \dots, c_n)$

# Данные для сегментации

- Данные – сцены, снятые вне помещений
  - Аэросъёмка
  - Съёмка с транспорта
  - Стационарная съёмка
- Классы:
  - Поверхность земли
  - Здания
  - Растительность
  - Транспорт
  - и т.д.



# Критерий качества

- F-мера для каждого класса
  - Корректна для несбалансированной выборки

	Классификатор принял $H_0$	Классификатор отверг $H_0$
$H_0$ верна	TP	FP
$H_0$ не верна	TN	FN

$$\text{Точность} = \frac{TP}{TP + FP}, \text{Отклик} = \frac{TP}{TP + FN}, F\text{-оценка} = \frac{2\sqrt{\text{Точность} \cdot \text{Отклик}}}{\text{Точность} + \text{Отклик}}$$



# Существующие методы

- Ассоциативные Марковские сети  
[Anguelov, 2005] [Munoz, 2008]

- Минимизируется функция энергии

$$-\sum_{i=1}^n \log(\phi_i(y_i)) - \sum_{(i,j) \in E} \log(\phi_{ij}(y_i, y_j)) + \log Z \rightarrow \min_y$$

- Потенциалы – линейная комбинация признаков:

$$\log \phi_i(k) = \mathbf{w}_n^k \cdot \mathbf{x}_i \quad \log \phi_{ij}(k, l) = \mathbf{w}_e^k \cdot \mathbf{x}_{ij}$$

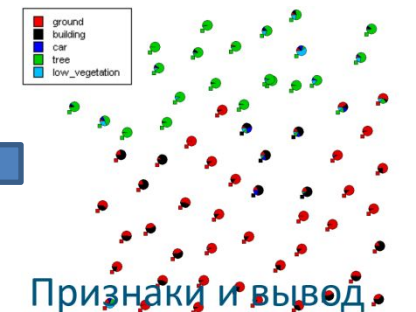
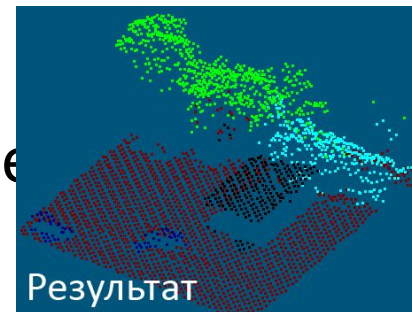
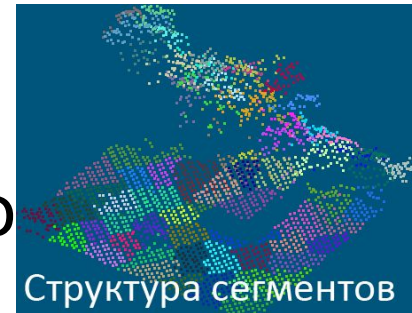
- Ассоциативные парные потенциалы:

$$\log \phi(k, l) = 0 \text{ при } k \neq l$$



# Схема метода

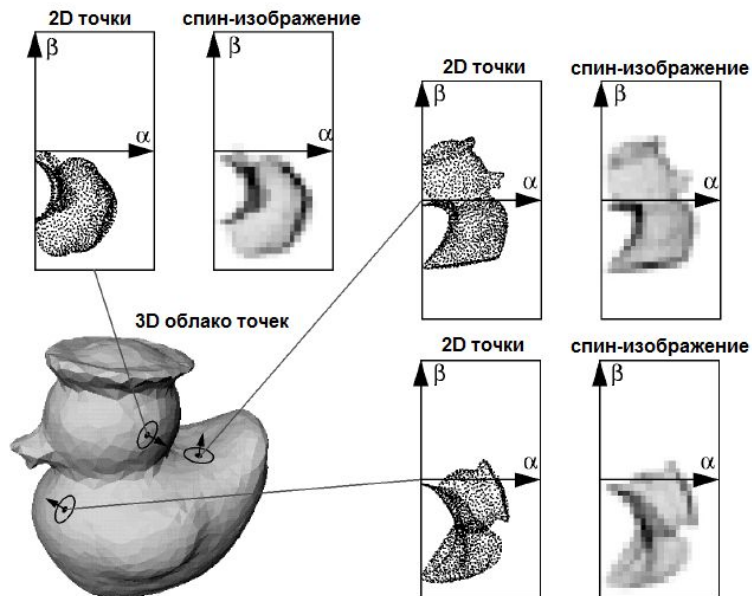
- Предобработка
  - Построение индекса; пересегментация
- Назначение потенциалов
  - Унарные потенциалы: рандомизированные деревья
  - Неассоциативные парные потенциалы
- Классификация
  - Вывод в Марковской сети: TRW-S [Kolmogorov, 2006]



# Унарные потенциалы

Выход мультиклассового классификатора «Рандомизированные

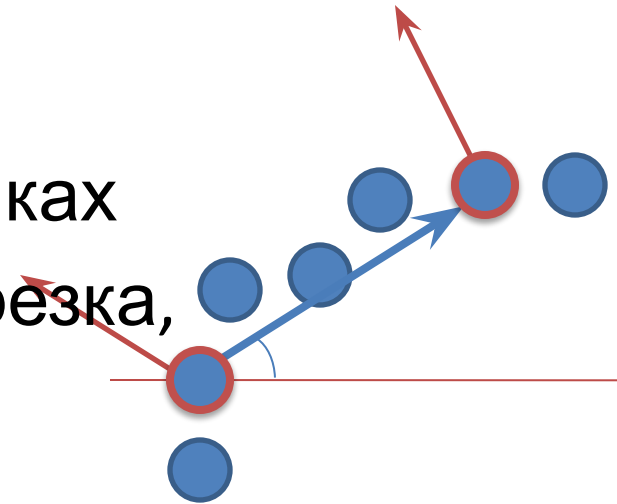
- Деревья  
«Спин-изображения»



- Признаки матрицы ковариаций
  - Спектральные признаки
  - Признаки направления
- Цилиндрические признаки

# Парные потенциалы

- Линейная комбинация признаков:
  - Угол между нормальями в точках
  - Угол наклона к горизонту отрезка, соединяющего точки, и его абсолютное значение
  - Расстояние между точками
- Рассматриваются также неассоциативные парные потенциалы вида  $\varphi(k, l)$  при  $k \neq l$



# Научная новизна

- Пересегментация
  - Ускоряет классификацию на порядки
  - Признаки рёбер (направление, длина) становятся статистически значимыми
- Неассоциативные парные потенциалы
  - Позволяют выразить отношения между объектами разных классов, такие как «дерево находится выше земли»

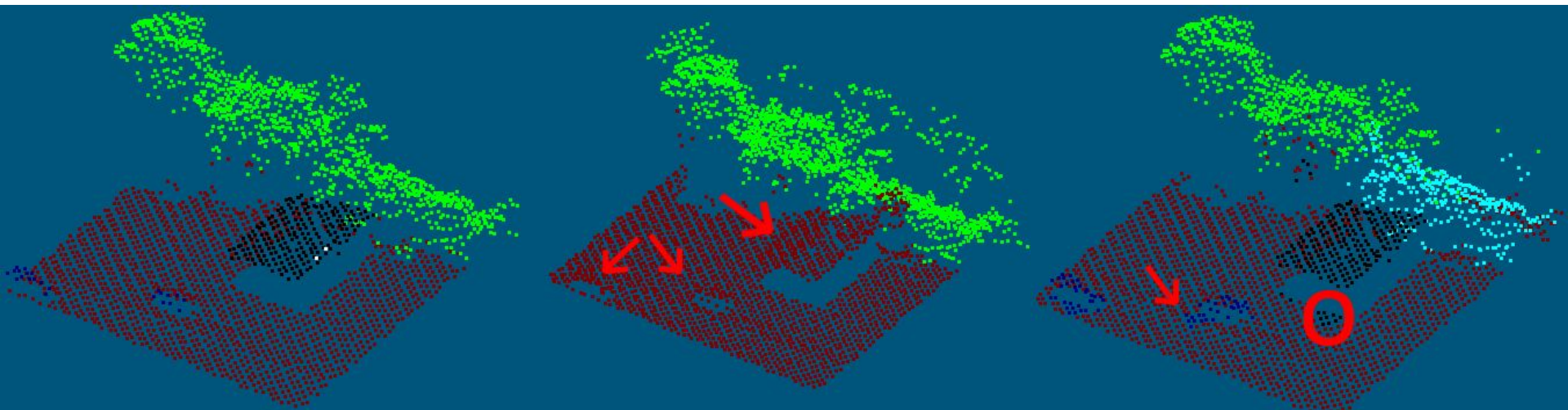


# Пример результата классификации

Верная разметка

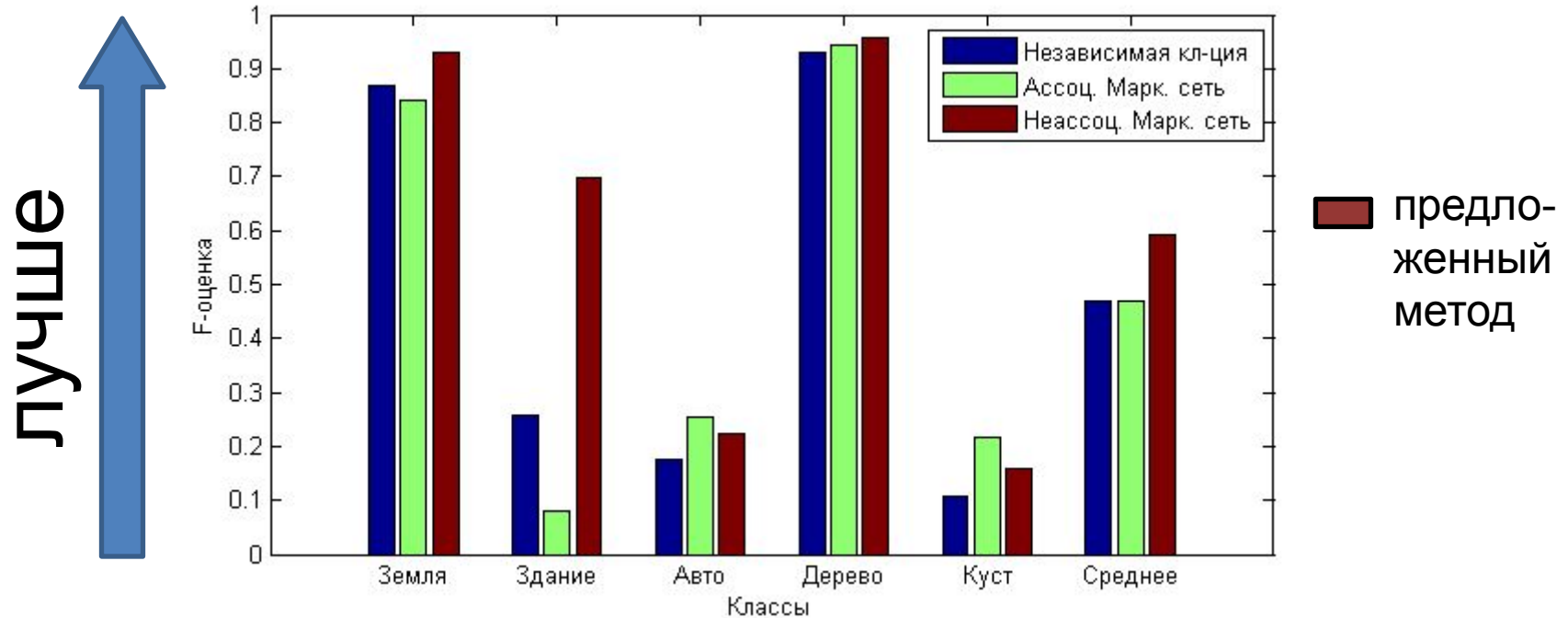
Ассоциативная  
Марковская сеть

Предлагаемый  
метод



- Красный – земля, чёрный – крыша, зелёный – дерево, синий – автомобиль, голубой – кусты

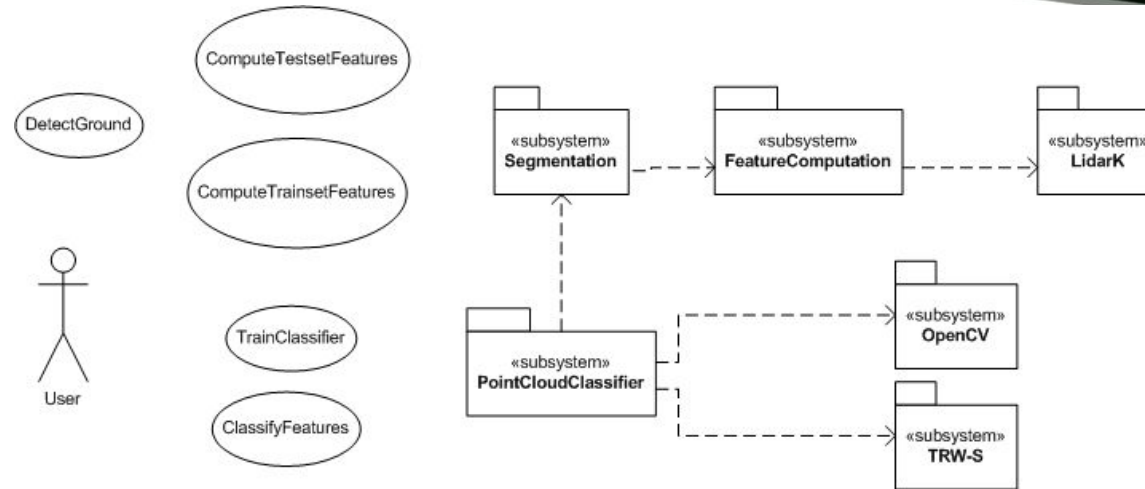
# Экспериментальное сравнение



- Лазерный скан, полученный аэросъёмкой
- Миллион точек, 30 тысяч сегментов

# Программная реализация

- C++



- В рамках системы реализована функция детектирования поверхности земли на данных, снятых с транспортного средства
  - Применяется в НПО «Регион» для картографирования дорожного покрытия

# Результаты

- Проведён обзор методов классификации лазерных сканов
- Разработан алгоритм классификации лазерных сканов на основе неассоциативных Марковских сетей
- Реализована система классификации лазерных сканов с произвольными классами
- Результаты опубликованы



# Публикации по теме дипломной работы



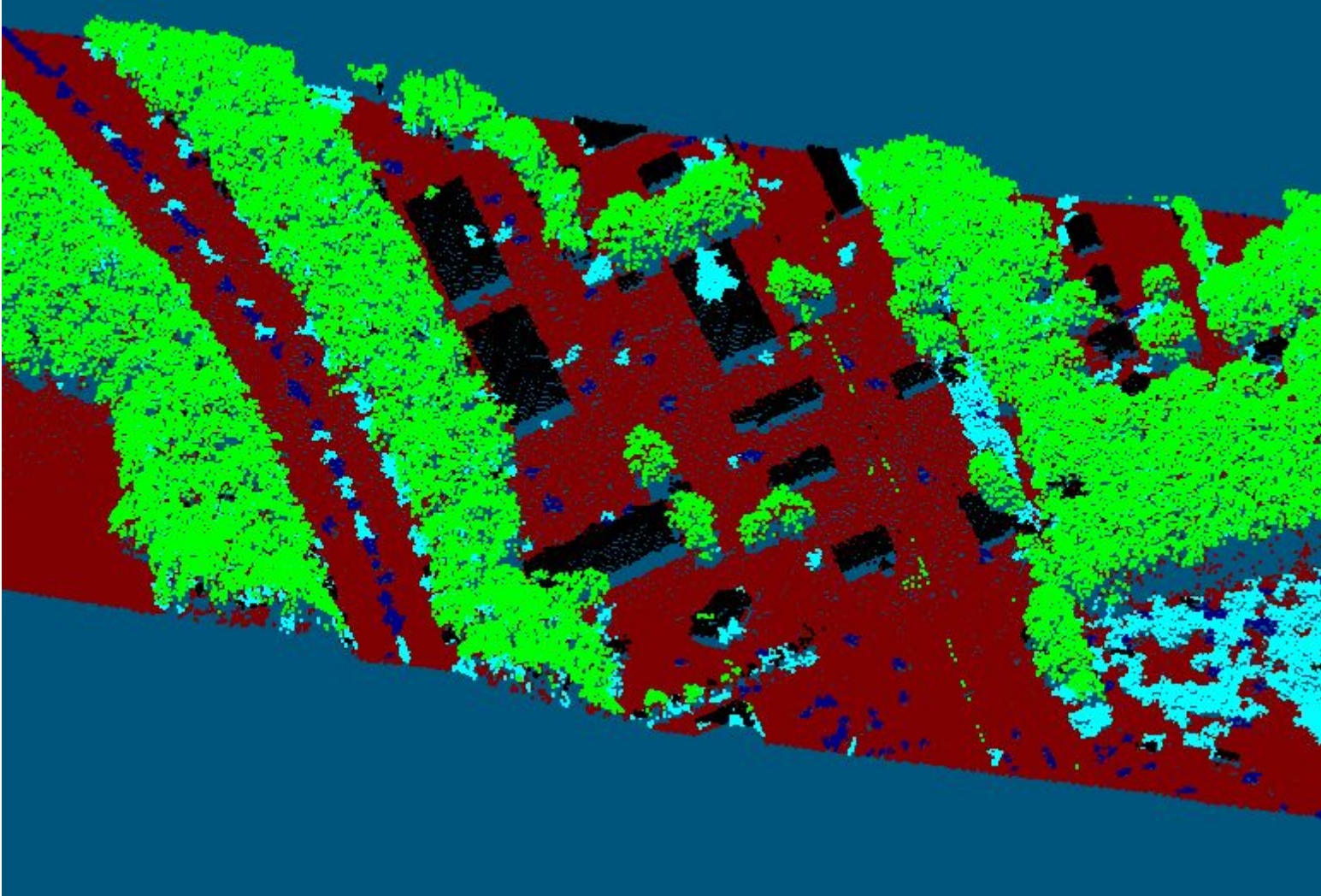
- А. Велижев, Р. Шаповалов, Д. Потапов, Е. Третьяк, А. Конушин, «**Автоматическая сегментация облаков точек на основе элементов поверхности**», *GraphiCon*, Moscow: 2009.
- Р. Шаповалов, «**Классификация трёхмерных облаков точек с помощью неассоциативных Марковских сетей**», *Ломоносов-2010*, Москва
- R. Sharovalov, A. Velizhev, O. Barinova, A. Konushin, «**Using Non-Associative Markov Networks for Point Cloud Classification**», *Photogrammetric Computer*



**GRAPHICS & MEDIA LAB  
VISION GROUP**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

# Результат класификации





# Лазерные сканы и изображения



## Преимущества:

- Присутствует информация о трёхмерной структуре сцены
- Инвариантность относительно освещения и погодных условий

## Недостатки:

- Объект может быть загорожен другими объектами или сам собой
- Сканы зашумлены и разрежены
- Часто отсутствует цветовая информация
- Затруднена обработка с помощью стандартных средств ввода-вывода