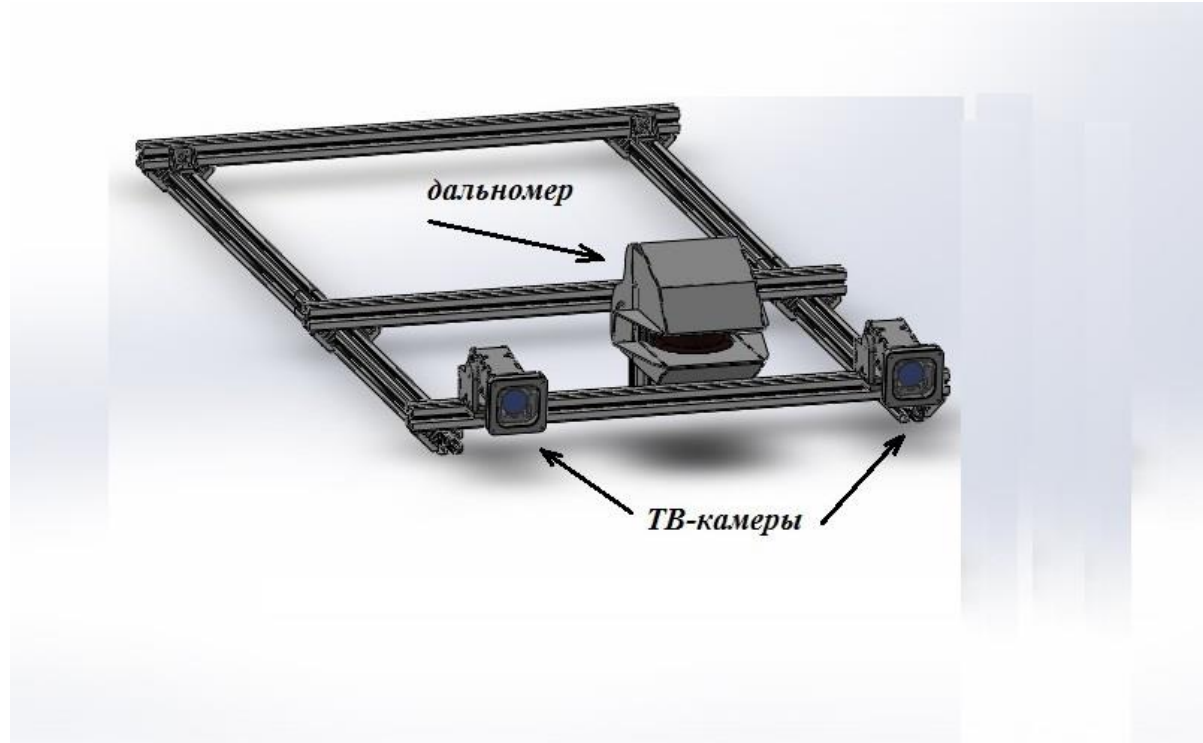


ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ “АВТОНИВА”

В.Е. Павловский (vlpavl@mail.ru)
К.И. Кий (konst.i.kiy@gmail.com),
И.А. Орлов (orlovbel@gmail.com),
А.П. Алисейчик (atooxa@gmail.com)

Институт Прикладной Математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва



Конструкция информационной системы для АвтоНИВЫ

Анализ дорожной сцены с использованием цветных телевизионных изображений



Описание полосы цветовыми сгустками



Цветовые сгустки цветного изображения

граф STG

- Каждый цветовой сгусток b имеет характеристики:
- (1) интервал $\mathbf{Int}^b = [beg_b, end_b]$ на оси \mathbf{OX} ;
- (2) диапазон и среднее значение оттенка
- $\Delta_H^b = [H_{min}^b, H_{max}^b]$ и H_{mean}^b ;
- (3) диапазон и среднее значение насыщенности
- $\Delta_S^b = [S_{min}^b, S_{max}^b]$ и S_{mean}^b ,
- (4) диапазон и среднее значение интенсивности
- $\Delta_I^b = [I_{min}^b, I_{max}^b]$ и I_{mean}^b .
- (5) Мощность: $Card^b$, плотность:
- $dens(b) = Card^b / L([beg_b, end_b])$.

Описание цветных изображений с помощью графа цветных сгустков



Структурный граф цветного изображения *STG*

- $Bun(\mathbf{CI}) = \cup Bun^i(\mathbf{CI})$ по всем полосам разбиения \mathbf{St}_i .
- b_1 и b_2 два сгустка с геометрическими компонентами \mathbf{Int}_1 и \mathbf{Int}_2 . Обозначим
- $\mathbf{Int}_{12} = \mathbf{Int}_1 \cap \mathbf{Int}_2$.
- Сгустки в соседних и одинаковых полосах соединяются ребром, если $\mathbf{Int}_{12} \neq \emptyset$.

Непрерывные граничные кривые и ростки глобальных контрастных объектов

- 1. На *STG* определяются левые и правые непрерывные граничные кривые – ростки глобальных объектов.
- 2. Строится двудольный граф левых и правых ростков глобальных контрастных объектов *LRG* и глобальные контрастные объекты интерпретируются как связные компоненты на *LRG*.

Adjacency Graph для цветowych сгустков

- Левые контрастные кривые соединятся ребрами с правыми, если возможен переход от одних к другим по соседним цветowym сгусткам без контраста цветowych параметров. Это ребра, задающие подобие.
- Соседние (встык) левые и правые контрастные кривые соединяются ребрами контраста.
- Можно выбрать базисное линейно-упорядоченное подмножество цветowych сгустков в полосе.
- Через каждый цветовой сгусток проходит не более одной левой или правой контрастной кривой. Для каждой контрастной кривой можно определить, что лежит над ней и под ней.

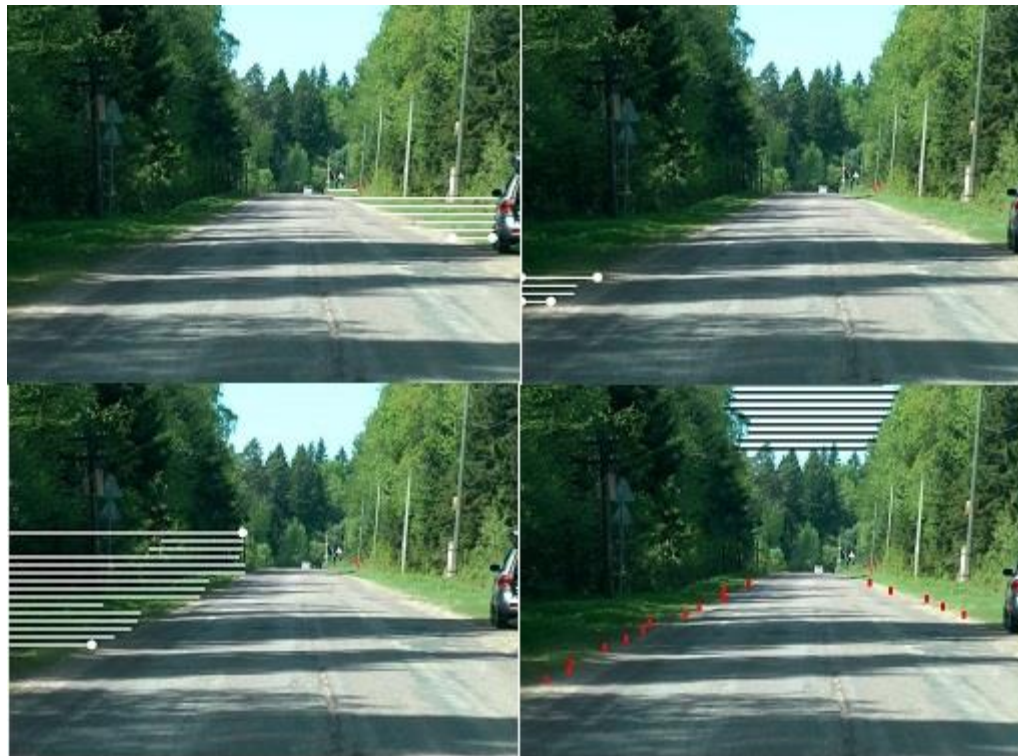
Примеры левых и правых ростков контрастных объектов



Левый и правый росток частей неба



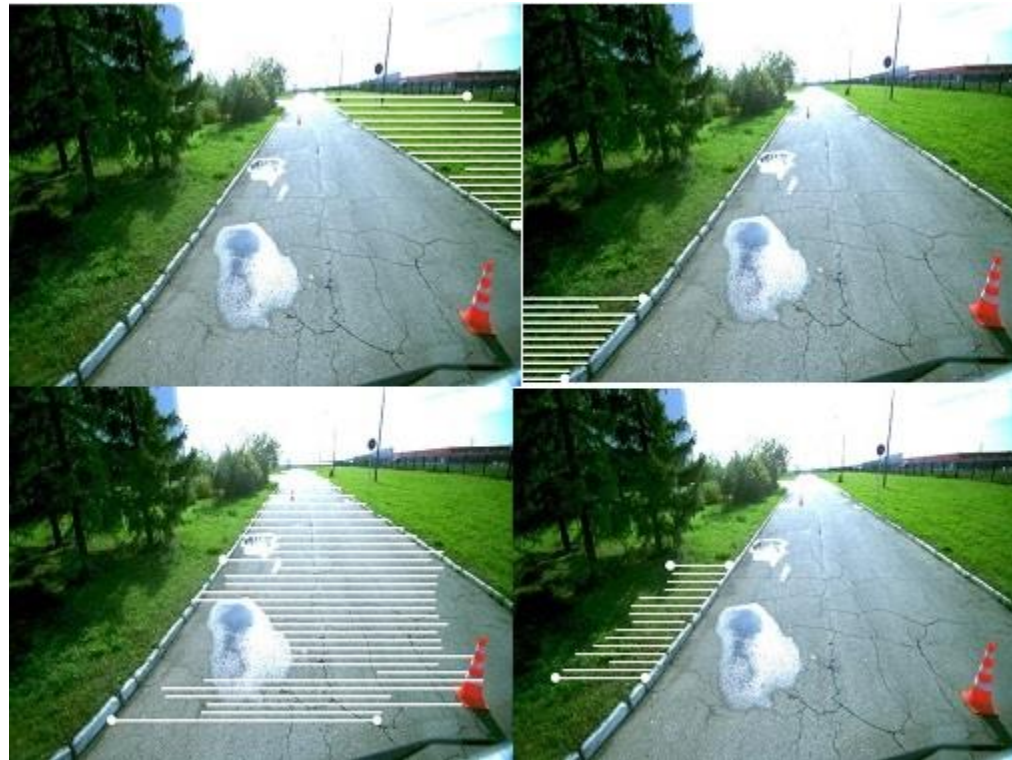
Левые и правые контрастные кривые зеленых обочин дороги



Задачи, которые надо решать в СТЗ

- Поиск реальных объектов на изображении, задаваемых большими фоновыми областями (дороги, лес, поле, небо, дома, и т.д.). Оценка их параметров и положения в пространстве.
- Поиск небольших объектов на фоне найденных больших (другие участники движения и специфические их части, дорожные знаки, дорожная информация, светофоры).

Детекторы участков неба в кадре и левых и правых границ растительности и области дороги



Результаты работы детектора неба



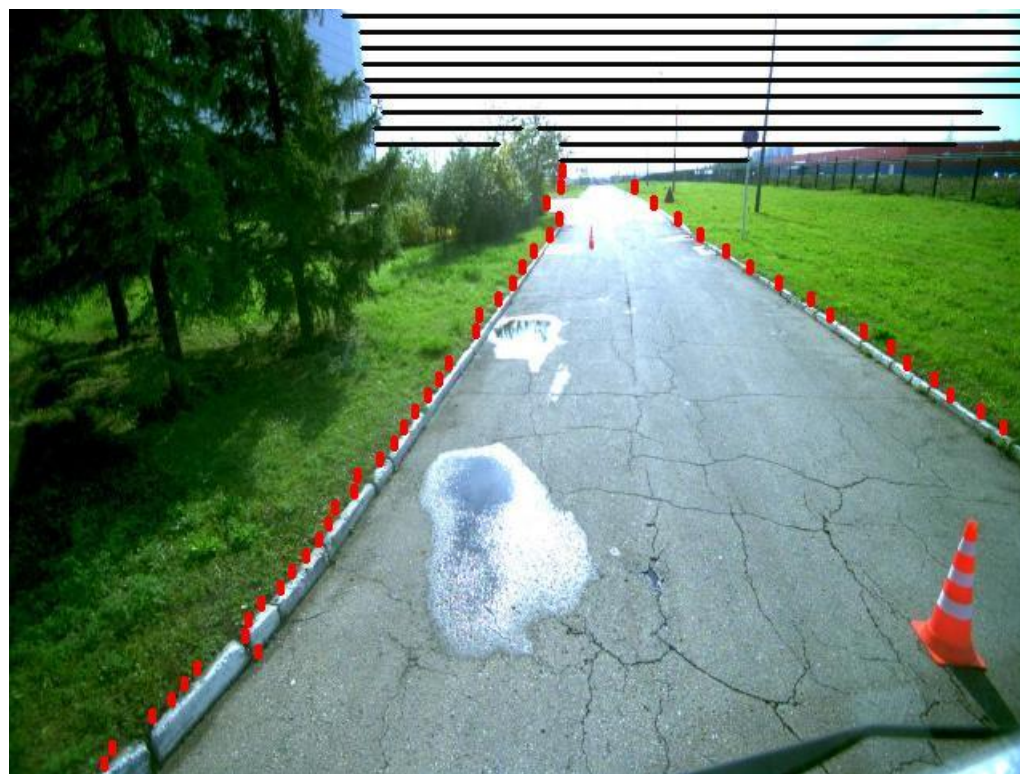
Результаты работы детектора неба



Небо и желтая разметка



Одновременная работа детекторов неба и зеленых обочин



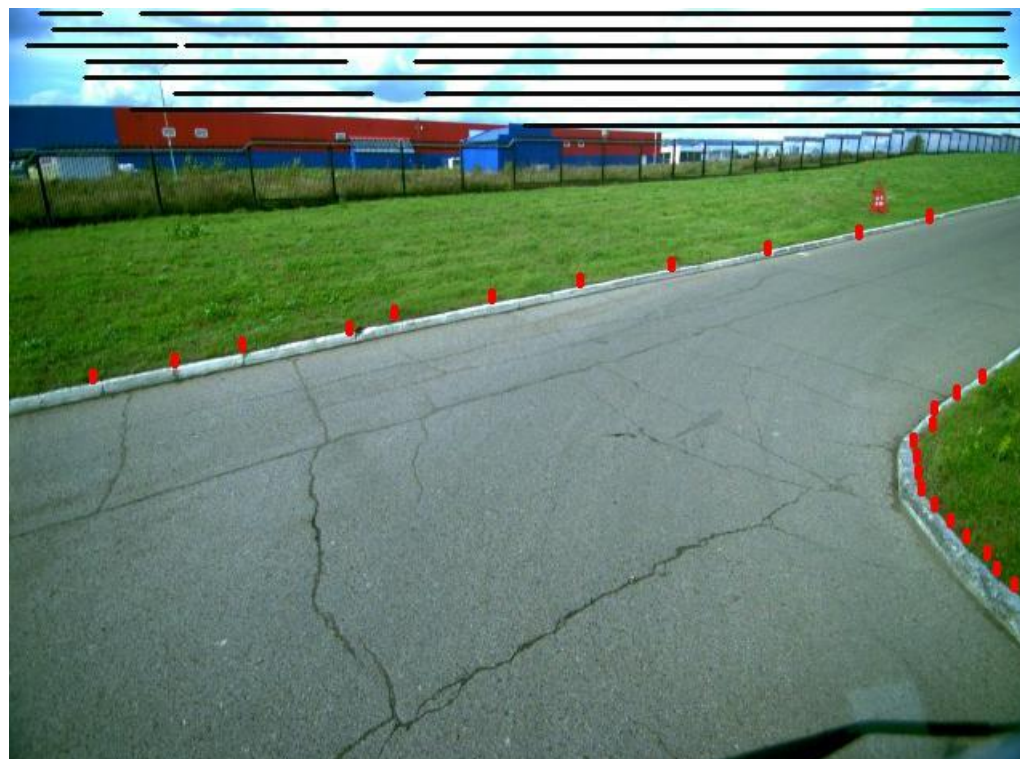
Пример с поворотом



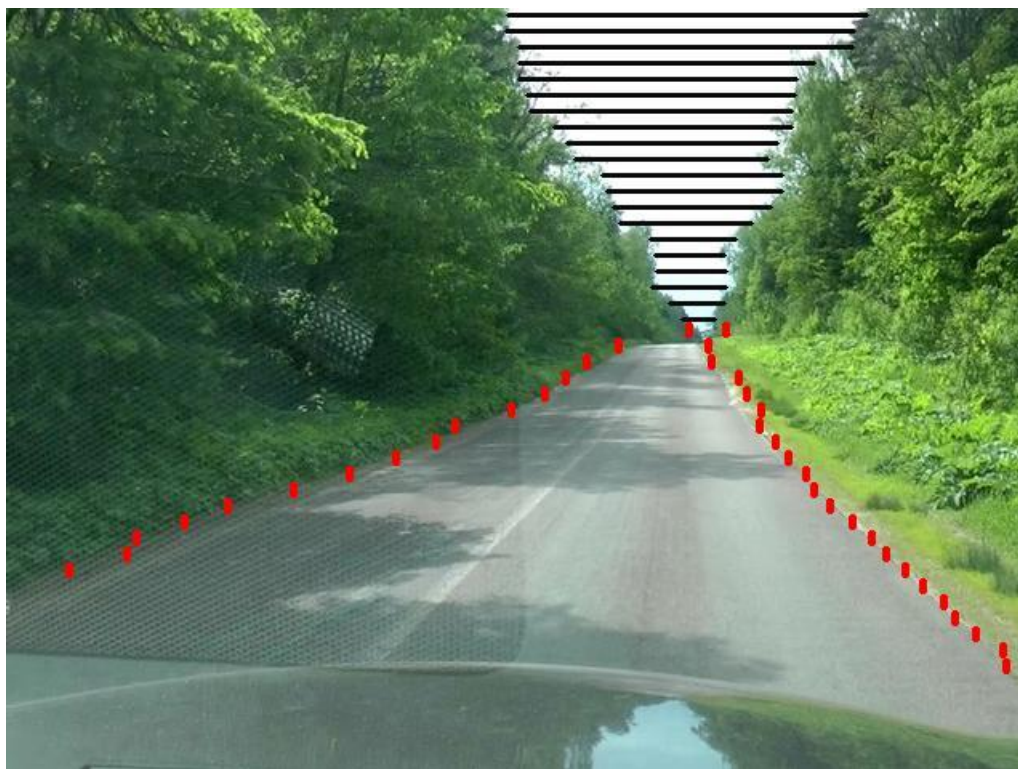
Выезд на площадку



Крутой поворот



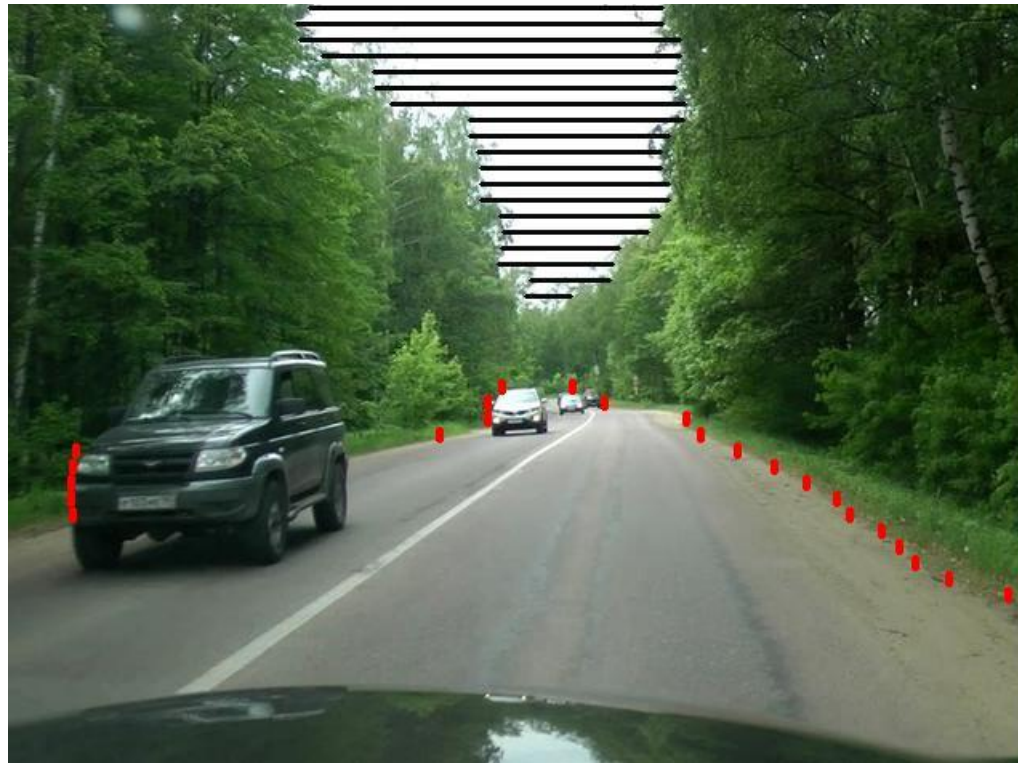
Тени



Глубокие тени, разрывающие дорогу



Другие участники движения



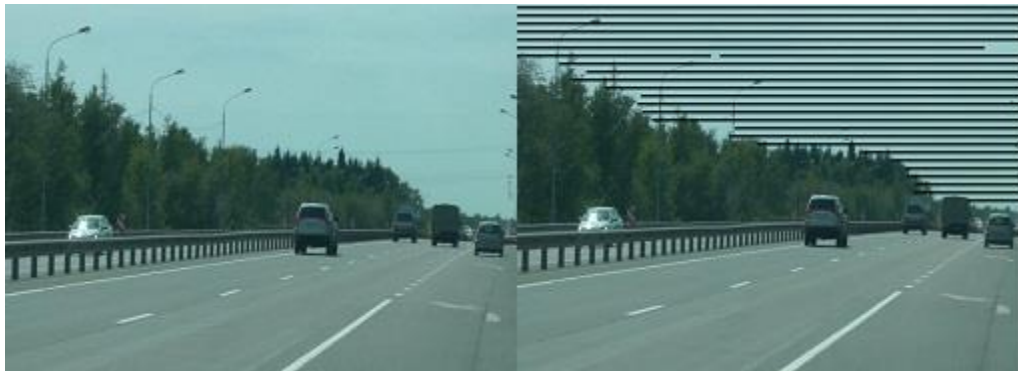
Выделение других участников движения



Отработка видео







Результаты

- Разработаны методы и программный комплекс для построения глобальных контрастных объектов на цветных изображениях реального времени (20 fps для изображений 640x480).
- Разработаны принципы детекторов выделения интересных объектов для реализации движения робота-автомобиля по дорогам.
- Приведены результаты работы детектора неба и детектора границ зелени в окрестности дороги (левая и правая границы) в кадре дорожных сцен.

Алгоритм обнаружения препятствий по дальномерным данным



Размеры прибора 15x15x20см, вес 4.5 кг, сенсоры подключаются к управляющему компьютеру по компьютерному СОМ-интерфейсу.

Выходной сигнал сенсора кодирует измеренную дальность по специальному протоколу.

Диапазон измеряемой дальности – до 50 м, угол сканирования 180° в плоскости - для модели, приведенной на рисунке, точность измерений порядка 1 см.

Дальномер SICK LMS

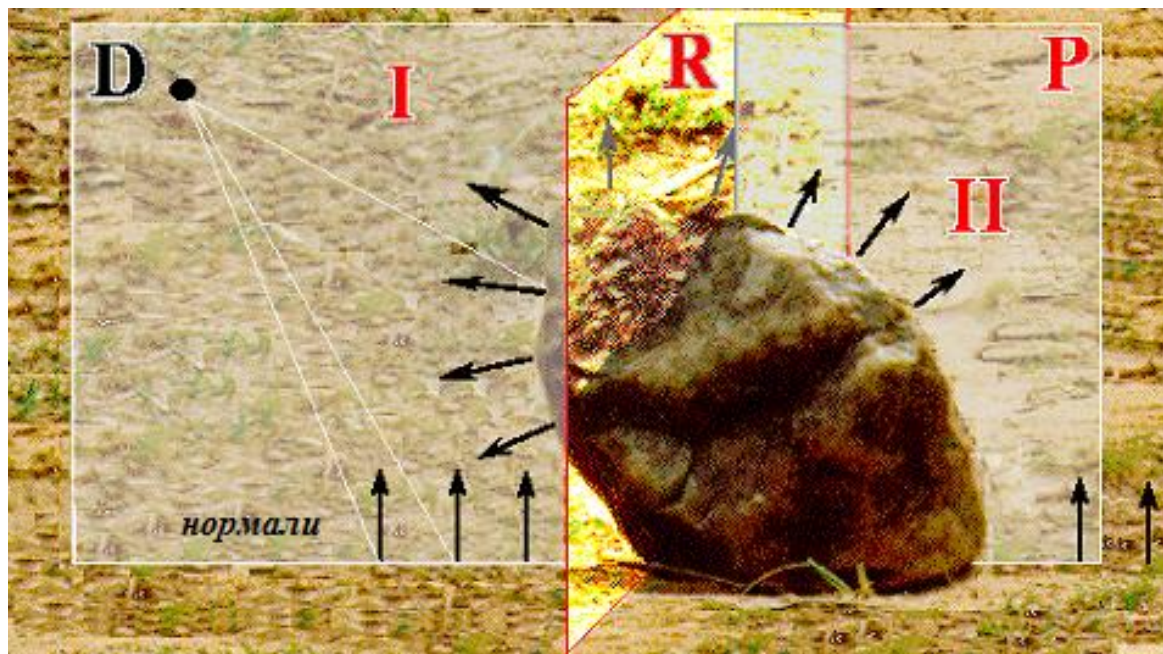
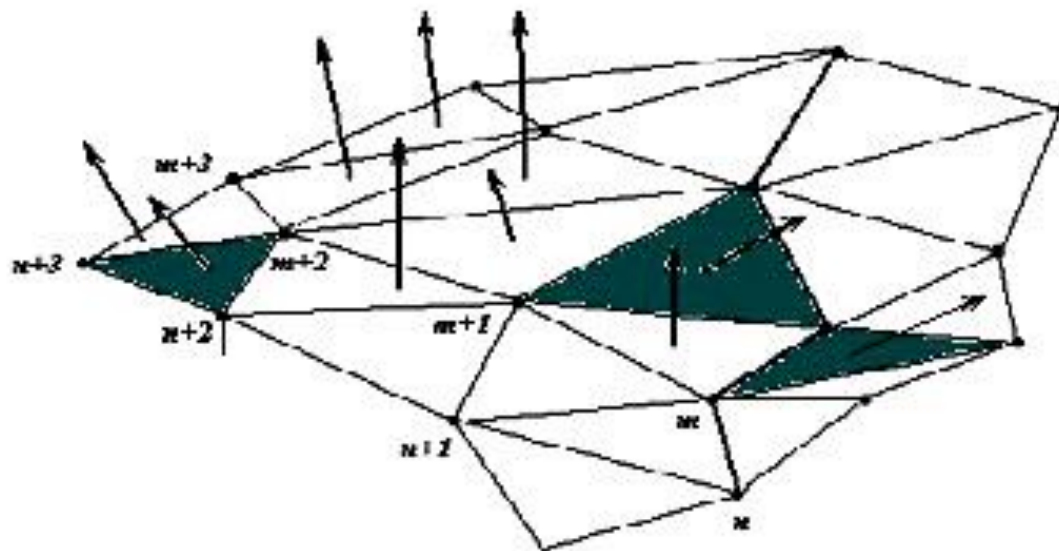
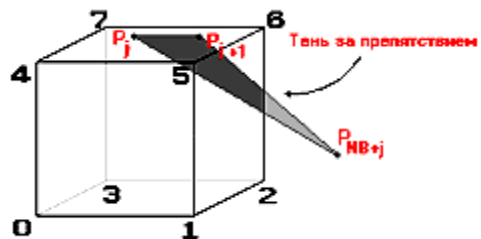
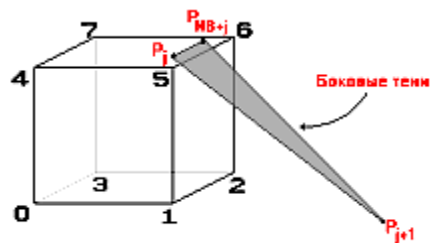


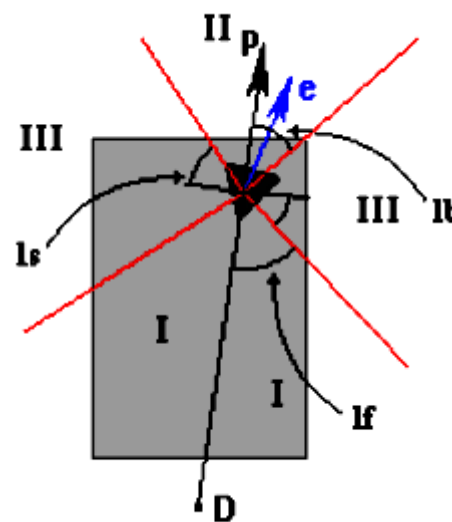
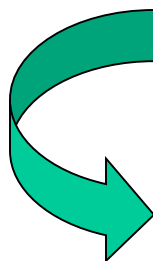
Схема обнаружения препятствий по анализу нормалей



Триангуляционная сетка по дальномерным данным, поиск нормалей



Тени



Зоны классификации теней
(вид сверху)

Классификация случаев расположения препятствий и луча дальномера

Введем набор решающих правил $P = \{P1, P2, P3, P4, P5\}$, выполнение определенного сочетания которых позволит отнести текущий треугольник T_k к одному из перечисленных выше типов. Правила Pi заключаются в выполнении следующих условий:

$P1$ – нормаль сильно отклонена от вертикали (угол наклона нормали больше порога $c1$),

$P2$ - проекция нормали на плоскость $D'x'y'$ сонаправлена с проекцией луча обзора на ту же плоскость - нормаль направлена в классификационную зону III ,

$P3$ - проекция нормали на плоскость $D'x'y'$ противоположно направлена относительно проекции луча обзора на ту же плоскость - нормаль направлена в классификационную зону I,

$P4$ - в треугольнике нет скачка по z ,

$P5$ - треугольник с предыдущим номером определен как препятствие.

Тогда окончательно вывод о наличии/отсутствии препятствий может быть сделан следующими продукционными правилами:

если $P_2 \wedge \overline{P_4}$ то $m_t(k) = -4$,

если $\overline{(P_2 \wedge P_4)} \wedge (P_2 \vee P_3 \vee P_4)$ то $m_t(k) = -3$,

если $\overline{(P_2 \wedge \overline{P_4})} \wedge \overline{(P_2 \vee P_3 \vee P_4)} \wedge (P1 \vee P3)$ то $m_t(k) = -2$.

Алгоритм. Конструкция

Поясним эти условия.

Если для треугольника T_k одновременно истинно правило P_2 и ложно правило P_4 , то такой треугольник маркируется (окрашивается) как тень за препятствием. Введенное условие означает, что нормаль к треугольнику направлена в классификационную зону II и в треугольнике имеется скачок высоты между его вершинами.

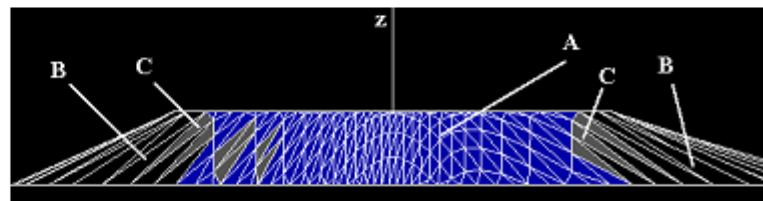
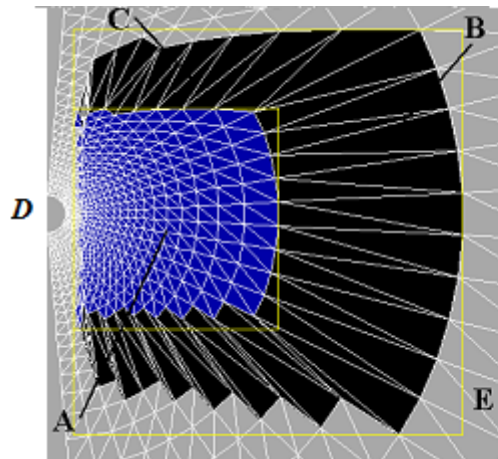
Алгоритм. Правило I

Если для треугольника T_k не является истинным логическое произведение P_2 и $\overline{P_4}$, и если не является истинной логическая сумма правил P_2, P_3, P_4 то такой треугольник маркируется как боковая тень. Это означает, что треугольник будет окрашен как боковая тень, если не выполнено предыдущее условие, и одновременно при этом нормаль к треугольнику не направлена в классификационные зоны I и II (т.е. направлена в зону III) и в треугольнике нет скачка высоты между его вершинами.

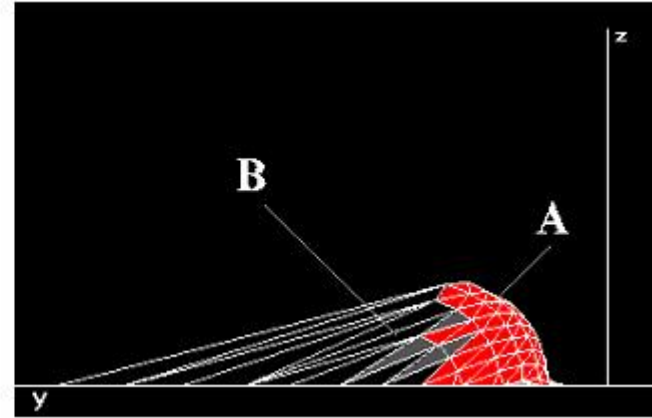
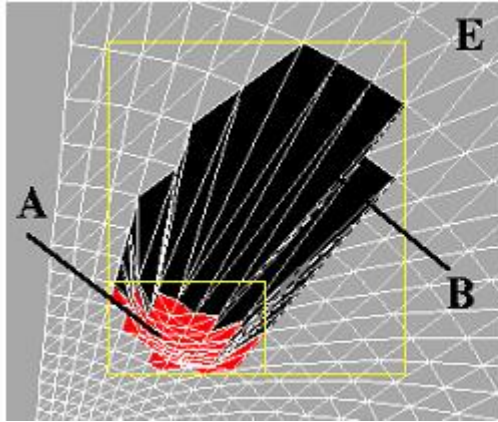
Алгоритм. Правило II

Если для треугольника T_k не является истинным предыдущее условие, и если истинны условия P_1 или P_5 , то такой треугольник маркируется как препятствие. Это означает, что треугольник будет окрашен как препятствие, если одновременно не выполнено предыдущее составное условие, и либо нормаль сильно отклонена от вертикали (в зону I), либо предыдущий треугольник уже окрашен как препятствие.

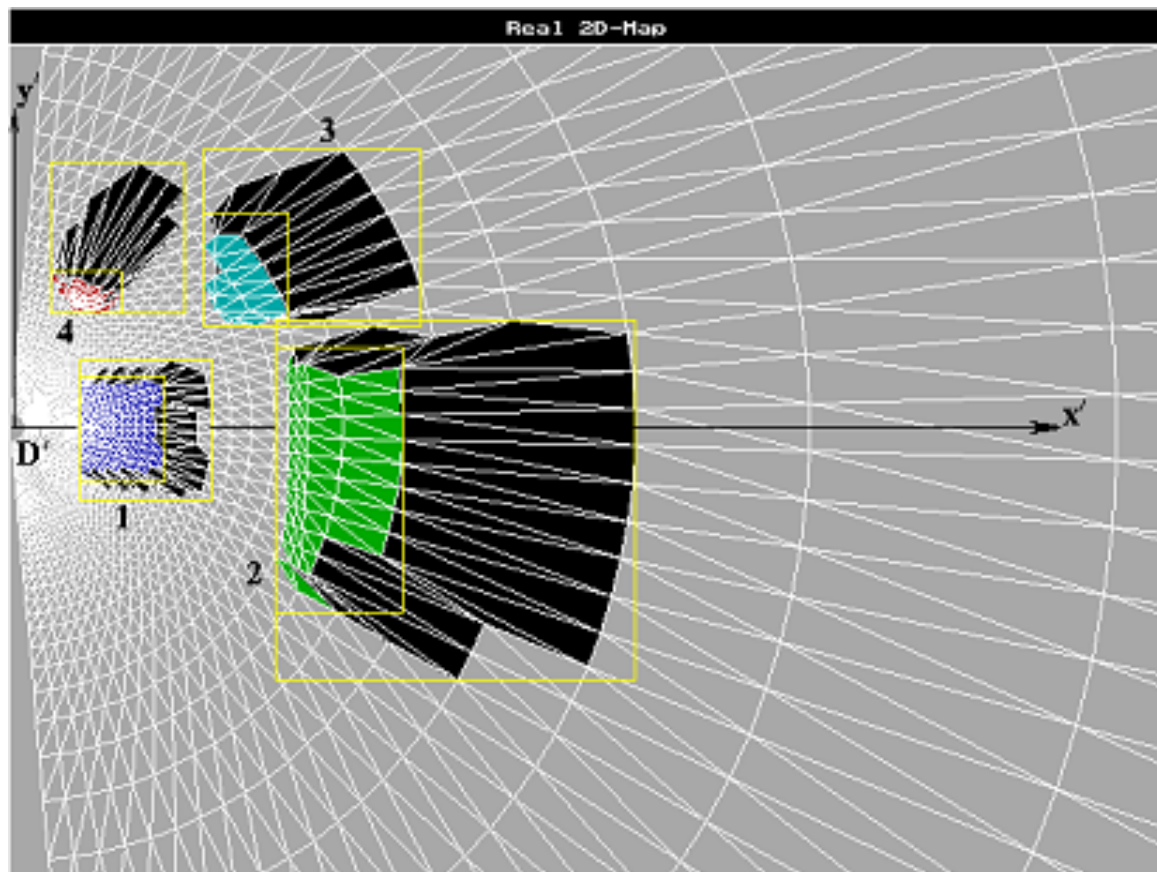
Алгоритм. Правило III



Модель: кубик на плоскости



Модель: полусфера на плоскости



Модель: набор препятствий на плоскости

Спасибо за внимание!