

# Глобальный анализ изображений и детектирование и распознавание дорожной разметки в реальном времени

Роман Владимирович Досаев и

Константин Иванович Кий

romandosaev@gmail.com

konst.i.kiy@gmail.com

Институт прикладной математики им.

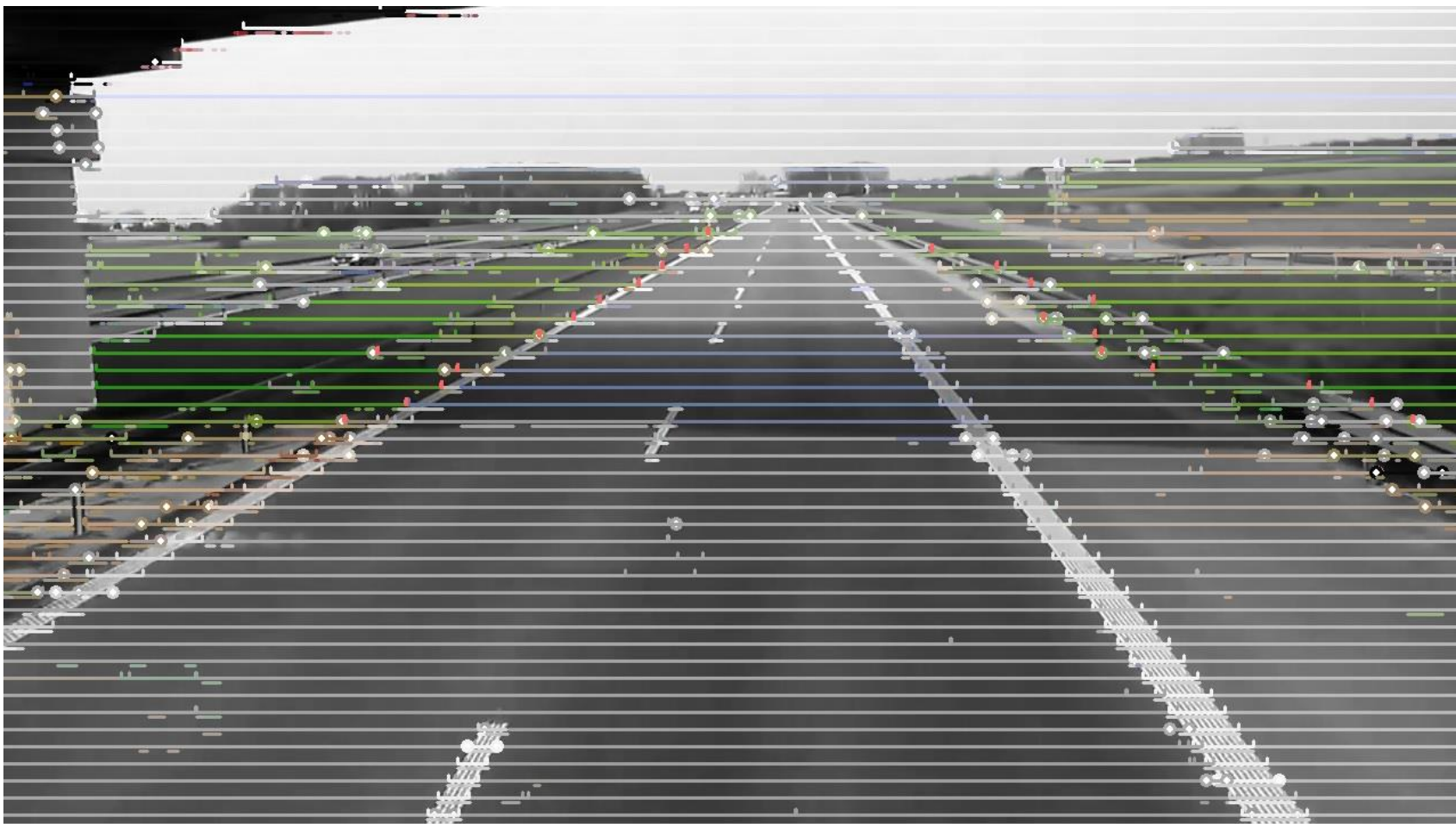
Келдыша РАН

ММРО-2019, Москва

# Описание геометрии распределения значений функции задающей цветное изображение



# Описание геометрии распределения значений с помощью графа цветных сгустков



# Цветовые сгустки цветного изображения и граф STG

- Каждый цветовой сгусток  $b$  имеет характеристики:
- (1) интервал локализации  $\mathbf{Int}^b = [beg_b, end_b]$  на оси  $\mathbf{Os}$ ;
- (2) диапазон и среднее значение оттенка
- $\Delta_H^b = [H_{min}^b, H_{max}^b]$  и  $H_{mean}^b$ ;
- (3) диапазон и среднее значение насыщения
- $\Delta_S^b = [S_{min}^b, S_{max}^b]$  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:
- $dens(b) = Card^b / L([beg_b, end_b])$ .

# Цветовые сгустки дорожной сцены



## 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  $\mathbf{Int}_{12} \neq \emptyset$ .

# Решетка поиска на графе цветных сгустков

## SearchLat

- Утверждение. В каждой полосе можно выбрать базисное линейно упорядоченное множество цветных сгустков, которые покрывают полосу.
- В качестве базиса берутся цветные сгустки с наибольшей плотностью  $dens(b)$ .
- Удастся ввести на их множестве линейный порядок, получаемый при движении слева направо (справа налево).
- Объединение базисных линейно упорядоченных множеств для всех полос образует решетку поиска SearchLat на изображении.

# Упорядоченная система базисных цветовых сгустков в выделенной полосе





## Разделение цветковых сгустков

- Цветковые сгустки, имеющие в некоторой части поиска максимальную плотность
- $dens(b) = Card^b / L([beg_b, end_b])$  называются доминирующими.
- Остальные цветковые сгустки называются доминируемыми сгустками.
- Среди доминирующих цветковых сгустков выделяются сгустки, принадлежащие решетке поиска.

## Системы вывода для выделения кандидатов на части цветowych сгустков в полосе

- Задача поиска кандидатов в полосе решается без использования данных о калибровке камеры, значений ее внутренних параметров и параметров ее установки на объекте.
- Вводятся только достаточно большие ограничения на длины отрезков сгустков возможных кандидатов.
- Длина отрезка кандидата зависит от наклона линии разметки.

# Аксиомы для определения кандидатов на части разметки в полосе

- Возможны кандидаты на части разметки в полосе могут как принадлежать поисковой решетке (являться базисными сгустками), так и быть доминируемыми сгустками.
- Кандидаты, принадлежащие ближайшим полосам как правило принадлежат решетке поиска
- В удаленных полосах кандидаты являются доминируемыми сгустками.
- В предположении, что соседние и покрывающие базисные сгустки принадлежат дороге, строится система аксиом, которым удовлетворяют кандидаты на части разметки.

# Примеры базисных сгустков и сгустков разметки



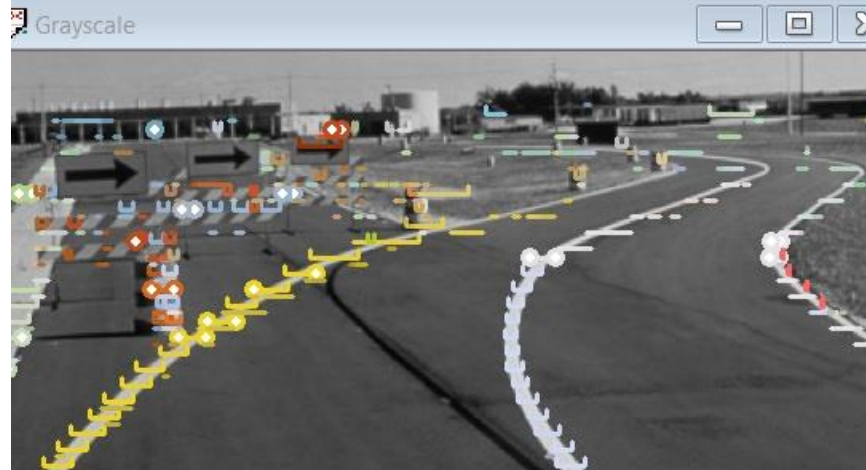
# Кандидаты на части желтой разметки



# Кандидаты на части белой и желтой разметок



# Изображение с желтой и белой разметкой



## Построение непрерывных цепочек кандидатов на часть разметки в полосах

- Строятся непрерывные цепочки кандидатов на части разметки в полосах.
- У непрерывных левых цепочек левые концы сгустков меняются непрерывным образом, у правых цепочек – правые концы. Если цепочка одновременно непрерывна как левая, так и правая – это хороший кандидат на часть реальной разметки.



# Левая непрерывная цепочка – часть разметки



## Правая непрерывная цепочка



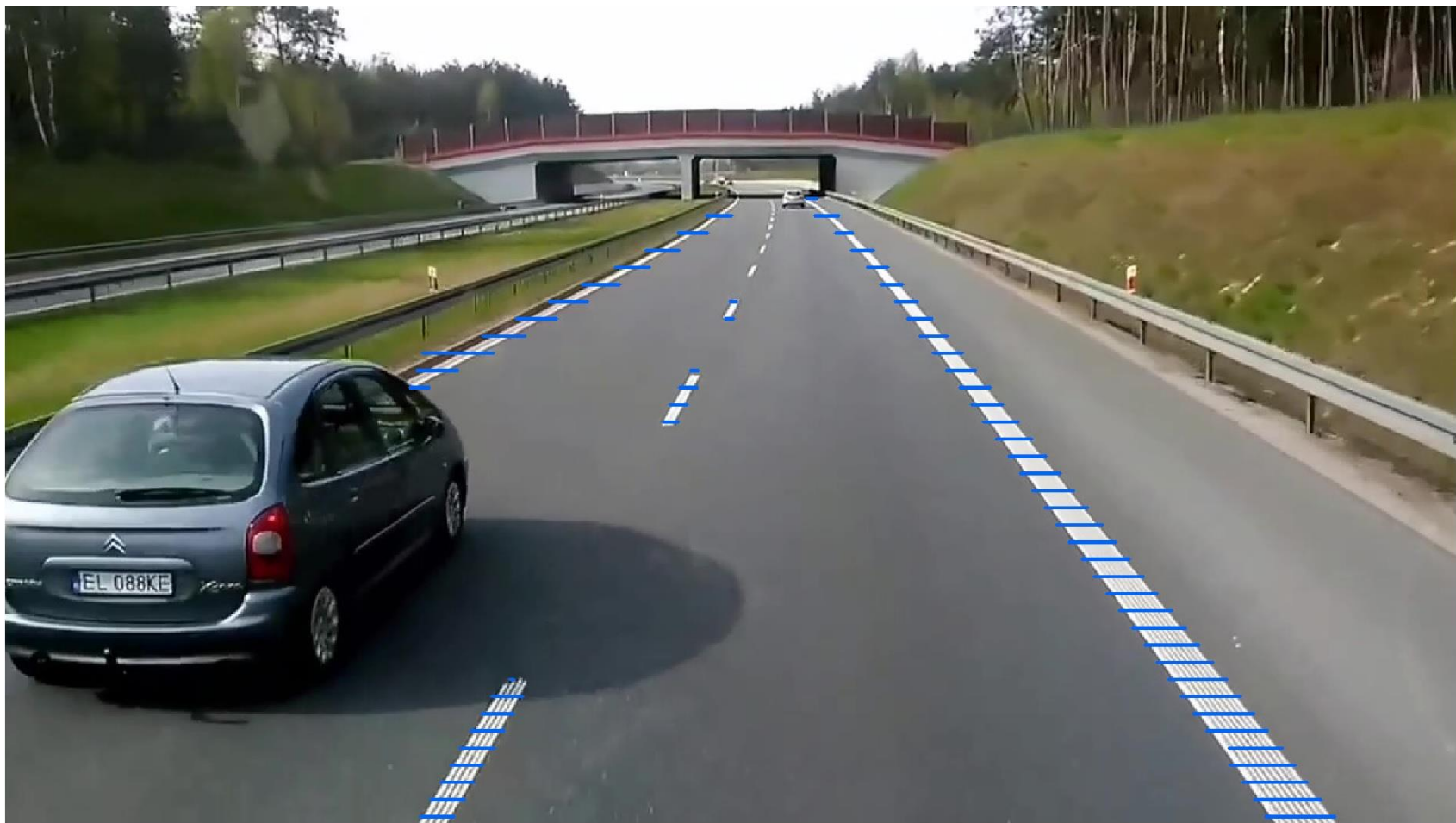
# Фальшивые кандидаты



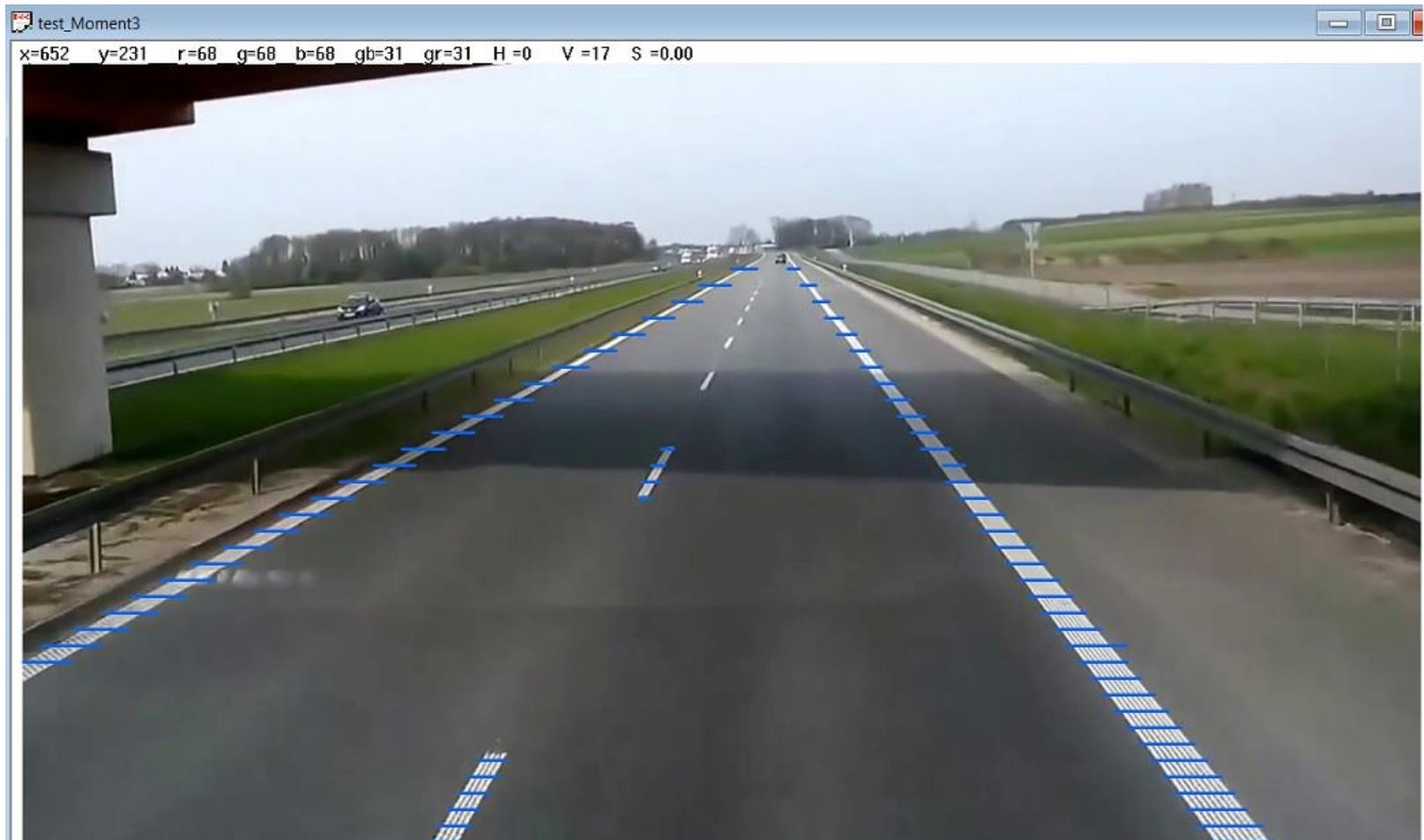
# Программа распознавания частей и их объединения

- Программа анализирует связь левых и правых непрерывных цепочек, построенных на почти одних кандидатах.
- Проверяет соответствия их поведения (угол наклона и т.д.
- Находит кандидатов на левую и правую сплошную разметки и проверяет соответствие других кандидатов на точку схода, наклон, яркостно-цветовые характеристики.
- Объединяет соответствующие части и определяет ближайшие слева и справа разметки и их характер (сплошная, прерывистая)

# Пример работы программы распознавания



# Пример работы программы распознавания



# Элемент протокола работы видео

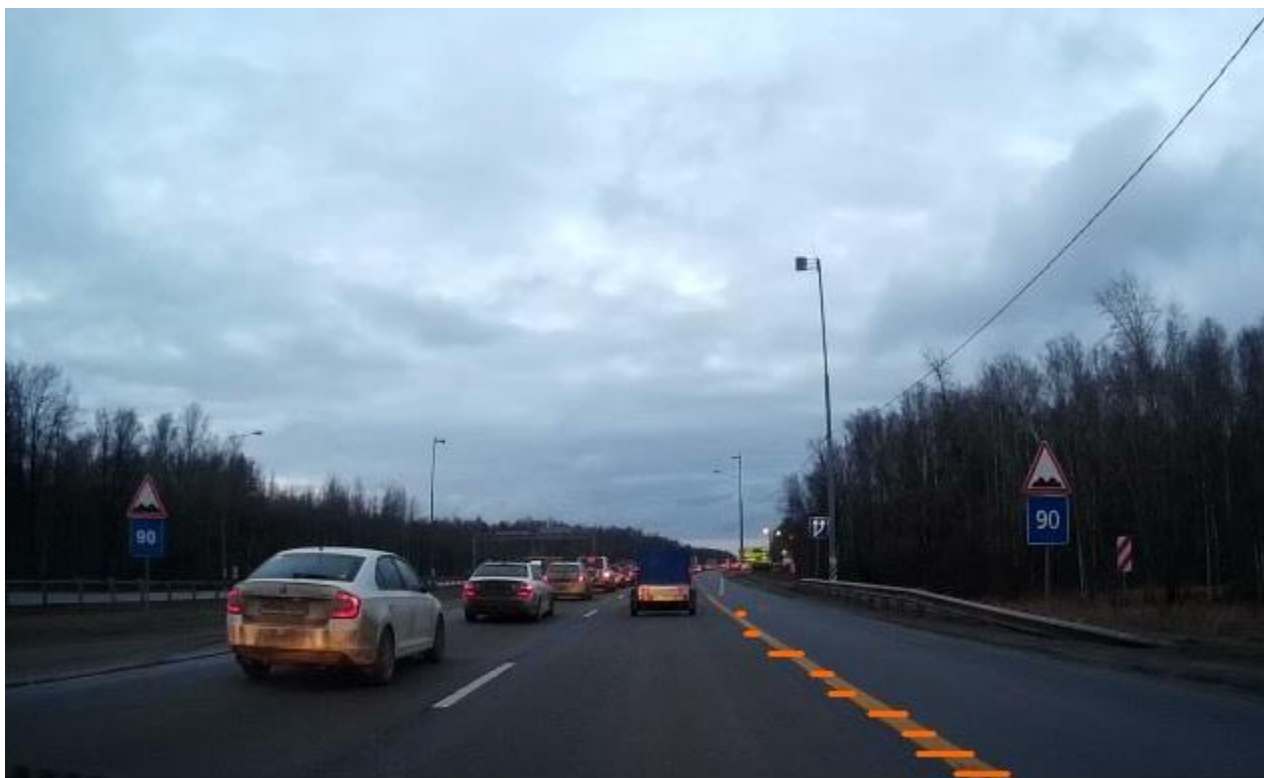


# Проезд под мостом





# Определение цветной разметки



# Main Results

- The methods of image analysis and a programming complex have been developed for constructing an image understanding system for real-time finding temporary and permanent road marking in color images and in video sequences of images of road scenes.
- The operation of the system has been tested for many images taken on various Russian roads. The results of processing were demonstrated.

Thank you for your attention!