

Система кругового обзора автомобиля

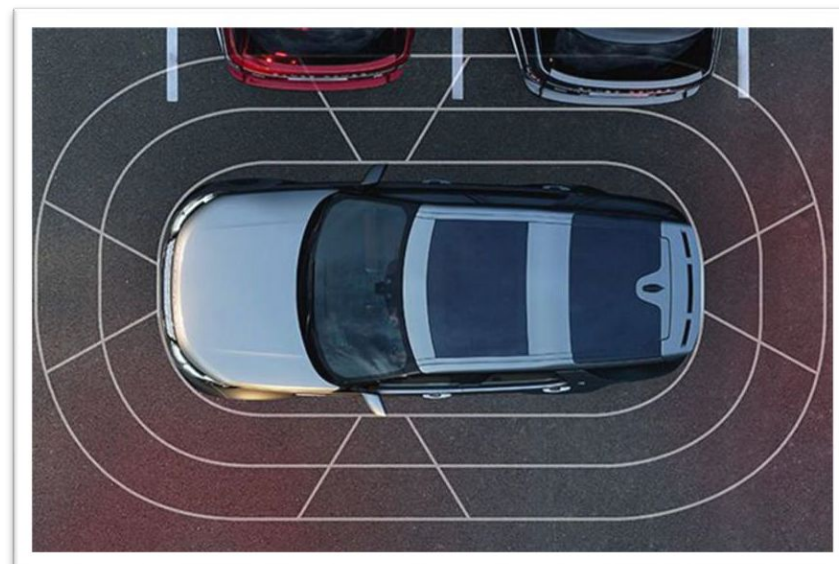
Назначение системы

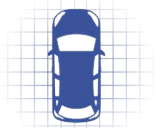
Autogramma

Система кругового обзора – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для формирования единого изображения окружающего пространства вокруг транспортного средства на основе данных от нескольких камер, установленных по его периметру

Основные задачи:

- 1 Обеспечить водителю помощь при маневрировании
- 2 Сформировать единое изображение пространства вокруг автомобиля
- 3 Обеспечить наглядную оценку расстояний и положения препятствий

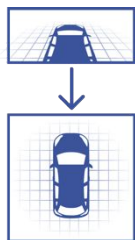




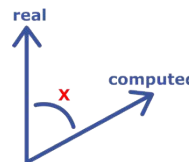
BEV-изображение (Bird's-Eye View) – изображение окружающей сцены в проекции сверху, позволяющее оценивать положение объектов вокруг автомобиля



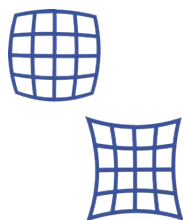
Аффинное преобразование – преобразование плоскости, при котором сохраняются прямые линии и параллельность, но могут изменяться углы и длины



IPM (Inverse Perspective Mapping) – метод преобразования перспективного изображения в вид сверху на основе параметров камеры и допущения о плоскости дороги



Ошибка репроекции – численный показатель точности калибровки камеры, отражающий расхождение между реальными и вычисленными координатами точек



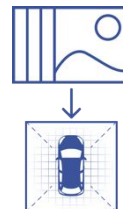
Дисторсия – геометрическое искажение изображения, возникающее из-за особенностей объектива и нарушающее прямолинейность линий



Регистрация изображений – процесс приведения изображений от разных камер к единой системе координат для их дальнейшего сопоставления



Гомография – проектное преобразование, связывающее координаты точек одной плоскости с координатами точек другой плоскости

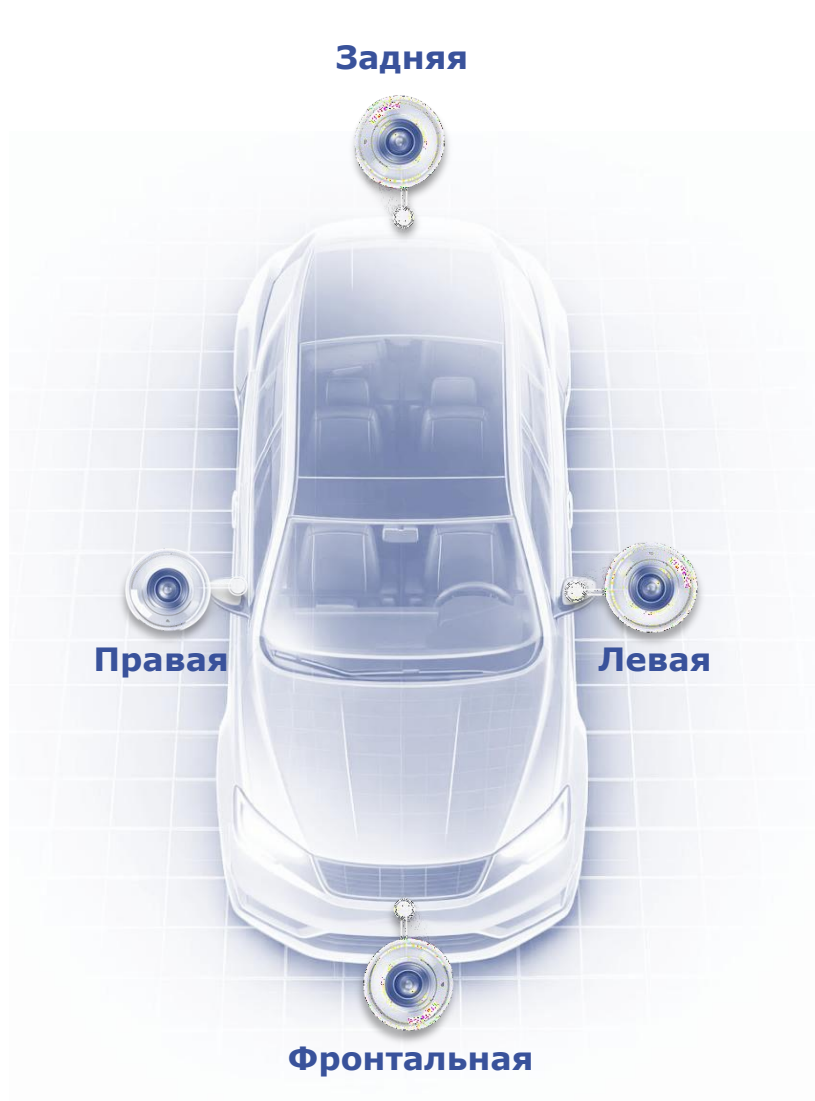


Сшивание изображений – объединение нескольких изображений в единое изображение с минимизацией видимых швов в зонах перекрытия

Архитектура системы кругового обзора

Autogramma

Базовая конфигурация камер. Функциональные подсистемы



- 1 Получение изображений**
Синхронный или квазисинхронный захват кадров с камер.
- 2 Калибровка**
Определение геометрических параметров каждой камеры.
- 3 Коррекция искажений**
Устранение оптических дефектов изображения.
- 4 BEV-преобразование**
Формирование вида сверху для каждой камеры.
- 5 Регистрация**
Устранение остаточных рассогласований между соседними изображениями.
- 6 Сшивание**
Формирование единого композитного изображения.
- 7 Постобработка и визуализация**
Наложение интерфейса и улучшение качества изображения.

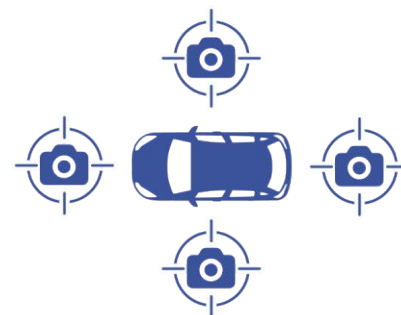
Этапы формирования итогового изображения

Autogramma

Подготовка системы и формирование основы итогового изображения

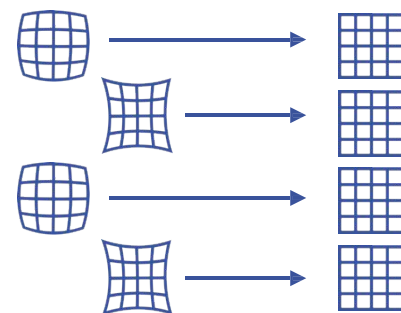
1 Калибровка

Определение внутренних и внешних параметров камер, а также коэффициентов дисторсии.
Калибровка выполняется по шахматному шаблону с последующей оценкой точности по ошибке репроекции.
Результат этапа — согласованная геометрическая модель всех камер относительно автомобиля.



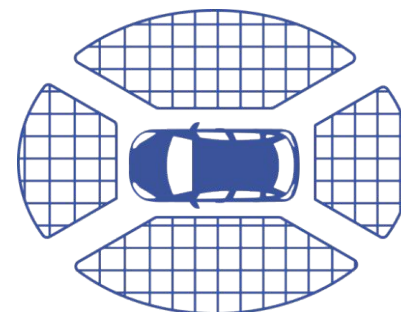
2 Коррекция искажений

После калибровки устраняется дисторсия, возникающая из-за широкоугольной оптики камер.
Преобразование выполняется по заранее рассчитанной модели искажений и подготавливает изображение к дальнейшему BEV-преобразованию.
Результат этапа — геометрически скорректированные кадры, в которых прямые линии и границы объектов отображаются более точно.



3 BEV / IPM

На следующем этапе перспективные изображения камер переводятся в BEV-изображение, то есть в представление вида сверху.
Преобразование выполняется с помощью IPM и гомографии относительно плоскости дороги, благодаря чему каждый кадр приводится к единой системе координат.
Результат этапа — отдельные локальные фрагменты вида сверху для каждой камеры.



Этапы формирования итогового изображения

Объединение и финальная подготовка итогового изображения

Autogramma

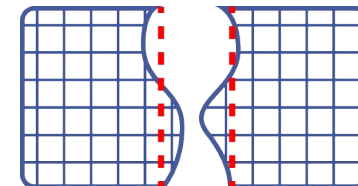
4

Регистрация

После BEV-преобразования соседние изображения всё ещё могут иметь остаточные смещения.

На этапе регистрации уточняется взаимное положение соседних BEV-изображений в зонах перекрытия.

Результат этапа — уменьшение остаточных рассогласований перед последующим объединением изображений.

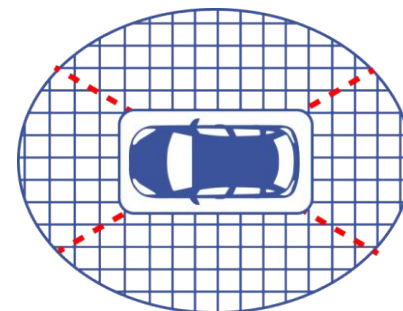


5

Сшивание

На этапе сшивания зарегистрированные BEV-изображения объединяются в единое композитное поле. При этом учитываются линии швов, маски доверия и методы смешивания в областях перекрытия.

Результат этапа — целостное панорамное изображение пространства вокруг автомобиля.



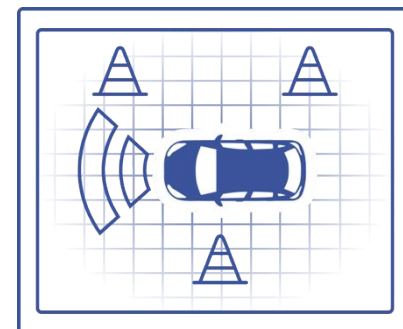
6

Постобработка

На этапе постобработки итоговое изображение подготавливается к отображению водителю.

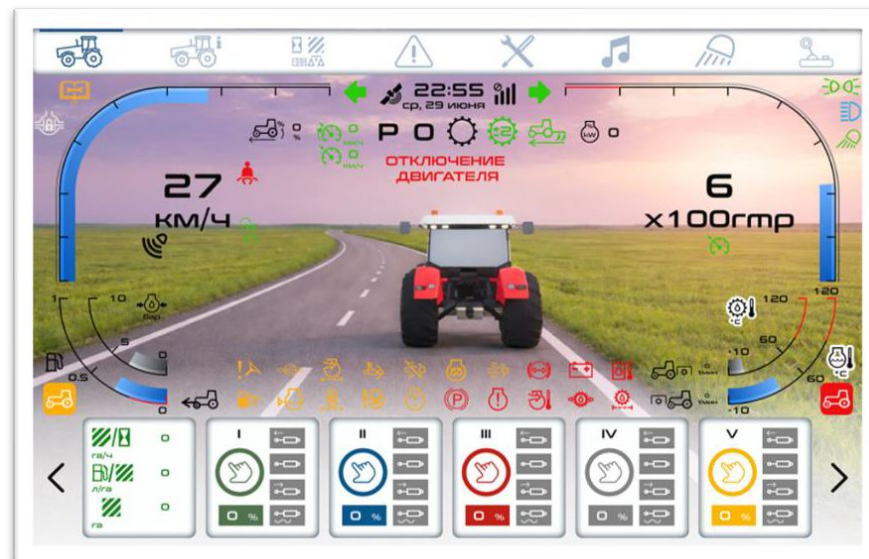
Здесь выполняется визуальное выравнивание результата и наложение графических элементов интерфейса.

Результат этапа — читаемое и информативное AVM-изображение, пригодное для практического использования.

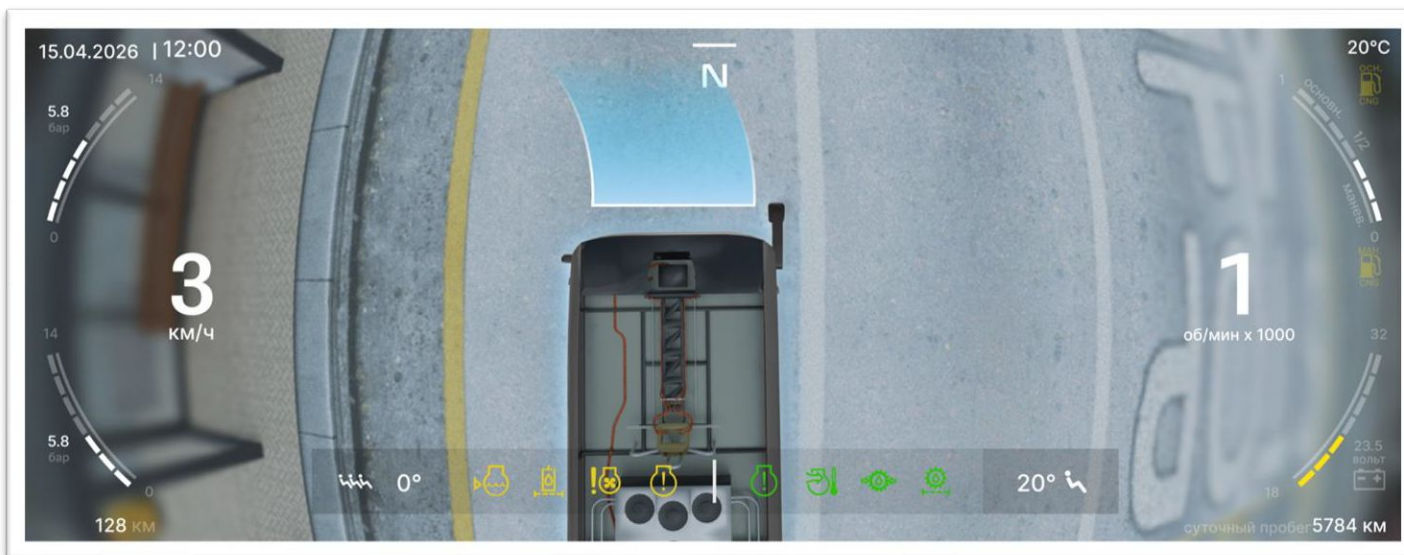
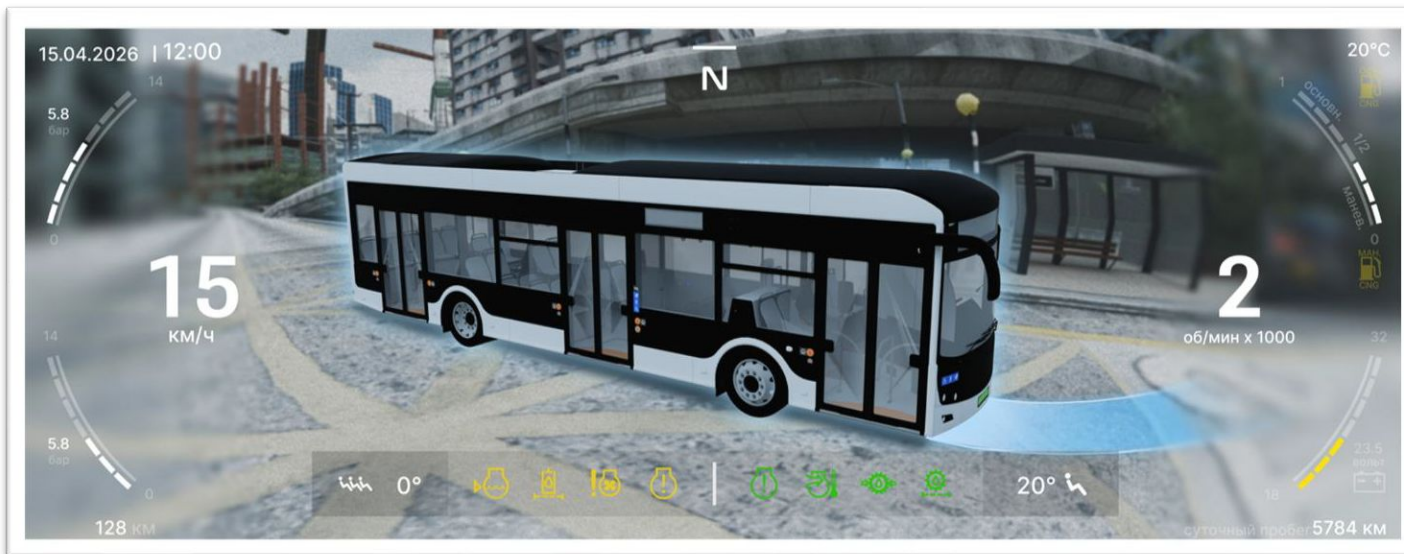


Среда Автограмма разработки графических приложений содержит возможности вывода изображений, текста, текстурированных линий и дуг, произвольной геометрии, поддержка шейдеров, полигональных сеток. Высокая производительность C++, OpenGL ES, ALSA и других низкоуровневых библиотек, а также таким оптимизациям, как буферная оптимизация (батчинг геометрии), использование текстурного атласа и частичное обновление экрана. Поддержка 3D сцены, загрузки 3D моделей, геометрии камер и освещения.

Это позволит провести интеграцию алгоритмов панорамного обзора и генерацию кода результирующих приложений.



Концептуальная визуализация системы кругового обзора Autogramma



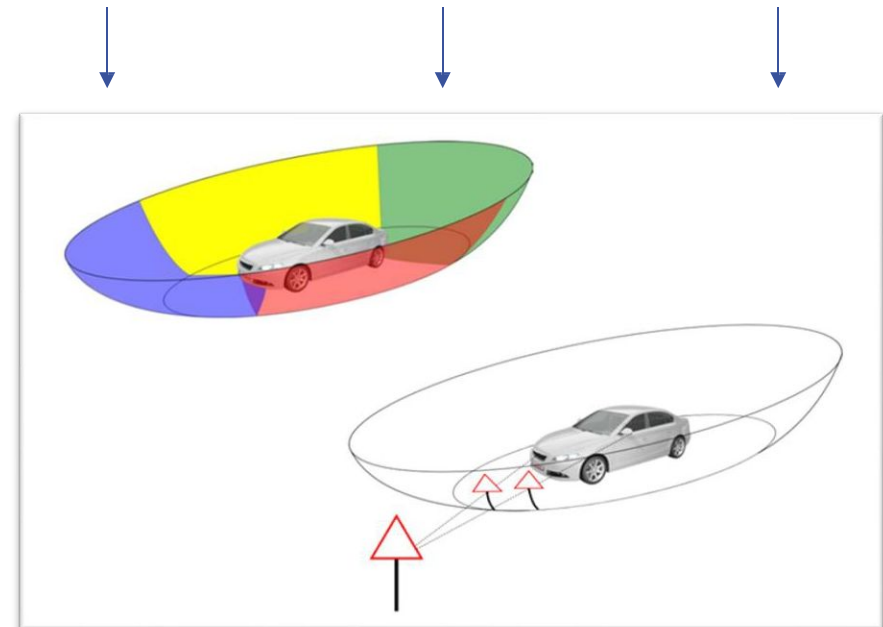
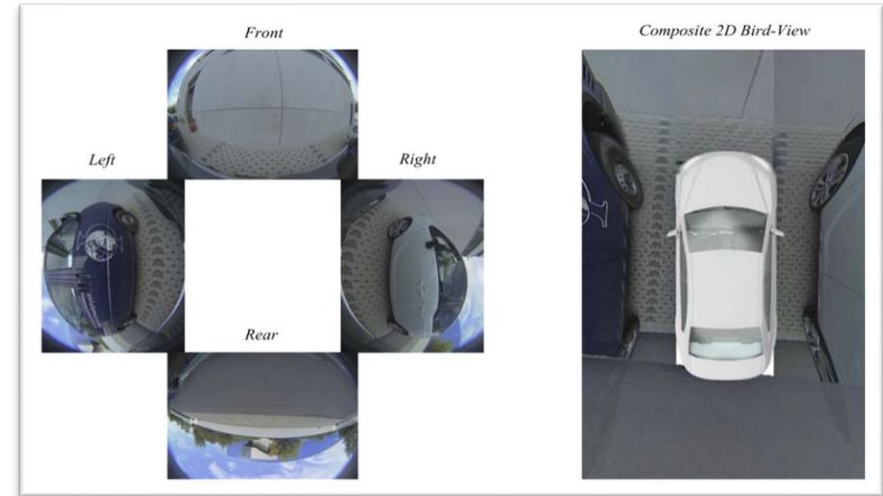
Проблема ограничения плоской модели сцены

Autogramma

IPM основан на предположении, что наблюдаемая сцена принадлежит плоскости дороги. В реальности это условие выполняется не всегда. Высокие объекты, неровности покрытия, наклонные съезды, бордюры и другие трёхмерные элементы сцены могут отображаться с искажениями.

Решение:

В текущем решении ограничение плоской модели частично уменьшается за счёт Bowl-модели. Дополнительно качество представления сцены может быть улучшено за счёт объединения камер с лидарами, радарными и ультразвуковыми датчиками.



Проблема чувствительности камер к калибровке

Autogramma

Качество итогового изображения напрямую зависит от точности калибровки камер. Даже небольшие ошибки в определении их положения и ориентации могут приводить к смещению объектов и заметным артефактам в BEV-изображении.

Решение:

В текущем решении точность обеспечивается предварительной калибровкой камер. Дополнительно устойчивость системы может быть повышена за счёт автоматической или периодической перекалибровки.



Проблема влияния освещения

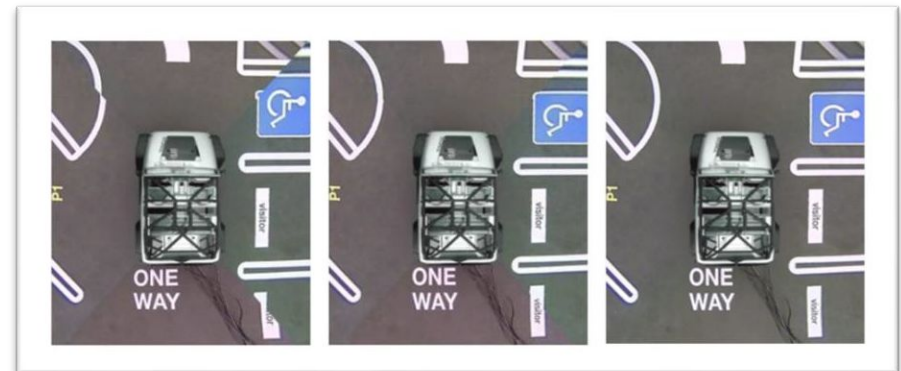
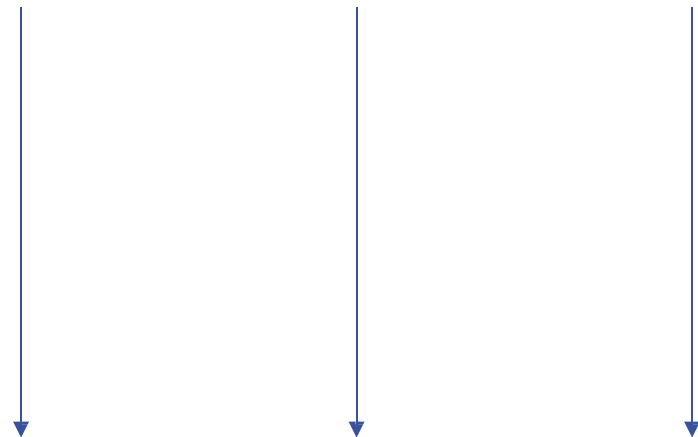
Различия в освещённости между сторонами автомобиля, а также блики, тени, дождь, снег и загрязнения на объективе могут ухудшать качество сшивания и восприятия итогового изображения.

Решение:

В текущем решении различия между изображениями учитываются на этапе сшивания.

Дополнительно качество изображения может быть улучшено за счёт адаптивной фотометрической коррекции и методов устранения швов.

Autogramma



Встроенные автомобильные платформы обладают ограниченными вычислительными ресурсами по сравнению с настольными системами. Поэтому алгоритм должен быть не только точным, но и оптимизированным по времени и памяти.

Решение:

В текущем решении часть вычислений может выполняться заранее, а область обработки ограничиваться. Производительность также может быть повышена за счёт распараллеливания и использования SIMD, GPU или специализированных вычислительных блоков.



Современные исследования в области систем кругового обзора направлены на повышение качества и интеллектуальности алгоритмов.

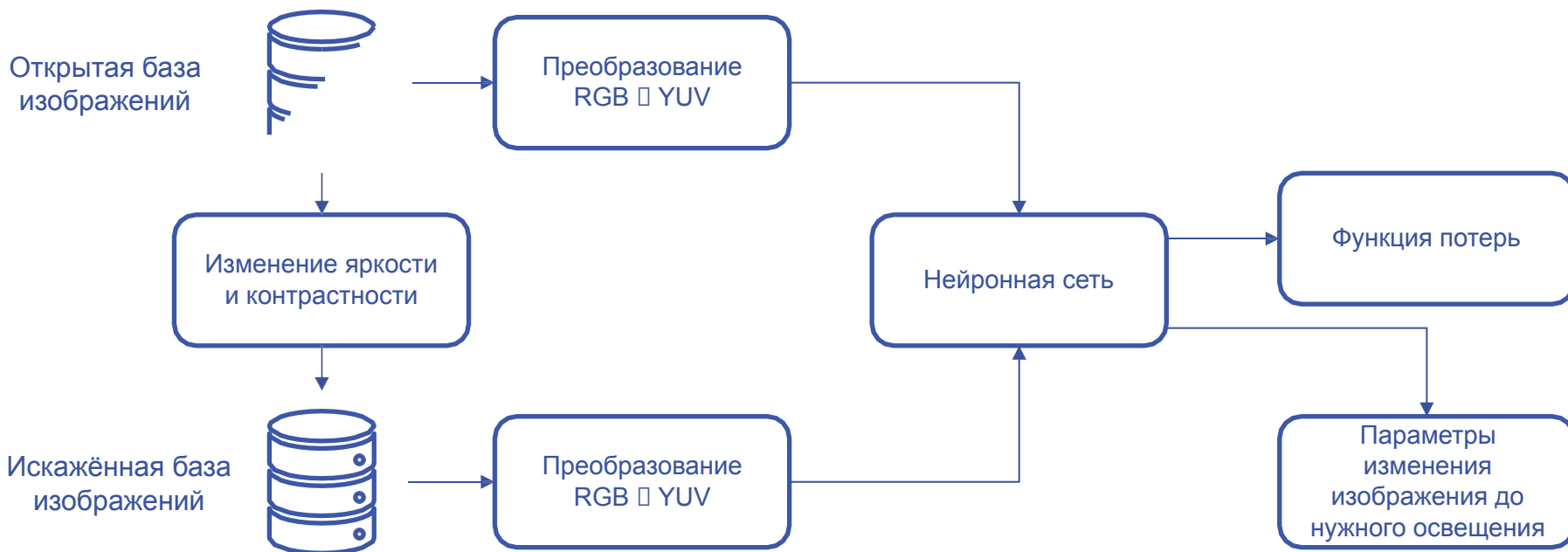
Возможные направления развития:

- Адаптивная фотометрическая коррекцию по освещенности
- Использование семантической информации в сцене
- Применение нейросетевых методов для устранения швов
- Построение не только BEV, но и 3D-представления окружающей среды
- Объединение данных с камер с ультразвуковыми датчиками, лидарами и радары
- Адаптация изображения к реальной кинематике автомобиля и отображению прогнозируемой траектории



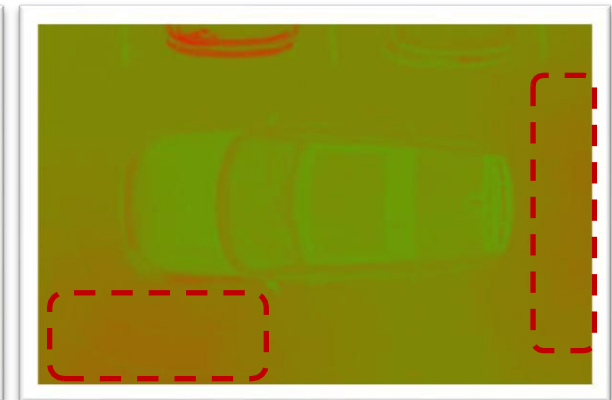
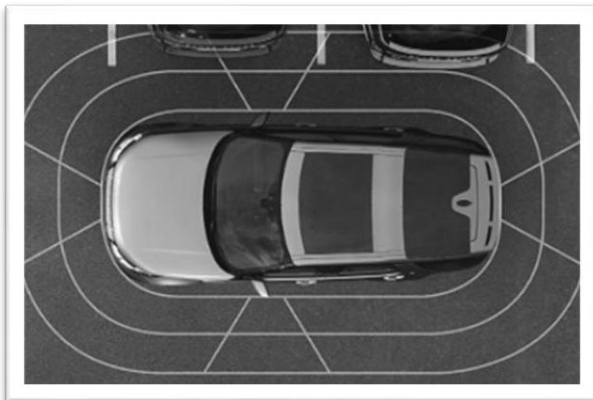
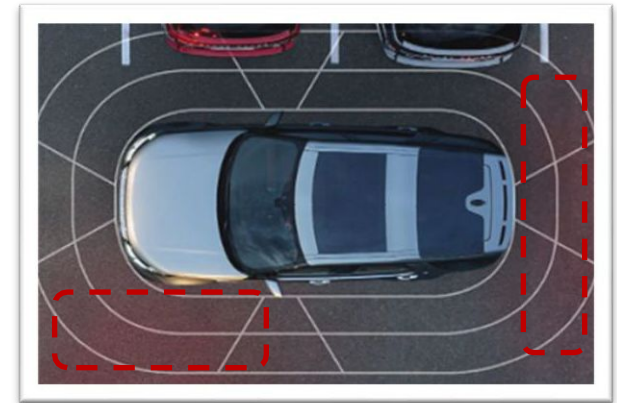
Решение на основе нейронной сети позволяет анализировать яркость и контрастность для каждой камеры, а также изменять её адаптивно в заданное значение, тем самым выравнивая освещённость между изображениями перед процессом сшивания. Процесс коррекции яркости и контрастности определяется линейной комбинацией компоненты Y при неизменных U и V:

$$Y' = \alpha Y + \beta$$



Ещё одна проблема в освещении связана с различной чувствительностью камер к свету, проявляющаяся в различии температуры цвета.

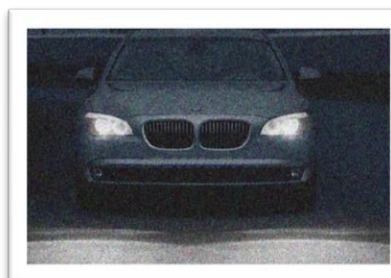
В склеенном изображении видно, что нижний левый и правый средний фрагменты, обладают смещением температуры цвета.



Аналогичные изменения могут быть выявлены как изменения температуры в одном из компонентов разложения YUV. Соответственно, их можно попробовать устранить.

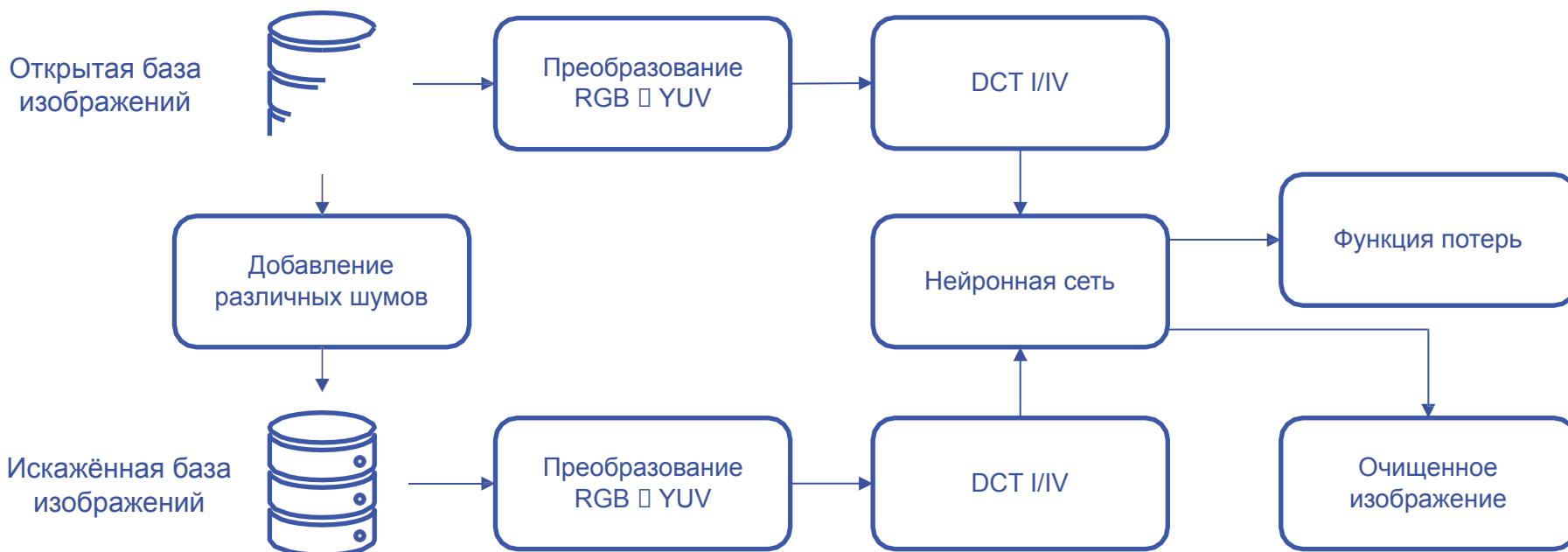
Основной принцип шумоподавления – поиск нестационарных составляющих, обычно предполагающий частотный анализ. В случае изображений, как правило, выполняется ортогональное преобразование ДКП с чтением змейкой по блокам:

$$X_k = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cos\left(ki \frac{\pi}{N-1}\right)$$



Цветовой шум

Подавление шума



Стандартные методы сшивания изображения:

- Поиск в местах перекрытия изображений особых точек (контрастные объекты) и сопоставление их для определения правильной линии сшивания
- Поиск пути для линии «разреза», проходящий по наименее заметным элементам – где разница между изображениями минимальна

Свойства:

- Необходимость идеальной калибровки
- Дрожание камер не компенсируется
- Вычислительно сложный эвристический алгоритм на CPU

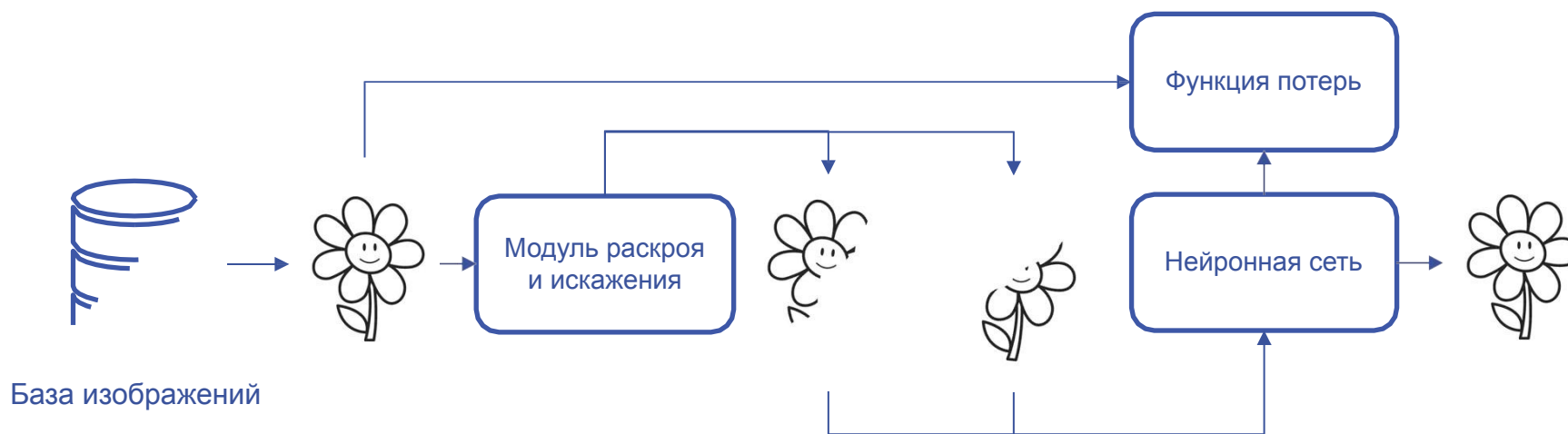


Предлагаемый метод сшивания изображения:

- Нейронная сегментация области перекрытия при помощи архитектур типа U-net/MobileNetV3
- Автоматическое совмещение изображений в результате обучения на искусственно разрезанных и искаженных изображениях

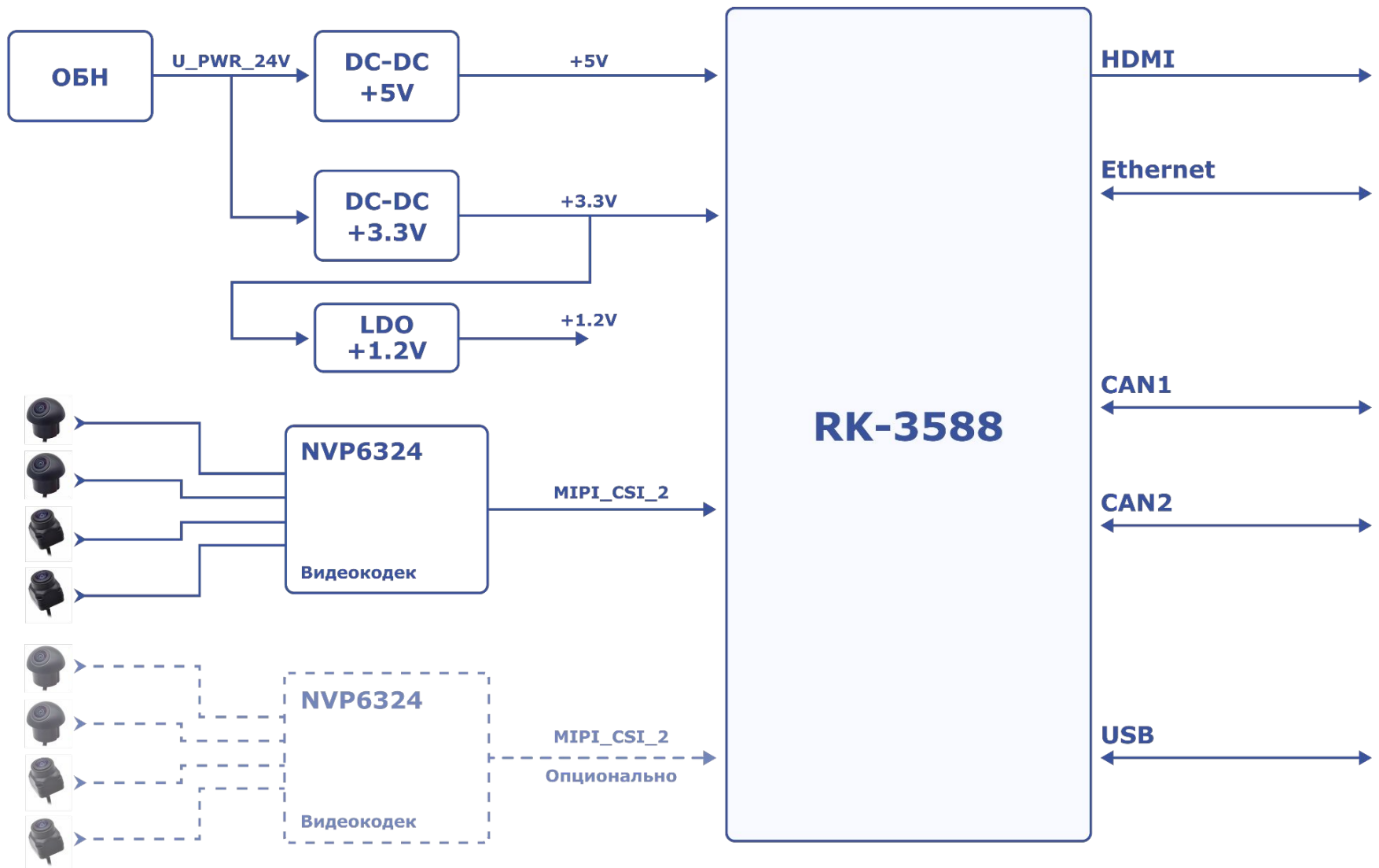
Свойства:

- Компенсация заводской калибровки на лету
- Нет проблемы дрожания
- Предсказуемая вычислительная сложность
- Возможность использования NPU



Структурная схема прототипа электронного модуля систем панорамного зрения

Autogramma



**Спасибо за Ваше
внимание**