

## МОДУЛЬ АДАПТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ НОЧНОЙ ДЕТЕКЦИИ ПЕШЕХОДОВ НА EDGE-УСТРОЙСТВАХ

Кривошеев Р.М. (СПбГМТУ)

Научный руководитель – старший преподаватель Сафронов К.С.  
(СПбГМТУ)

### Введение

Детекция пешеходов в условиях недостаточной видимости является важной задачей для безопасного дорожного движения и автономности автомобилей. Ночные условия создают совокупность факторов, влияющих на процесс детекции: низкий контраст между пешеходом и фоном, высокий уровень шума данных, полученных с матрицы камеры, засветки от встречных фар или уличного освещения и силуэтный характер изображений пешеходов.

В качестве решения рассматривается предварительная обработка изображений методами улучшения визуального качества; однако, как показано в настоящей работе, такой подход ухудшает качество машинной детекции. Современные методы совместной оптимизации улучшения детекции [1, 2] верифицируют перспективность end-to-end методов, однако использование тяжёлых модулей ограничивает развёртываемость на малых платформах. Обзор [3] подтверждает, что перцептивные метрики не коррелируют с качеством детекции, что формирует научную мотивацию исследования.

### Основная часть

Эксперименты проведены на датасете NightOwls. Было использовано 4000 обучающих, 800 валидационных изображений, разбитых на видеопоследовательности, чтобы исключить утечку данных. Базовый детектор YOLOv26n с 2,5 млн параметров и 5,2 GFLOPs обучен с оптимизатором AdamW и показал  $mAP_{50-95} = 0,392$  при времени инференса 2,1 мс на изображение.

Валидационная выборка обработана с помощью алгоритма CLANE и нейросетевого метода Zero-DCE++ [4]:

1. CLANE снизил  $mAP_{50-95}$  до 0,341, одновременно ухудшив точность и полноту.
2. Zero-DCE++ снизил  $mAP_{50-95}$  до 0,372, значительно ухудшив полноту.

Проведённым анализом были выявлены три причины: усиление шума при повышенных контрастах, доменный сдвиг распределения пикселей и несовпадение перцептивных критериев оптимизации с задачей обнаружения объектов.

На основании полученных результатов предлагается лёгкий дифференцируемый модуль, встраиваемый перед детектором и обучаемый совместно с ним. При этом градиент от функции потерь детекции проходит через оба компонента, в связи с этим модуль оптимизирует не визуальное качество изображения, а метрику обнаружения объектов. Рассматриваются три архитектуры модуля адаптации: поточечные кривые коррекции яркости, лёгкий свёрточный фильтр и блок канального внимания. Все варианты существенно экономичнее существующих решений [1, 2]. Точные числа параметров будут уточнены в ходе реализации.

### Выводы

Экспериментально установлено, что отдельная оптимизация визуального качества ночных изображений ухудшает детекцию пешеходов до 13,0% по  $mAP_{50-95}$ . Предложен подход end-to-end обучения лёгкого модуля адаптации совместно с детектором. Практическим применением является интеграция в автомобили с автопилотом и системы помощи водителю без замены базового детектора и без существенного увеличения

вычислительной нагрузки. Принцип распространяется на разные сценарии деградации изображений из-за внешних факторов и архитектуры детекторов.

#### **Литература**

1. Kim J. и др. Dark-YOLO: A Low-Light Object Detection Algorithm Integrating Multiple Attention Mechanisms // *Applied Sciences*. – 2025. – Т. 15, № 9. – С. 5170.
2. Chen Y. и др. Multi-Exposure Image Enhancement and YOLO Integration for Nighttime Pedestrian Detection // *Signal Processing: Image Communication*. – 2026.
3. Ye J. и др. Low-Light Image and Video Enhancement: A Comprehensive Survey and Beyond // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2025. – Т. 47, № 1. – С. 743–768.
4. Li C., Guo C., Loy C.C. Learning to Enhance Low-Light Image via Zero-Reference Deep Curve Estimation // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2022. – Т. 44, № 8. – С. 4225–4238.