

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРИ АРЕНДЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ ФОТООТЧЁТОВ

Ничипорчик К.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Бересневич А.И. – магистр техн. наук, ст. преп кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается идея разработки специализированной интеллектуальной подсистемы сервиса проката автомобилей, предназначенной для автоматического выявления и классификации повреждений транспортного средства по фотоотчётам арендатора. В фокусе находится не только детекция объектов повреждений на одном изображении, но и доказательная логика сравнения с последующей формализацией рекомендаций по разрешению споров. Предлагается использовать вероятностные методы оценки неопределённости модели для маршрутизации спорных кейсов к человеку-эксперту и сокращения вероятности ошибочного решения. Особое внимание уделяется сопоставлению фотоотчётов по фазам аренды, что позволяет снижать риск ложных выводов, связанных с различиями условий съёмки и фоновым износом. Результаты анализа предполагается представлять в виде структурированного заключения, пригодного для интеграции в учётные сущности поездки и повреждений в цифровом сервисе. Ожидаемый эффект внедрения – ускорение первичной обработки претензий и повышение прозрачности процедуры для арендатора при сохранении возможности ручной проверки в неоднозначных ситуациях.

Ключевые слова: аренда автомобилей, фотоотчёт, повреждения кузова, компьютерное зрение, мультимодальное сравнение «до/после», машинное обучение, оценка неопределённости, человек-в-цикле, активное обучение, разрешение споров.

Введение. В современных сервисах проката автомобилей ключевым элементом обеспечения доверия между арендодателем и арендатором является корректная фиксация состояния машины и понятная процедура обработки заявок о повреждениях. Обычно используются фотоотчёты: в начале аренды клиент предоставляет снимки ключевых зон кузова, а в конце аренды производится повторная фиксация. Далее применяется ручная проверка оператором или экспертом, что приводит к задержкам, затратам времени, субъективности и росту количества эскалаций в спорных ситуациях. При росте объёмов выдач и доли удалённых сценариев, ручная модель обработки становится узким местом, и стимулирует переход к полуавтоматизированным контурам с человеком в цикле.

Задача усложняется тем, что визуально однотипные артефакты могут возникать по причинам, не связанным с повреждениями: блики на лакокрасочном покрытии, грязь, изменения освещения, различия в угле съёмки и качестве камеры. Кроме того, в реальных эксплуатационных сценариях присутствуют элементы износа и пограничные случаи, где автоматическая система должна либо дать уверенный результат, либо распознать недостаток информации и корректно направить кейс на проверку.

Основная часть. В интеллектуальной детекции повреждений по фото и формировании структурированного результата, предлагается рассматривать фотоотчёт как набор изображений, распределённых по зонам кузова и фазам аренды. На первом этапе система должна выявлять повреждения на изображениях. Для этого применимы современные модели компьютерного зрения, обученные на данных именно по автомобильным повреждениям [1].

В отличие от универсальных детекторов, ориентированных на бытовые классы, специализированные модели используют датасеты, где разметка содержит типы повреждений: вмятины, царапины, трещины, разбитое стекло и т.п. [2]. Наличие таких датасетов и предварительно обученных моделей открывает возможность построения производственной

системы для классификации повреждений на каждом изображении и логической связки результатов между фазами [3].

Ключевая идея, заключается в следующем: система формирует карту согласованности доказательств между фазами и на её основе решает, является ли событие новым повреждением, вероятным доарендным состоянием или неоднозначным случаем. Такой подход позволяет перейти от отдельных распознаваний на снимках к целостному сценарию доказательства, который лучше согласуется с логикой в спорах о повреждениях.

Поскольку фото могут отличаться углом и освещением, система использует: метки фаз, а также привязку к зоне, оценку качества снимка, при необходимости – слабую геометрическую нормализацию, например, на основе ключевых ориентиров на кузове или принятой схемы съёмки.

Для каждой зоны система извлекает кандидатов повреждений на изображениях до и после. Далее выполняется сопоставление локальных областей по принципу совпадения: по типу повреждения, по близости или перекрытию локализаций, по устойчивости признаков.

Вместо бинарного правила на наличие повреждения вводится градуированная логика: если повреждение в зоне обнаружено после поездки, но отсутствует перед поездкой при низкой неопределённости и достаточной согласованности – статус: новое повреждение в поездке [4]. Если признаки повреждения видны и перед, и после поездки – статус: вероятное доарендное состояние. Если неопределённость высокая, например, возможны блики, грязь, низкое качество, несогласованные локализации – статус: на проверку экспертом.

Спорные кейсы автоматически отправляются оператору с подготовленным объяснимым пакетом: тип повреждения-кандидата, зона, сопоставление. Фиксация решения эксперта по таким кейсам создаёт обратную связь для последующего улучшения работы системы.

Практическая ценность решения проявляется в том, что алгоритм должен быть встроен в бизнес-поток: пользовательские фотоотчёты формируют набор изображений по фазам, бэкэнд инициирует анализ по завершении загрузки или в момент окончания поездки, результаты создают структурированные записи о повреждениях и статусы, при “неоднозначности” запускается процесс экспертной проверки.

Для поддержки разрешения спора важно, чтобы решение было привязано к: конкретной поездке, конкретной зоне или фрагменту кузова, конкретному типу повреждения, статусу уверенности или неопределённости.

Итогом является не просто картинка с рамкой, а управляемый набор данных, который можно использовать для: рекомендации по ответственности, эскалации оператору, формирования прозрачного отчёта арендатору, а при необходимости – сокращённого объяснения правил.

К преимуществам системы можно отнести: сокращение времени первичной обработки претензий за счёт автоматического этапа, снижение субъективности решений благодаря формализованным правилам доказательной логики и учёту неопределённости, повышение прозрачности для арендатора за счёт единого формата отчёта о сравнении фаз, снижение нагрузки на операторов.

Ряд работ и практических проектов в индустрии показывает, что автоматическая оценка состояния автомобиля по изображениям используется в смежных задачах: страховые оценки, инспекция автопарков и мониторинг автомобилей с пробегом. Для этого применяются специализированные датасеты и модели по анализу машин, включая детекцию, вмятины, царапины, разбитое стекло [5].

В то же время публикации, в которых детекция повреждений доводится до уровня процедуры разрешения спора с доказательной логикой сравнения, оценкой неопределённости и минимизации ложных выводов. Такие публикации и открытые продуктовые внедрения описаны в меньшей степени, что обуславливает актуальность предлагаемой интеграции методов компьютерного зрения в операционный контур проката. Предлагаемый подход делает шаг от распознавания дефекта к управляемой модели принятия решения в контуре сервиса аренды.

Заключение. Разработка интеллектуальной системы автоматической классификации повреждений и поддержки разрешения споров при аренде автомобилей на основе мультимодального сравнения фотоотчётов «до/после» является перспективным направлением повышения эффективности и доверия в сервисах проката. Предложенная новизна заключается в вероятностном механизме согласованности доказательств между фазами, использовании методов оценки неопределённости для снижения риска ошибочной атрибуции и применении активного дообучения на спорных кейсах. Это позволяет ускорить обработку претензий, сократить нагрузку на операторов и повысить прозрачность процесса для арендатора, сохраняя возможность экспертного контроля в неоднозначных ситуациях.

Список литературы

1. Егенбердиев Д.Ю., Тасполат Е.А. Разработка системы обнаружения повреждений автомобиля с использованием свёрточных нейронных сетей / Д.Ю. Егенбердиев, Е.А. Тасполат // Актуальные исследования. – 2022. – № 26 (105). – С. 6–15.
2. Тарасова М., Филькин Н., Юртиков Р. Бесконтактная автоматизированная экспресс-оценка повреждений кузова автомобиля по визуальным параметрам / М. Тарасова, Н. Филькин, Р. Юртиков // НАУКА и ТЕХНИКА. – 2019. – Т. 18, № 6. – С. 471–475. – DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-6-471-475.
3. Wang X., Li W., Wu Z. CarDD: A New Dataset for Vision-based Car Damage Detection. (электронный ресурс): <https://cardd-ustc.github.io/> (дата обращения: 06.03.2026).
4. Roboflow Universe. Car Damage Images Dataset (scratch, dent, broken glass u др.). <https://universe.roboflow.com/car-damage-kadad/car-damage-images> (дата обращения: 06.03.2026).
5. Hugging Face. [vineetsarpal/yolov11n-car-damage](https://huggingface.co/vineetsarpal/yolov11n-car-damage) – car damage detection (14 damage categories). <https://huggingface.co/vineetsarpal/yolov11n-car-damage> (дата обращения: 06.03.2026).

UDC 004.942

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR AUTOMATIC CAR-DAMAGE CLASSIFICATION AND DISPUTE SUPPORT USING MULTIMODAL PHOTO COMPARISON WITH UNCERTAINTY ESTIMATION AND ACTIVE LEARNING

Nichyporchyk K.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Beresnevich A.I. – Master ofTech. Sci., Senior Lecturer at the Department of PICS

Annotation. The article discusses the idea of developing a specialized intelligent subsystem for a car rental service designed to automatically detect and classify vehicle damage based on renters' photo reports. The focus is not only on detecting damage objects in a single image, but also on an evidentiary comparison logic with subsequent formalization of recommendations for dispute resolution. It is proposed to use probabilistic methods for estimating model uncertainty to route ambiguous cases to a human expert and reduce the likelihood of erroneous decisions. Particular attention is paid to matching photo reports across rental phases, which helps lower the risk of false conclusions related to differences in shooting conditions and background wear. The analysis results are expected to be presented as a structured assessment suitable for integration into trip and damage records in a digital rental service. The expected benefit of deployment is faster primary processing of claims and greater transparency of the procedure for the renter, while retaining the possibility of manual review in ambiguous situations.

Keywords: car rental, photo report, vehicle body damage, computer vision, multimodal before/after comparison, machine learning, uncertainty estimation, human-in-the-loop, active learning, dispute resolution.