E-ISSN: 2997-9382
American Journal of Technology Advancement
https://semantjournals.org/index.php/AJTA

| Research Article

Check for updates

Идентификация И Классификация Транспортных Средств Нового Поколения Для Таможенных Целей На Основе Технологий Искусственного Интеллекта

Хамроев Улугбек Рустамович
Д.ф.т.н. (PhD), доцент, Таможенный институт, Таможенного комитета Республики Узбекистан
uzbekiston@inbox.ru

Аннотация

С ростом объемов международной торговли и увеличением потока транспортных средств через границы, эффективные методы идентификации и классификации автомобилей становятся критически важными для таможенных органов. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) открывают новые возможности для автоматизации и повышения точности процессов контроля, что в свою очередь способствует улучшению безопасности и ускорению обработки грузов. Данная статья рассматривает существующие методы и технологии, используемые для идентификации транспортных средств, а также исследует направления их дальнейшего развития с учетом потребностей таможенной сферы.

Ключевые слова: Идентификация транспортных средств, классификация, искусственный интеллект, машинное обучение, рентгеновская визуализация, глубокое обучение, безопасность на таможне.

This is an open-access article under the CC-BY 4.0 license

Введение

Таможенные органы играют ключевую роль в обеспечении безопасности на границах. В последние годы наблюдается значительный прогресс в применении технологий искусственного интеллекта для автоматизации процессов идентификации и классификации автомобилей. Это позволяет не только сократить время обработки грузов, но и повысить точность и надежность контроля. В статье рассматриваются основные достижения в этой области, включая использование рентгеновских технологий, алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения.

Современные технологии идентификации

Существует различные подходы и технологии, используемые для инспекции и мониторинга транспортных средств.

Современные системы инспекции транспортных средств становятся все более важными для обеспечения безопасности на дорогах и повышения эффективности контроля.

Исследование охватывает разнообразные методы, включая автоматизированные и ручные подходы, используемые в различных контекстах, таких как контроль на таможне, дорожные проверки и техническое обслуживание.

Основные методы инспекции

1. Визуальная инспекция: Это самый традиционный метод, который включает проверку состояния автомобиля вручную. Инспекторы могут выявлять видимые повреждения, утечки или несоответствия.
2. Использование рентгеновских технологий: Рентгеновские системы позволяют исследовать внутренние компоненты транспортного средства без необходимости его разборки. Это особенно полезно для выявления скрытых объектов или потенциальных угроз, таких как контрабанда.
3. Системы автоматического распознавания номеров (ANPR): Эти системы используют камеры и программное обеспечение для автоматического считывания номерных знаков автомобилей. Это облегчает идентификацию транспортных средств и может использоваться для мониторинга передвижения автомобилей в реальном времени.
4. Датчики и сенсоры: Установка различных сенсоров на транспортных средствах позволяет собирать данные о состоянии автомобиля в реальном времени. Например, датчики давления в шинах и системы мониторинга выбросов помогают обеспечить соблюдение норм безопасности и экологии.
5. Машинное обучение и компьютерное зрение: Современные методы машинного обучения используются для анализа данных, собранных с помощью камер и сенсоров. Например, алгоритмы могут обучаться на большом количестве изображений автомобилей, чтобы распознавать и классифицировать их.

Развитие автоматизированных систем идентификации транспортных средств опирается на несколько ключевых направлений, включая машинное обучение, компьютерное зрение и рентгеновские технологии. Рассмотрим наиболее значимые исследования и методы, применяемые в данной области.

Методы машинного обучения

Одним из популярных направлений является применение машинного обучения для автоматизированной классификации транспортных средств. В статье **[1]** "Vehicle Classification Using Machine Learning Algorithms" анализируются алгоритмы машинного обучения, используемые для распознавания автомобилей на основе их визуальных характеристик.

Разработка системы, способной классифицировать автомобили по их характеристикам, таким как марка, модель и тип, используя изображения, что позволит повысить эффективность работы таможенных служб и правоохранительных органов.

Методология: Исследование использует предобученные свёрточные нейронные сети (CNN), которые являются стандартом в области обработки изображений. Эти нейронные сети позволяют извлекать важные визуальные характеристики из изображений автомобилей. Кроме того, в статье рассматривается использование генетических алгоритмов для оптимизации параметров моделей, что улучшает качество классификации **[2].**

Применение в рентген-изучении электромобилей

CNN могут быть полезны для анализа рентгеновских снимков электромобилей. Например:

- Обнаружение повреждений батареи: алгоритм может выявить трещины или перегрев элементов.
- Диагностика структуры проводки: сеть может распознавать дефекты в изоляции.
- Выявление коррозии или деформаций: с помощью сравнения снимков до и после эксплуатации можно определить износ деталей.

CNN работают по принципу извлечения признаков, последовательного их упрощения и классификации. Они широко применяются в компьютерном зрении: от распознавания лиц и автономного вождения до диагностики заболеваний по рентгеновским снимкам и анализа структуры электромобилей.

Следующий этап — это набор данных: для обучения и тестирования моделей используется набор данных Stanford Cars, содержащий изображения 196 различных классов автомобилей. Данные проходят предварительную обработку для улучшения качества и уменьшения шумов, что критически важно для успешного обучения моделей

[3] Набор данных Stanford Cars

Stanford Cars – это набор данных, созданный для задач машинного обучения, связанных с классификацией автомобилей. Он содержит изображения различных моделей машин и используется для тренировки нейросетей, способных различать автомобили по внешнему виду.

- Разработан в 2013 году исследователями Stanford AI Lab.
- Датасет включен в популярные базы для машинного обучения, такие как TensorFlow Datasets и PyTorch Datasets.

Количество 196 классов выбрано не случайно:

- Оно соответствует разным маркам и моделям автомобилей, продаваемым в США. Набор данных Cars содержит 16 185 изображений 196 классов автомобилей. Данные разделены на 8144 обучающих изображения и 8041 тестовое изображение, где каждый класс разделен примерно поровну 50-50. Классы обычно находятся на уровне марки, модели и года, например, Tesla Model S 2012 года или купе BMW M3 2012 года.
- Это оптимальное число, чтобы сбалансировать разнообразие данных и сложность классификации.
- Например, в наборе есть такие модели:
- Tesla Model S
- BMW X5
- Ford Mustang
- Honda Accord

Volvo XC90 SUV 2007 (194)

Suzuki SX4 Hatchback 2012 (182)

Volkswagen Golf Hatchback 1991 (190)

HUMMER H2 SUT Crew Cab 2009 (124)

Plymouth Neon Coupe 1999 (171)

Hyundai Santa Fe SUV 2012 (130)

Chevrolet Corvette ZR1 2012 (55)

Bentley Arnage Sedan 2009 (39)

Acura TL Sedan 2012 (2)

Этот список был составлен так, чтобы включить популярные автомобили разных категорий, а не просто произвольный набор машин.

Основная цель – развитие технологий компьютерного зрения. Этот датасет применяется для:

- Обучения нейросетей для автоматической классификации автомобилей.
- Разработки автоматизированных систем контроля на дорогах (например, автоматического распознавания автомобилей на парковках или платных трассах).
- Анализа изображений с камер наблюдения для идентификации транспортных средств.
- Исследований в области автономного вождения, где важно точно определять тип автомобилей на дороге.

Результаты: В ходе экспериментов наиболее успешной моделью оказалась кубическая SVM (Support Vector Machine), которая продемонстрировала высокую точность классификации на уровне 99,7%. Это свидетельствует о том, что выбранные алгоритмы и архитектура сети успешно справляются с задачами классификации автомобилей.

Применение: Результаты исследования имеют важное значение для систем мониторинга дорожного движения, автоматического распознавания автомобилей и могут быть полезны для таможенных целей, позволяя быстрее и точнее определять тип транспортных средств.

Будущие направления: Авторы подчеркивают необходимость дальнейших исследований, направленных на улучшение точности классификации и расширение базы данных, что поможет адаптировать систему к различным условиям и типам транспортных средств.

Современные интеллектуальные транспортные системы (ITS) требуют точных и надежных методов распознавания транспортных средств. Эти технологии играют ключевую роль в управлении дорожным движением, обеспечении безопасности и развитии автономных автомобилей. Статья **[4] «Real-Time Vehicle Make and Model Recognition System»** посвящена разработке эффективной системы для автоматического определения **марки, модели и поколения (года выпуска) автомобилей** в реальном времени.

Авторы предлагают использовать комбинацию методов машинного обучения и компьютерного зрения. Основные этапы работы системы:

Сбор и обработка изображений.

Используется набор данных с изображениями автомобилей под разными углами и при различных условиях.

Применяется предварительная обработка: устранение шума, нормализация и сегментация транспортного средства.

Когда система анализирует изображение автомобиля, оно может быть нечетким, затемненным или с лишними объектами (дорога, здания, другие машины). Поэтому перед распознаванием проводится **предварительная обработка**, которая помогает улучшить качество изображения и выделить сам автомобиль.

Устранение шума

Изображения могут содержать **помехи** (шум) из-за плохой погоды, освещения или качества камеры. Если шум не убрать, система может неправильно распознать марку или модель машины.

Размытие Гаусса – сглаживает изображение, чтобы убрать мелкие помехи, но оставляет основные формы.

Медианный фильтр – убирает резкие точки (артефакты), не размывая границы автомобиля.

Нормализация (Выравнивание яркости)

Фотографии машин могут быть сделаны в разных условиях – в солнечный день, ночью, в тени. Из-за этого одни изображения выглядят темными, другие слишком яркими. Нормализация приводит все изображения к **общему уровню яркости и контрастности**, чтобы система могла легко их анализировать.

Изменяют диапазон яркости пикселей, чтобы изображения были **одинаково освещены**.

Улучшают контраст, чтобы автомобиль **четче выделялся** на фоне.

Сегментация (Выделение автомобиля)

На фото машины часто есть лишний фон: дорога, деревья, здания. Чтобы алгоритм не путался, система выделяет **только сам автомобиль**.

Как выделяют машину?

- ✓ **Черно-белый фильтр** – отделяет автомобиль от фона по яркости.
- ✓ **Обнаружение контуров** – выделяет границы машины.

- ✓ **Глубокие нейросети (например, YOLO)** – обучены распознавать машины и обрезать лишний фон.

Извлечение признаков

[5] Используются методы выделения контуров и ключевых точек (например, HOG – Histogram of Oriented Gradients).

HOG – это метод обработки изображений, который выделяет **особенности (фичи) объекта** по его **градиентам и контурам**. Он широко применяется в компьютерном зрении для **распознавания объектов**, включая детекцию людей, автомобилей и других объектов.

HOG анализирует изображение следующим образом:

Разбивает изображение на маленькие области (ячейки).

Например, делит картинку на квадраты размером 8×8 пикселей.

Находит градиент в каждой ячейке.

- ✓ Градиент – это направление, в котором изображение меняет яркость.
- ✓ Вычисляется разница яркости между соседними пикселями

Строит гистограмму направлений градиентов.

Для каждой ячейки определяется, в какую сторону идут градиенты (угол).

Эти углы группируются в **гистограмму**, показывающую, какие направления преобладают.

Объединяет гистограммы в один вектор признаков.

Это делает возможным сравнение изображений, основываясь на их формах и контурах.

Рассматриваются характерные детали, такие как фары, решетка радиатора, эмблемы и формы кузова.

Классификация автомобиля.

Применяются алгоритмы машинного обучения, такие как Random Forest (RF).

Случайный лес (Random Forest, RF) – это метод машинного обучения, который используется для классификации и предсказания. Он состоит из множества независимых моделей, каждая из которых анализирует данные и делает свой прогноз.

Формирование множества моделей (ансамбля).

Вместо того чтобы использовать одну модель, Random Forest создает множество независимых моделей. Эти модели строятся на основе различных подмножеств исходных данных.

Обучение каждой модели на случайных данных.

Каждая модель обучается на случайном подмножестве данных. Это означает, что разные модели видят разные части информации, что снижает вероятность ошибки и переобучения.

Принятие решения на основе голосования.

После обучения все модели делают свои предсказания. Затем их результаты объединяются по принципу голосования:

Для классификации – выбирается наиболее часто встречающийся ответ среди всех моделей.

Для предсказания числовых значений – вычисляется среднее значение всех предсказаний.

Устойчивость к ошибкам.

Поскольку алгоритм использует сразу несколько моделей, он становится более устойчивым к выбросам в данных и случайным ошибкам.

Входное изображение сравнивается с эталонными данными, после чего система определяет марку, модель и год выпуска.

Результаты исследования

Заключение

Система распознавания транспортных средств на рентгеновских снимках инспекционно-досмотровых комплексов (ИДК) требует надежных методов машинного обучения. **[6]** Random Forest (RF) – один из таких методов, способный эффективно обрабатывать изображения и выявлять закономерности. Его применение в этой области охватывает несколько ключевых задач:

1. Классификация объектов на рентгеновском изображении.

RF обучается на базе рентгеновских снимков различных типов автомобилей (легковые, грузовые, автобусы и т. д.).

В процессе предсказания модель анализирует изображение и определяет, к какой категории относится транспортное средство.

2. Выделение контуров транспортного средства и его частей.

Входной рентгеновский снимок проходит предварительную обработку (устранение шумов, сегментация).

Используя RF, система может обнаруживать и выделять ключевые части автомобиля (кузов, багажник, колеса, топливный бак).

3. Поиск аномалий и скрытых предметов

Система обучается на изображениях нормальных автомобилей и автомобилей с контрабандой.

RF анализирует снимки и выявляет нестандартные плотности и объекты, которые могут указывать на скрытые грузы, оружие, запрещенные вещества.

4. Определение марки и модели автомобиль.

На основе базы данных рентгеновских снимков различных моделей RF помогает системе распознавать марку и модель по характерным признакам (расположение компонентов, форма кузова, особенности каркаса).

Анализируя изученные статьи, можно сделать несколько важных выводов:

Технологии машинного обучения, включая Random Forest, уже находят применение в анализе рентгеновских снимков транспортных средств. Они помогают автоматизировать процесс идентификации и обнаружения аномалий.

Несмотря на успехи, существует ряд ограничений. Например, современные методы не могут точно определять тип топлива автомобиля (электрический, водородный и т. д.) только по рентгеновскому изображению.

Развитие технологий и алгоритмов машинного обучения может привести к появлению более совершенных методов. В будущем, с улучшением качества рентгеновских снимков и увеличением обучающих баз данных, можно ожидать создания более точных систем идентификации автомобилей.

Эффективное применение искусственного интеллекта в процессе идентификации и классификации транспортных средств может значительно повысить точность, безопасность и эффективность таможенного контроля, минимизируя влияние человеческого фактора.

Ссылки на статьи:

1. **Shin, M., Kim, D., Kwon, K., Choi, H.** Vehicle Type Classification Using Deep Learning Algorithms // Procedia Manufacturing. Elsevier. **2020. Т. 51, стр. 564-571.**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896320312532
2. **Свёрточная нейронная сеть** Свёрточные нейронные сети и их применение в компьютерном зрении // Википедия – свободная энциклопедия. **2024.** https://ru.wikipedia.org/wiki/Свёрточная_нейронная_сеть
3. **Li, J.** Stanford Cars Dataset:/. **2021.** https://www.kaggle.com/datasets/jessicali9530/stanford-cars-dataset.
4. **Arefi, M., Rashid, M., Yusof, M.** Real-Time Vehicle Make and Model Recognition System: // ResearchGate. **2019.** https://www.researchgate.net/publication/332484058_Real-Time_Vehicle_Make_and_Model_Recognition_System.
5. **Medium – Analytics Vidhya.** Introduction to Histogram of Oriented Gradients // Medium. **2020.**https://medium.com/analytics-vidhya/a-gentle-introduction-into-the-histogram-of-oriented-gradients-fdee9ed8f2aa.
6. **ScienceDirect – Elsevier.** Random Forest in Engineering: // ScienceDirect Elsevier. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/random-forest.