

Ссылка для цитирования этой статьи:

Цзи Илунь, Уманская О.Л. Инновационные технологии обнаружения объектов в реальном времени для автомобилей без водителя на основе конволюционной нейронной сети // Human Progress. 2024. Том 10, Вып. 6. URL: http://progress-human.com/images/2024/Tom10_6/Ji.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2024-6a-14.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ БЕЗ ВОДИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ КОНВОЛЮЦИОННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Цзи Илунь

магистр

Институт Электроника и Телекоммуникации Информационные
технологии и система связи

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Уманская Ольга Леонидовна

кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики

Тюменский индустриальный университет

г. Тюмень, Российская Федерация

Аннотация. Качественное инновационное развитие в сфере автомобилестроения предопределило концепцию статьи, которая посвящена использованию сверточных (конволюционных) нейронных сетей (CNN) для обнаружения объектов в автономных транспортных средствах. Объект исследования – инновационное развитие автомобилестроения. Предмет исследования – инновационные технологии. Цель исследования – раскрыть концепцию и содержание инновационных технологий обнаружения объектов в реальном времени для автомобилей без водителя на основе конволюционной нейронной сети. Разработка беспилотных автомобилей включает в себя различные исследования и задачи на начальном этапе, конкретно в этой статье авторы предоставили информацию о достигнутых за последнее время улучшениях, о разработке новых ресурсов для автономных транспортных средств, а также объясняем технические и нетехнические проблемы и задачи, с которыми разработчики автономных транспортных средств столкнутся в будущем.

Ключевые слова: инновационные технологии, автоматизированные транспортные средства, нейронная сеть, автономные автомобили.

Введение

Развитие цифровых инновационных технологий во всех сферах общественной жизни повлияло на все спектры человеческого опыта. В данной статье рассмотрено применение инновационных технологий в области транспорта (автомобилей без водителя), в которых обнаружение объектов является ключевым элементом, необходимым для функционирования большинства компьютеров, управляющих автоматизированными транспортными средствами. Обнаружение и отслеживание объектов имеет широкое применение, и в нашей статье мы подробно рассматриваем, как использовать сверточной (конволюционной) нейронной сети (CNN) для решения этой задачи в контексте автономных транспортных средств. Автомобиль, управляемый искусственным интеллектом имеет потенциал для решения проблем дорожного движения с помощью CNN, но в настоящее время полная автономность транспортных средств пока не достигнута и современные CNN приблизили к технологическому прорыву и коммерческой реализации. CNN состоят из искусственных нейронов, которые обучаются с использованием заранее заданных правил, которые определяют, будет ли нейронная сеть выдавать результат при получении определенного набора входных данных. CNN анализирует различные видеокadres, полученные с дороги, которые могут включать разные сценарии, такие как столкновения, пустые дороги, движение транспорта и т. д. и на основе анализа CNN выдает соответствующие инструкции автомобилю, такие как торможение, ускорение, снижение скорости и т. д.

Методология исследования

Автомобиль с автоматическим управлением можно определить как транспортное средство, которое способно передвигаться без участия человека, который представляет собой сложную комбинацию датчиков, камер, искусственного интеллекта и других технологий [1]. Для того, чтобы считаться полностью автономным, транспортное средство должно иметь возможность перемещаться без участия человека к заданному месту назначения по дорогам большинство из которых не обладают цифровой инфраструктурой [2]. Автономные автомобили обладают рядом коммерческих преимуществ по сравнению с традиционными транспортными средствами, среди которых снижение расходов за счет меньшего потребления топлива, повышение безопасности, расширение мобильности, а также повышение удовлетворенности клиентов. Одним из наиболее значимых преимуществ использования автомобилей с автоматическим управлением является существенное снижение количества дорожно-транспортных происшествий, так как устраняется человеческий фактор [3]. В большинстве систем автономного вождения обнаружение объектов является одной из наиболее важных задач, поскольку эта задача позволяет автомобилю контролировать и

избегать препятствий, именно поэтому необходим максимально точный алгоритм обнаружения объектов.

Для понимания концепции обнаружения объектов необходимо начать с рассмотрения классификации изображений, которая проходит через несколько уровней технологически возрастающей сложности:

1. Классификация изображений направлена на отнесение изображения к одной из нескольких категорий (например, автомобиль, дерево, животное, человек и т.д.), что позволяет ответить на вопрос: Что изображено на этой картинке? - для одного изображения определяется только одна категория.

2. Локализация объектов - обнаружение объектов позволяет определить местоположение объекта на изображении, поэтому вопрос меняется на вопрос: Что это и где оно находится?

3. Обнаружение объектов предоставляет инструменты для поиска всех объектов на изображении и рисования так называемых ограничивающих рамок вокруг них.

В реальных условиях нам необходимо найти не один, а несколько объектов на одном изображении - беспилотный автомобиль должен определять местоположение других автомобилей, деревьев, светофоров, животных, знаков, людей и принимать соответствующие действия на основе полученной информации. Также существует задача точного определения границ объектов, что называется сегментацией экземпляра.

Автономное транспортное средство состоит из нескольких датчиков, которыми можно управлять с помощью различных алгоритмов, которые используют разные технологии.

Сравнение алгоритмов машинного обучения в навигации беспилотных автомобилей SVM, ANN-MLP и CNN-LSTM [4], [5]:

SVM (Support Vector Machine) - это мощный алгоритм машинного обучения, обладающий способностью решать задачи как классификации, так и регрессии, который работает путем построения линейных или нелинейных гиперплоскостей, которые разделяют данные на различные категории, а для упрощения сложных пространств признаков SVM использует функцию ядра.

ANN-MLP (Artificial Neural Network - Multilayer Perceptron) - это искусственная нейронная сеть, относящаяся к непараметрическим оценщикам, которая широко применяется для решения задач классификации и обнаружения объектов, состоящая из нескольких слоев нейронов, которые обрабатывают информацию, проходящую через сеть.

Сверточная нейронная сеть с долговременной кратковременной памятью (CNN-LSTM)

- это комплексная модель, специально разработанная для решения задач классификации, состоящая из пяти основных слоев, каждый из которых выполняет определенную функцию:

- Этап свертки, который используется для извлечения признаков из входных данных.

- Этап детектора, выполняющий детектирование ключевых элементов, полученных на этапе свертки.

- Этап объединения, который сводит информацию, полученную на предыдущих этапах, в единый вектор признаков.

- Этап LSTM, который используется для обработки временных зависимостей в данных, что позволяет модели "запоминать" предыдущую информацию.

- Преобразует вектор признаков в выходной сигнал, который представляет собой прогноз модели.

Сравнивая алгоритмы машинного обучения: SVM, ANN-MLP и CNN-LSTM в разных сценариях и на разных скоростях, можно сделать вывод, что процент точности алгоритма CNN-LSTM является наиболее эффективным не только в условиях отсутствия препятствий, но и при их наличии на трассах различной сложности [6], [7].

Способность обнаруживать линии полос движения является ключевой для любого беспилотного транспортного средства, по параметрам оптимальности и эффективности часто используют метод OpenCV [8] для определения линий полос движения на дороге, которые использует входные изображения для поиска любых линий полос движения и визуализации полосы движения и для этого используются инструменты OpenCV, такие как:

- Выбор цвета, который идентифицирует пиксели на изображении, которые соответствуют заданному цвету или цветовому диапазону.

- Выбор области интереса, что позволяет выбрать прямоугольник на изображении, обрезать прямоугольную область и отобразить обрезанное изображение.

- Масштабирование серого, где преобразуется изображение из разных цветовых пространств (RGB, CMYK и т. д.) в оттенки серого.

- Сглаживание Гаусса - сворачивает изображение с помощью математического фильтра, удаляя высокочастотные элементы.

- Обнаружение краев Кэнни, которое используется для обнаружения краев на изображении, принимая изображение в оттенках серого в качестве входных данных.

- Обнаружение линий преобразования Хафа - метод, который используется для обнаружения любых форм, которые могут быть представлены математически.

Алгоритм работает поэтапно, чтобы обнаружить сегменты линий на изображении, затем усреднить/экстраполировать их и нарисовать на изображении для визуализации.

Результаты исследований

Создание беспилотного автомобиля требует реализации ключевой функции – обнаружения объектов в окружающей среде, для чего используются различные датчики, каждый из которых использует свой собственный метод обнаружения объектов. В Сверточные нейронные сети (CNN) играют важную роль в этой технологии – рисунок 1.

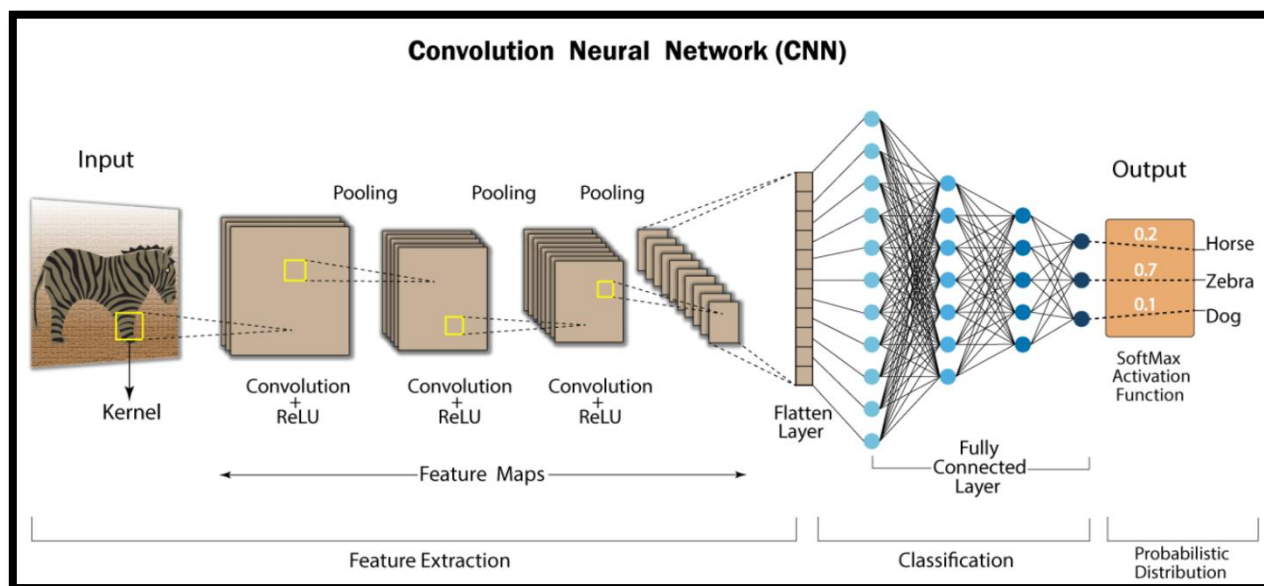


Рисунок 1. Сверточные (конволюционные) нейронные сети (CNN)

Источник: составлено авторами по данным https://i2.wp.com/miro.medium.com/1*b5-ZBUKQ3bA7Q5Ga9ETeLg.png.

Обнаружение объектов включает в себя различные методы, такие как извлечение признаков из изображения, извлечение значений RGB и создание ограничивающей рамки. Традиционные методы компьютерного зрения, используемые для обнаружения и распознавания дорожных знаков, требуют трудоемкой ручной обработки для извлечения важных признаков с изображений [9]. Методы обучения глубоких нейронных сетей требуют больших объемов данных и сложных операций умножения матриц, что требует значительной вычислительной мощности. Для решения этой проблемы используются сверточные нейронные сети (CNN), которые доказали свою эффективность и быстрдействие в задачах компьютерного зрения, так как CNN отличаются легкостью и скоростью обучения на изображениях по сравнению с традиционными моделями.

Предварительная обработка данных включает два этапа:

1. Изменение размера изображений, когда каждое изображение преобразуется в установленный размер, чтобы сохранить целостность изображения и избежать излишнего сжатия данных.

2. Дополнения изображений, что позволяет модели обнаружить больше признаков на изображениях, уменьшая количество признаков и время выполнения.

Архитектура CNN состоит из трех типов слоев:

1. Сверточный слой - вычисляет скалярное произведение между ядром и подмассивом входного изображения, формируя значение одного пикселя выходного изображения и процесс повторяется, пока не будет обработано все входное изображение.

2. Слой активации - применяет функцию активации ReLU ($\max(0, x)$) к выходному изображению.

3. Слой объединения - выполняет понижающую выборку по ширине и высоте изображения, уменьшая его размер.

Полностью связанный слой, который вычисляет оценку класса для каждой категории классификации, то есть CNN преобразует исходное изображение поэтапно, от исходных значений пикселей к конечным значениям класса.

Сверточные и полносвязные слои реализуют постоянную функцию, параметры которой не обучаются, а обучение параметров на сверточном слое происходит с помощью оптимизатора градиентного спуска. Применение сверточных нейронных сетей для распознавания дорожных знаков позволяет создать эффективную модель, которая автоматически определяет наиболее подходящие признаки для решения этой задачи. Использование большого набора данных и оптимизация процесса обучения гарантируют высокую точность и быстрое действие модели.

Для автоматического мониторинга и управления светофорами используется высокоскоростная камера, работающая со скоростью 500 кадров в секунду, которая позволяет получить пять изображений за один период мигания лампы, система обнаружения состоит из шести модулей:

1. Загружает изображения с камеры.

2. Полосовой фильтр через фильтрование изображения для выделения частот, соответствующих миганию светофора.

3. Бинаризация - оценивает состояние динамики светофора (амплитуду мигания, смещение и фазу) с помощью фильтра Калмана, который определяет подходящий порог для бинаризации отфильтрованного изображения и бинаризует его.

4. Буферизация - передает изображение с более сильными сигналами, чем предыдущие изображения, для улучшения качества распознавания.

5. Обнаружение - извлекает контуры из пикового бинаризованного изображения, используя размер и форму для отсеивания неверных кандидатов.

6. Классифицирует цвет лампы с использованием контуров и изображений RGB.

Данная система позволяет эффективно отслеживать состояние светофоров и принимать соответствующие решения для управления транспортным средством.

Заключение

В настоящее время многие страны работают над разработкой автономных транспортных средств, поэтому инновационное развитие автомобилестроения каждой страны в автомобильной промышленности определяется прогрессом, достигнутым в области автономного транспортного средства.

Список литературы

1. Bathla G. et al. Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities // *Mobile Information Systems*. 2022. Т. 2022. № 1. С. 7632892.
2. Atakishiyev S. et al. Explainable artificial intelligence for autonomous driving: A comprehensive overview and field guide for future research directions // *IEEE Access*. 2024.
3. Chu Y., Liu P. Human factor risks in driving automation crashes // *International Conference on Human-Computer Interaction*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. С. 3-12.
4. Ehtearm M. et al. Predicting hydropower production using deep learning CNN-ANN hybridized with gaussian process regression and salp algorithm // *Water Resources Management*. 2023. Т. 37. № 9. С. 3671-3697.
5. Mohammed S. et al. Machine learning driven forecasts of agricultural water quality from rainfall ionic characteristics in Central Europe // *Agricultural Water Management*. 2024. Т. 293. С. 108690.
6. Buyuk C., Arican Alpay B., Er F. Detection of the separated root canal instrument on panoramic radiograph: a comparison of LSTM and CNN deep learning methods // *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023. Т. 52. № 3. С. 20220209.
7. Syed M. A. B., Ahmed I. A CNN-LSTM architecture for marine vessel track association using automatic identification system (AIS) data // *Sensors*. 2023. Т. 23. № 14. С. 6400.
8. Lyle J. C. Developing Detection and Mapping of Roads within Various Forms of Media Using OpenCV. 2023.

9. Сунь Сянго, Мамлеева Э.Р. Новая эра китайско-российской торговли новыми энергетическими автомобилями: возможности, вызовы и стратегии развития // Дискуссия. 2024. № 7. С. 153-158.

INNOVATIVE REAL-TIME OBJECT DETECTION TECHNOLOGIES FOR DRIVERLESS CARS BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Ji Yilun

Master

Institute of Electronics and Telecommunications Information Technology and
Communication System

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg, Russian Federation

Umanskaya Olga Leonidovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Applied Mechanics,
Tyumen Industrial University
Tyumen, Russian Federation

Abstract. The qualitative innovative development in the automotive industry predetermined the concept of the article, which is devoted to the use of convolutional (convolutional) neural networks (CNNs) for object detection in autonomous vehicles. The object of the study is innovative development in the automotive industry. The subject of the study - innovative technologies. The purpose of the study is to reveal the concept and content of innovative real-time object detection technologies for driverless cars based on convolutional neural network. The development of unmanned vehicles involves various research and challenges in the initial stage, specifically in this paper, the authors have provided information about the recent improvements, the development of new resources for autonomous vehicles, and explain the technical and non-technical issues and challenges that the developers of autonomous vehicles will face in the future.

Key words: innovative technologies, automated vehicles, neural network, autonomous vehicles.

References

1. Bathla G. et al. Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities // Mobile Information Systems. 2022. Vol. 2022. № 1. P. 7632892.
2. Atakishiyev S. et al. Explainable artificial intelligence for autonomous driving: A comprehensive overview and field guide for future research directions // IEEE Access. 2024.
3. Chu Y., Liu P. Human factor risks in driving automation crashes // International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. P. 3-12.
4. Ehtearm M. et al. Predicting hydropower production using deep learning CNN-ANN hybridized with gaussian process regression and salp algorithm // Water Resources Management. 2023. Vol. 37. № 9. P. 3671-3697.
5. Mohammed S. et al. Machine learning driven forecasts of agricultural water quality from rainfall ionic characteristics in Central Europe // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 293. P. 108690.

6. Buyuk C., Arican Alpay B., Er F. Detection of the separated root canal instrument on panoramic radiograph: a comparison of LSTM and CNN deep learning methods // *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023. Vol. 52. № 3. P. 20220209.
7. Syed M. A. B., Ahmed I. A CNN-LSTM architecture for marine vessel track association using automatic identification system (AIS) data // *Sensors*. 2023. Vol. 23. № 14. P. 6400.
8. Lyle J. C. Developing Detection and Mapping of Roads within Various Forms of Media Using OpenCV. 2023.
9. Sun Xianguo, Mamleeva E.R. The new era of Sino-Russian trade in new energy vehicles: opportunities, challenges and development strategies // *Discussion*. 2024. № 7. P. 153-158.