

НЕЙРОЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ МОДЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ В ГЕНЕРИРУЕМЫХ 2D И 3D СИМУЛЯЦИЯХ ДОРОЖНОГО ОКРУЖЕНИЯ

К. В. Клименко

*Белорусский государственный университет, г. Минск;
klimenko.kirill.01@gmail.com;
науч. рук. – А. Э. Малевич, канд. физ.-мат. наук, доц.*

В статье описывается реализованный проект по созданию эффективных и реалистичных моделей беспилотных автомобилей и их испытанию в симуляциях дорожного окружения и парковочной зоны. Для обучения моделей использовались знания и методы Искусственного Интеллекта: машинное зрение, машинное обучение, анализ данных.

Ключевые слова: нейронные сети, компьютерная математика, 2D- и 3D-моделирование, беспилотные системы, компьютерная симуляция, машинное обучение.

ВВЕДЕНИЕ

Беспилотные автомобили представляют собой интеграцию множества технологий, включающих: высокоточные датчики и высокочувствительные сенсоры, обеспечивающие локализацию транспортного средства и восприятие окружающей среды в реальном времени, алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, используемые для планирования сложных многоуровневых сценариев вождения и построения индивидуальных решений на их основе, а также клиентские, аппаратные и облачные платформы, выполняющие функции обработки и хранения распределённых данных и объединяющие все технические составляющие беспилотника для удовлетворения требований бесперебойного функционирования и производительности, высокоуровневой безопасности и надёжности.

На сегодняшний день представлено множество моделей беспилотных автомобилей (см. рис. 1) и связанных с ними технологий от разных компаний, некоторые модели пока находятся в стадии проектирования или тестирования. Тем не менее, многие сопутствующие технологии пока недостаточно доступны производителям и потребителям. Решение этой проблемы требует времени и работы по совершенствованию методов автоматизации.

Многочисленные технологии принятия поведенческих решений строятся на основе методологий глубокого обучения и искусственного интеллекта: CNN, RNN, DRL и нейроэволюционных алгоритмов.

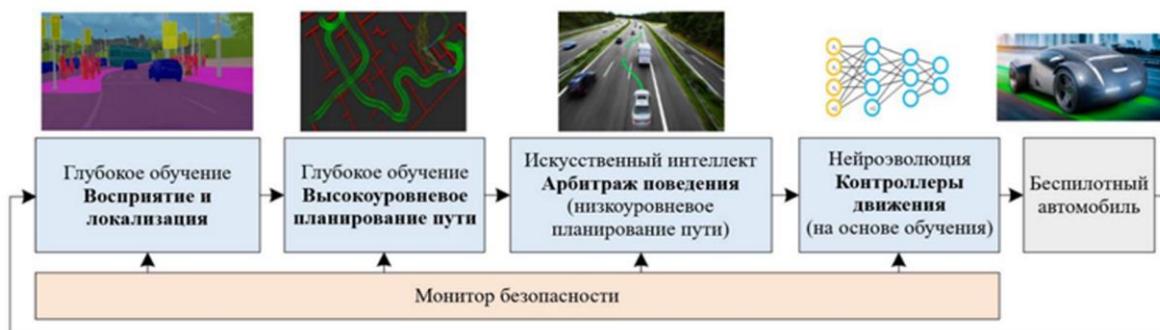


Рис. 1. Алгоритмические модули беспилотного автомобиля

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Автором реализован проект «Car-Autopilot», в котором представлены методы обучения моделей автономного вождения с использованием нейроэволюционных алгоритмов, методов глубокого обучения и дополненной реальности, а также их реализация в двух- и трёхмерных симуляциях. Полная документация и реализация проекта доступна в публичном GitHub-репозитории [1] под открытым лицензированием GNU GPL v3.0.

Проект условно можно подразделить на четыре части:

1. Обзор, в котором изложены результаты теоретических исследований: развитие, технологии беспилотных автомобилей и методы глубокого обучения, подходящие для их обучения.

2. Беспилотное вождение. Обучение беспилотных моделей транспортных средств с использованием нейроэволюционных алгоритмов на случайно сгенерированных круговых магистралях с непрерывным движением в 2D-симуляциях дорожного окружения.

3. Беспилотная парковка. Обучение беспилотных моделей транспортных средств с использованием нейроэволюционных алгоритмов на случайно сгенерированных перпендикулярных одноуровневых паркингах в 2D-симуляциях дорожного окружения.

4. 3D-автопилот. Обучение беспилотных моделей транспортных средств с использованием методологий поведенческого клонирования в 3D-симуляциях дорожного окружения Udacity [2].

БЕСПИЛОТНЫЕ ВОЖДЕНИЕ И ПАРКОВКА

В этой части рассмотрены практические применения нейроэволюции на примере метода NEAT (англ. *NeuroEvolution of Augmenting Topologies*) [3] к беспилотным транспортным средствам в генерируемых 2D-симуляциях дорожного окружения: круговой магистрали с непрерывным движением и перпендикулярного одноуровневого паркинга. Построена кинематическая 2D-модель транспортного средства, представляющая собой полноприводный четырёхколёсный автомобиль с рулевым управлением Аккермана для наиболее точного отражения динамики управления реального автомобиля в симуляции. Для обучения модели автомобиля автоматическому вождению и парковке (см. рис. 2) спроектированы генерируемые 2D-симуляции дорожного окружения: круговая магистраль с непрерывным движением и перпендикулярный одноуровневый паркинг. Полная реализация на языке Python рассматриваемой кинематической модели автомобиля и рассматриваемых симуляций представлена в GitHub-репозитории автора [1].

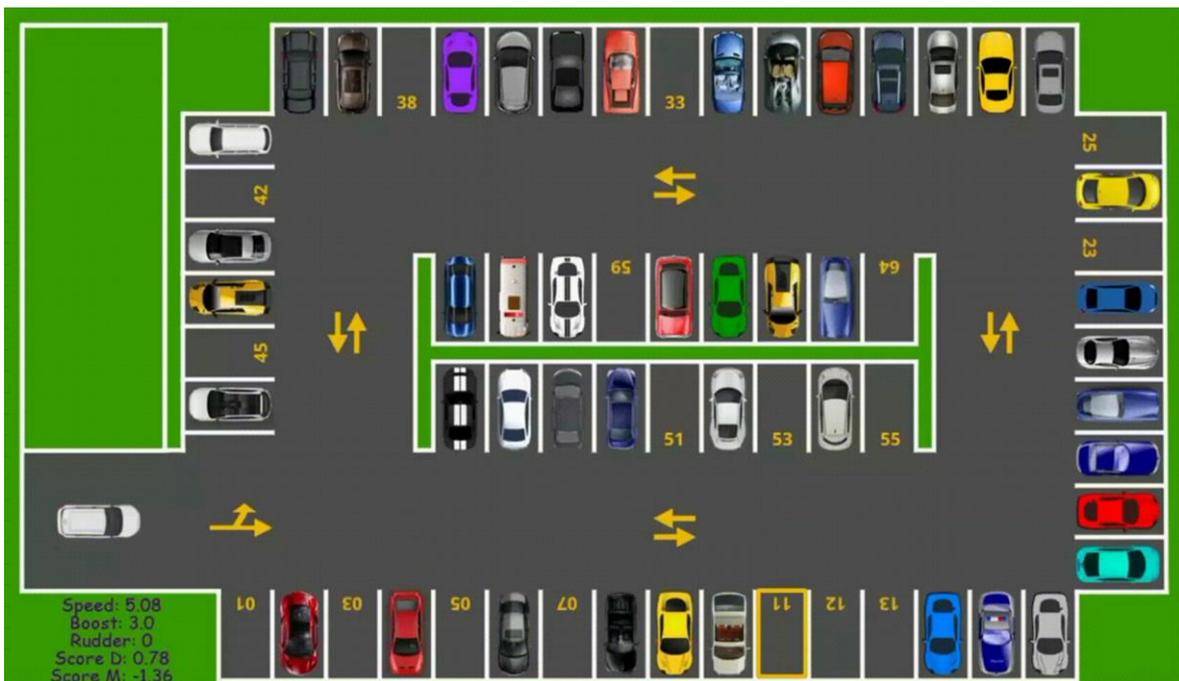


Рис. 2. Заполненный перпендикулярный одноуровневый паркинг

АВТОПИЛОТ В 3D-СИМУЛЯЦИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ ТРАСС

В этой части рассмотрено практическое применение глубокого обучения свёрточных нейронных сетей на примере метода

поведенческого клонирования к беспилотным транспортным средствам в различных генерируемых 3D-симуляциях дорожного окружения.

Для воспроизведения поведения и риторики вождения автономных автомобилей в симуляторе дорожного окружения Udacity [2] была описана и обучена упрощённая и оптимизированная нейросетевая модель на основе многослойной нейронной архитектуры Nvidia [4], которая в заданных окружающих условиях показала наилучшие результаты по всем критериям беспилотного вождения, включая уверенное и плавное следование дорожной полосе, а также точное маневрирование на поворотах.

Несмотря на то, что обученная модель нейронной сети управляет исключительно углом поворота рулевой колодки, её функционал также можно расширить до управления ускорением и торможением, и даже научить реагировать на внезапные дорожные инциденты и безопасно избегать их — возможности машинного обучения и искусственного интеллекта в применении к беспилотным транспортным средствам на данный момент ограничиваются исключительно стеком технологий, вычислительными мощностями и идеями инженеров-математиков.

Полная реализация генерации и обработки тренировочных и тестовых наборов данных, интеграция модели глубокой свёрточной нейронной сети в 3D-симуляцию дорожного окружения, а также видеодемонстрации результатов обучения беспилотных моделей автомобилей самостоятельному вождению на различного рода трассах представлены в GitHub-репозитории автора [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из результатов тренировок в различных симуляциях можно сделать вывод, что нейроэволюционный алгоритм является очень эффективным методом обучения с подкреплением в случае самостоятельного вождения, избегания препятствий, быстрого реагирования и адаптации к различного вида изменениям условий дорожного окружения.

В случае с самостоятельной парковкой, алгоритму для достижения приемлемых результатов требуется более тысячи поколений, а также дополнительные параметры навигации по парковочной местности и локализации целевого парковочного места.

Описанная и обученная нейросетевая модель поведения и риторики вождения автономных автомобилей в заданных окружающих условиях показала наилучшие результаты по всем критериям беспилотного вождения. Функционал созданной модели можно расширять,

совершенствуя кинематическую систему и визуализацию движения автомобиля.

Библиографические ссылки

1. Клименко К. Car-Autopilot / GitHub, 2022. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/Defaultin/car-autopilot> – Дата доступа: 06.06.2022.
2. Udacity's Self-Driving Car Simulator / GitHub, 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/udacity/self-driving-car-sim> – Дата доступа: 06.06.2022.
3. Stanley K. O. Evolving Neural Networks through Augmenting Topologies / Kenneth O. Stanley, Risto Miikkulainen // Evolutionary Computation 10(2), June 2002. – P. 99-127. – DOI: 10.1162/106365602320169811.
4. Bojarski M. End to End Learning for Self-Driving Cars / M. Bojarski [et al.] // arXiv, 2016. – 9 p. – DOI: 10.48550/arXiv.1604.07316.