ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАСС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АВТОПИЛОТОВ

Мацуев Н.В.

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

Деменковец Д.В. – старший преподаватель

В данной работе рассматривается возможность применения программного средства Blender и процедурной генерации автомобильных трасс различной сложности для обучения и тестирования автопилотов.

Разработка и совершенствование систем автономного управления транспортными средствами требуют проведения большого количества тестов и обучения в безопасной, контролируемой среде. В связи с этим особую актуальность приобретает создание виртуальных симуляторов, позволяющих моделировать различные дорожные ситуации без угроз для здоровья и имущества человека. Такие решения позволяют эффективно обучать и тестировать системы автономного вождения, ускоряя внедрение автопилотов в реальную эксплуатацию.

Современные системы автопилотирования опираются на технологии машинного обучения, в частности, на свёрточные нейронные сети (CNN – Convolutional Neural Networks) [1]. Основная идея заключается в том, что нейросеть получает на вход изображения с камер, установленных на автомобиле, и на основе обученной модели принимает решения о дальнейших действиях – таких как поворот, ускорение или торможение. Процесс обучения такой нейронной сети требует большого количества данных, содержащих изображения дорожной сцены и соответствующие управляющие команды. Такие данные могут собираться при реальном движении автомобиля с водителем, действия которого служат эталоном для последующего обучения модели. Однако сбор и разметка таких данных является трудоемким и затратным процессом, а в некоторых случаях – попросту невозможным. К тому же реальные испытания ограничивают масштабируемость и вариативность данных.

Альтернативным подходом является использование искусственно созданных трасс, которые позволяют генерировать необходимые данные без выезда на реальные трассы. В рамках данной работы предлагается создание учебных автотрасс для автопилота, на которых можно безопасно собирать видеоматериалы движения по заданной траектории средствами Blender [2]. Полученные видеофрагменты могут быть преобразованы в обучающую выборку для свёрточной нейросети, которая, анализируя кадры, будет учиться принимать аналогичные решения при управлении. Такой подход делает возможным моделировать бесконечное множество дорожных ситуаций, включая редкие и опасные сценарии, которые сложно воспроизвести в реальности. Кроме обучения сгенерированные автотрассы можно использовать и для тестирования. При тестировании модель, получившая кадр с камеры и отправившая соответствующее управляющее действие, обновляет положение и ориентацию объекта-автомобиля.

Суть процедурной генерации заключается в том, что автомобильная трасса строится на основе кольца. Кольцо составлено двумя концентрическими окружностями радиусами trackRadius и trackRadius - trackWidth, где trackRadius – радиус внешней окружности и trackWidth – ширина дороги. Оба приближения указанных окружностей представляют собой вписанные правильные многоугольники, которые без труда строятся участками с применением тригонометрических функций. В процессе построения очередных сторон внешнего и внутреннего многоугольников с некоторой вероятностью (задается сложностью) возможно возникновение поворота в виде части другого «кольца» с последующим возвращением к основному. Количество захваченных поворотом сторон исходных многоугольников определяется случайным образом. Зная точки, где начинается поворот и где он должен закончится, можно провести хорду исходной окружности. Центр побочных окружностей (внутренней и внешней) будет лежать на серединном перпендикуляре к этой хорде. Следует отметить, что дуги побочных окружностей можно выбрать как с одной стороны от хорды, так и с другой. Поворот строится по аналогии с исходными многоугольниками, однако здесь начальный и конечный углы на окружностях для построения будут уже не 0 и 2π, а некоторые другие углы, определяемые начальной и конечной точками поворота. Для получения координаты z применяется следующее выражение:

$$z(i) = z_0 \cdot sin(\left[\frac{\omega \cdot trackLength}{2\pi}\right] \cdot \frac{2\pi \cdot i}{trackLeng}) \quad (1),$$

где i – порядковый номер текущей стороны многоугольника; z_0 – максимальное значение высоты (задается сложностью); ω – частота (задается сложностью); $trackLength$ – количество сторон многоугольника; [x] – округление x до большего целого.

В результате работы реализована процедурная генерация автотрасс трёх уровней сложности: «низкого», «среднего» и «высокого». Примеры результатов генерации автомобильных трасс приведены на рисунках 1-3.

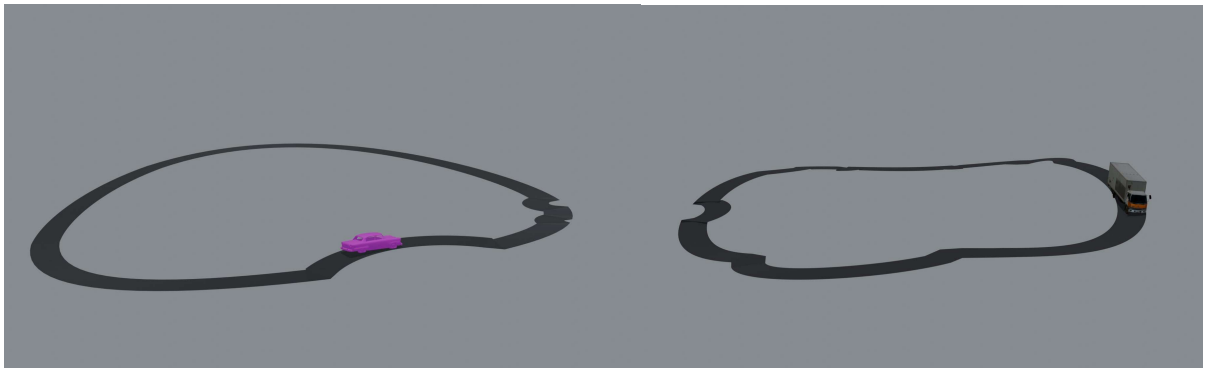

Рисунок 11 – Автотрассы «низкого» уровня сложности

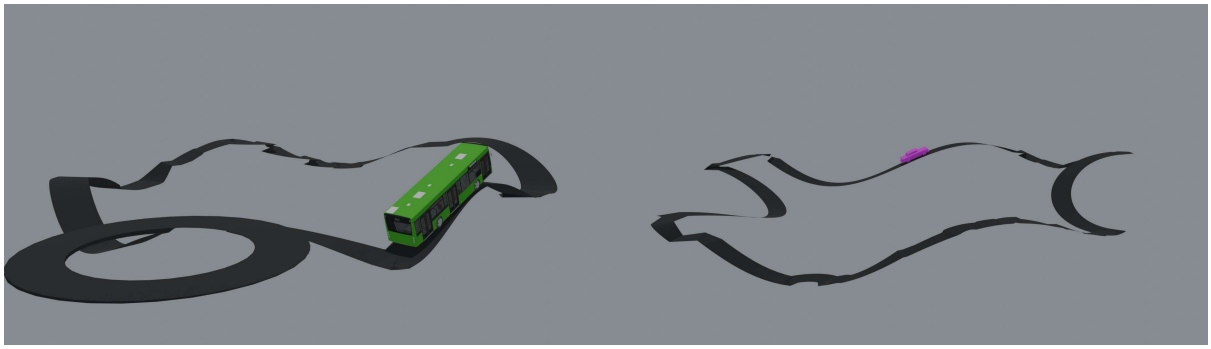

Рисунок 12 - Автотрассы «среднего» уровня сложности

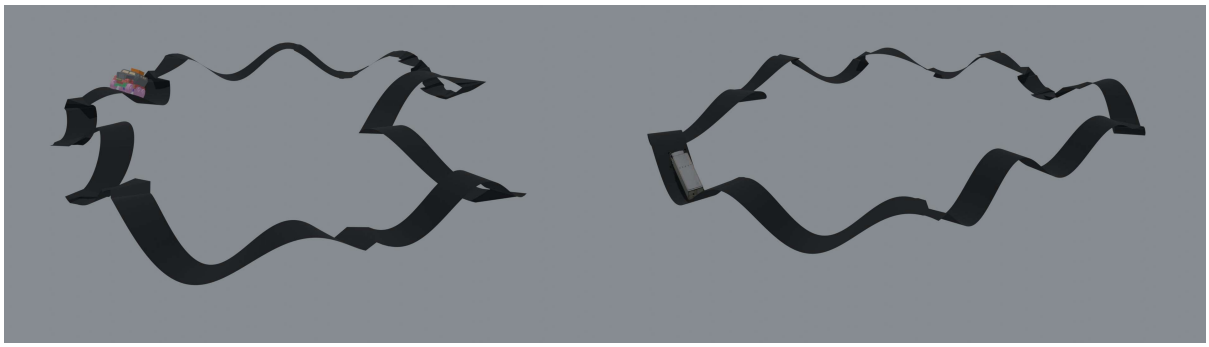

Рисунок 13 - Автотрассы «высокого» уровня сложности

Уровень сложности влияет на следующие параметры трассы: количество поворотов, высота и крутость подъемов. Использование Blender для генерации трасс позволяет гибко управлять параметрами учебной среды: разная освещенность, разные погодные условия, добавление препятствий.

Подобная процедурная генерация позволяет получить множество различных моделей автотрасс в зависимости от сложности и заданной протяженности. Описанная модель может быть использована и для обучения вождению, в том числе с использованием устройств виртуальной реальности.

Список использованных источников:

1. Reconfigurable processor for deep learning in autonomous vehicles / Yu Wang [et al.]. – ITU Journal: ICT Discoveries, Special Issue No. 1, 2017. – 13 p.

2. Blender 4.4 Reference Manual [Electronic resource]. – Mode of access: https://docs.blender.org/manual/en/latest. – Date of access: 07.04.2025.