

# Сравнение подходов к созданию системы автономного управления транспортным средством

А.С. Юмаганов<sup>1</sup>, А.А. Агафонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

## Аннотация

Задача разработки систем автономного вождения транспортными средствами является крайне актуальной в настоящее время. Выделяют два основных подхода к разработке таких систем: модульный подход и сквозной (end-to-end) подход. В данной работе представлено сравнение актуальных систем автономного управления транспортными средствами, основанных на разных подходах, в симуляторе CARLA. Предложена модификация известной системы автономного управления транспортным средством, применение которой позволило повысить качество её работы.

## Ключевые слова

автономное вождение, CARLA, обучение с подкреплением, имитационное обучение

## 1. Введение

В настоящее время задача разработки систем управления автономными транспортными средствами является одной из наиболее актуальных проблем в транспортной области. Широкое распространение автономных транспортных средств способствует снижению расхода топлива, эффективному использованию пропускной способности дорожной сети, снижению числа дорожно-транспортных происшествий, улучшению экологической обстановки и т.д.

В работе проводится экспериментальное исследование трех известных систем автономного управления транспортным средством, основанных на разных подходах (модульной системы [3], сквозной системы с имитационным обучением [2] и сквозной системы, основанной на обучении с подкреплением [4]), и разработанной модификации системы [2].

## 2. Рассматриваемые подходы

Авторы [1] выделяют два основных подхода к разработке систем автономного вождения: модульный и сквозной (end-to-end). В основе модульного подхода лежит разделение задачи автономного вождения на отдельные подзадачи, которые решаются отдельными модулями. Основным преимуществом данного подхода является возможность отладки и настройки каждого модуля, простота интерпретации ошибок работы системы. Сквозной подход основан на преобразовании сигналов датчиков транспортного средства напрямую в управляющие сигналы, т.е. без разбиения задачи автономного вождения на подзадачи. Система автономного вождения, основанная на сквозном подходе, имеет простую архитектуру. Однако это обстоятельство существенно осложняет интерпретацию и отладку работы такой системы. В рамках данного подхода обучение системы осуществляется одним из двух способов: обучение с подкреплением (reinforcement learning) или имитационное обучение (imitation learning).

При имитационном обучении обучение осуществляется по большому объему данных, полученных при управлении транспортным средством экспертом. На вход такой системы подаются значения различных датчиков, установленных на транспортном средстве, (например, изображения с камер, значение скорости, координаты положения), на выходе - сигналы

управления транспортным средством или их высокоуровневое представление в виде путевых точек (waypoints).

Обучения с подкреплением выполняется путем взаимодействия транспортного средства с окружающей средой. В рамках данного подхода на вход системы могут подаваться те же данные, что и при имитационном обучении, но для обучения системы не требуется использовать данные, полученные при вождении людей-экспертов. Обучение осуществляется по награде, которую выдает среда за выполнение определенных действий при определенном начальном состоянии среды.

Многие известные системы автономного вождения, основанные на сквозном подходе, учитывают информацию о расположении окружающих объектов только по одному датчику – изображению с RGB камеры. Однако, существуют датчики (стерео камеры, LIDAR), устанавливаемые на транспортные средства, которые позволяют с более высокой точностью оценить расстояние до окружающих объектов, их размеры. Поэтому одним из возможных подходов к улучшению результатов работы систем автономного управления транспортными средствами является использование информации с дополнительных датчиков. В рамках представленной в данной работе модификации системы автономного управления [2] помимо RGB изображения с камеры, используемого в оригинальной системе, учитывается информация с LIDAR датчика.

Экспериментальные исследования проведены на симуляторе CARLA, который позволяет эмулировать разнообразные дорожные ситуации для обучения и проверки систем автономного вождения автомобиля.

### 3. Заключение

В работе рассмотрены известные системы автономного управления транспортными средствами, представлена модификация известной системы сквозного автономного вождения. Результаты экспериментальных исследований систем автономного вождения на симуляторе CARLA, проводимые на различных сценариях, показали преимущество систем, основанных на сквозном подходе над модульным. Модифицированный вариант системы автономного вождения, использующий дополнительно информацию с LIDAR датчика, продемонстрировал лучший результат, чем базовый вариант системы.

### 4. Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 8-29-03135-мк.

### 5. Литература

- [1] A Survey of End-to-End Driving: Architectures and Training Methods [Electronic resource]. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/2003.06404> (29.12.2020).
- [2] Learning by Cheating [Electronic resource]. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/1912.12294> (29.12.2020).
- [3] Pyilot [Electronic resource]. – Access mode: <https://pyilot.readthedocs.io/en/latest/index.html> (29.12.2020).
- [4] Toromanoff, M. End-to-End Model-Free Reinforcement Learning for Urban Driving Using Implicit Affordances / M. Toromanoff, E. Wirbel, F. Moutarde // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) – 2020. – P. 7151-7160. DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00718.