

УДК 629.33

Ушаков А.Е., мл. научный сотрудник (КузГТУ)
г. Кемерово

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Тема создания беспилотных автомобилей является актуальной как с научной стороны, так и со стороны их производителей [1-3]. В ряде стран мира уже эксплуатируются беспилотные транспортные средства (ТС) [4]. Однако, при их эксплуатации выявляются проблемы [1-4].

Одна из проблем связана с выбором правильной траектории движения и как следствии с безопасностью направления движения (предотвращение столкновений) [5]. В связи с чем, исследования по системе направления движения беспилотного автомобиля являются актуальными.

Система направления движением является ответственной за траекторию движения ТС. От эффективности ее работы зависит безопасность движения автомобиля. Она должна обеспечивать правильную траекторию движения автомобиля (рис. 1). Выбор неправильной траектории движения (рис. 2) может привести к негативным последствиям, например к аварии.

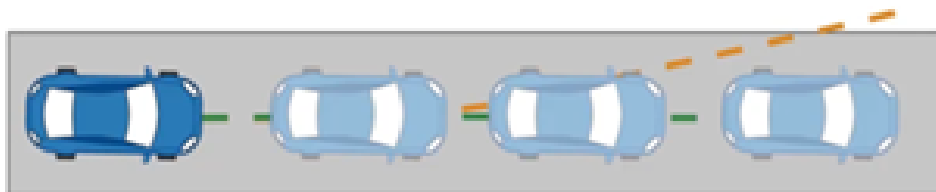


Рисунок 1 – Выбор правильной траектории движения автомобиля

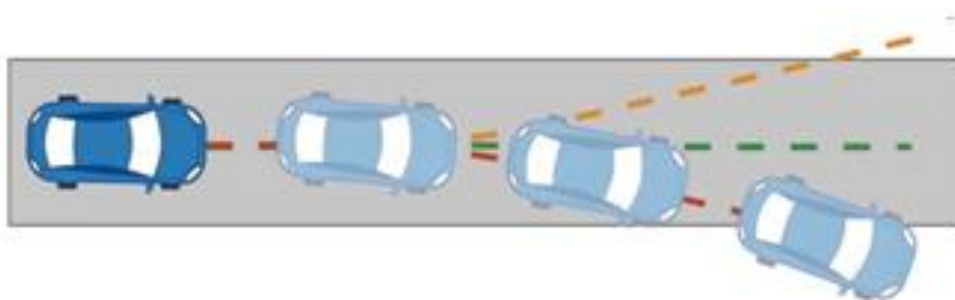


Рисунок 2 – Выбор неправильной траектории движения автомобиля

Существуют 2 модели, по которым определяется направление движения автомобиля:

- модель с учетом кинематики (определение направления движения только геометрией самой машины – угол поворота колес, габариты автомобиля);
- модель с учетом динамики поведения шин.

Вторая модель считается более трудозатратой и сложной, так как учитывается деформирование шин, взаимодействие ТС с дорожным покрытием (пятно контакта между шиной и асфальтом).

В работе системы направления движения для повышения точности и качества работы алгоритма участвуют обе модели. Сначала создается модель системы автомобиль-дорога, основанная на динамике и кинематике транспортного средства. Затем выводится уравнение состояния системы с отклонениями от угла направления и бокового положения для описания точности отслеживания. Таким образом, устанавливаются модель кинематики транспортного средства, модель динамики и модель динамики системы автомобиль-дорога (рис. 3) [6].

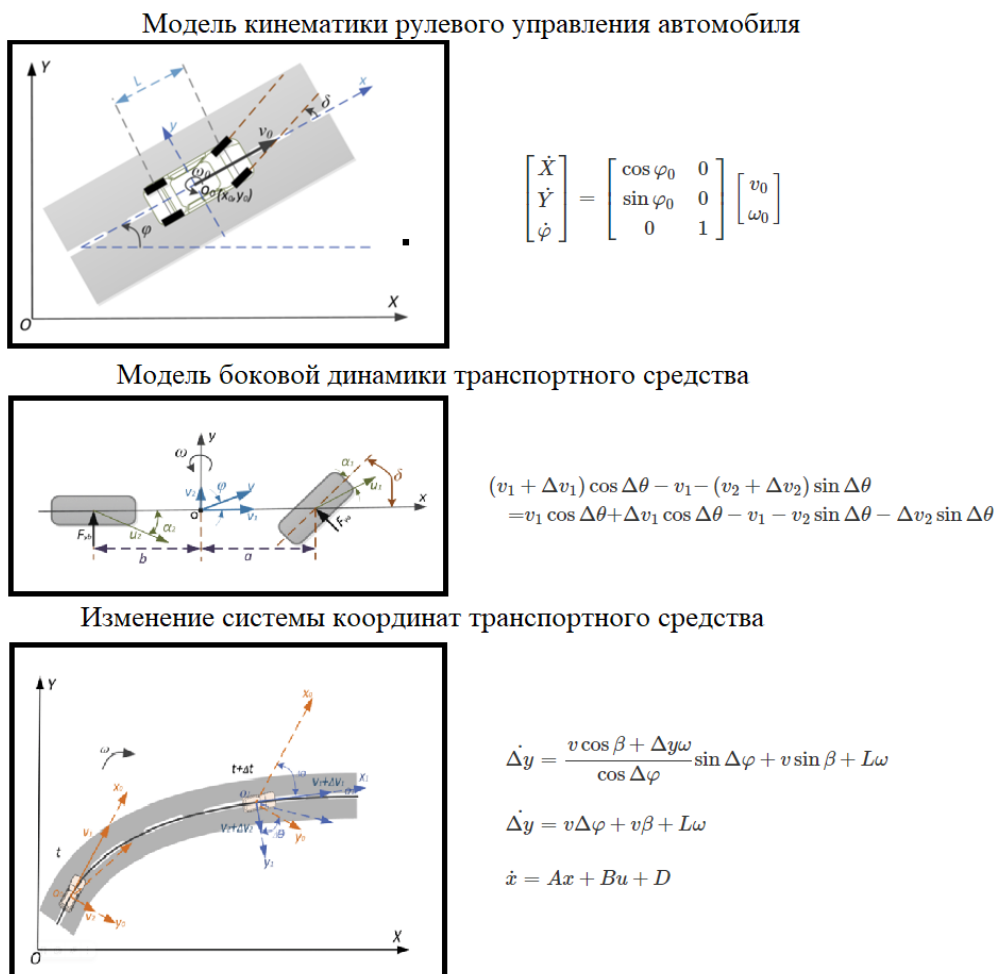


Рисунок 3 – Работа алгоритма системы направления движения

Однако алгоритм системы направления движения нуждается в улучшении. Под влиянием неопределенных параметров и внешних помех неизвестно какая будет реальная траектория движения ТС. Большинство алгоритмов не полностью адаптируются к непредвиденным обстоятельствам и вызванными с ними изменениям параметров. Поэтому требуются дальнейшие исследования системы направления движения беспилотного автомобиля.

Дальнейшие исследования системы направления движения необходимо проводить на реальном автомобиле, однако для улучшения алгоритма исследования можно провести путем имитационного моделирования в симуляторе. Существует несколько симуляторов для автономных автомобилей – Carla, autoware, airsim, torcs, CarSim и др.

На примере симулятора CarSim от MATLAB Simulink рассмотрен этап имитационного моделирования системы.

В CarSim создается виртуальная модель динамики автомобиля с моделью шины [7]. Для обеспечения полноты имитационных исследований требуется несколько имитационных экспериментов при различных условиях. Сценарий сплайна дороги подбирается под условия моделирования эксперимента.



Рисунок 4 – Этапы среды моделирования CarSim

Правильно подобранные характеристики угла поворота колес, габариты автомобиля и т.д. достаточны для получения точных результатов. Пример работы системы направления движения по криволинейной траектории дороги в среде CarSim представлен на рисунке 5.

В результате имитационного моделирования (рис. 5) производится регистрирование данных для дальнейшего анализа. Приводятся такие показатели как стабильность автомобиля держать заданную скорость, его боковое отклонение от центра полосы движения, относительный угол рыскания (рис. 6). Также можно спрогнозировать, какая нужна производительность вычислительного модуля для работы системы.

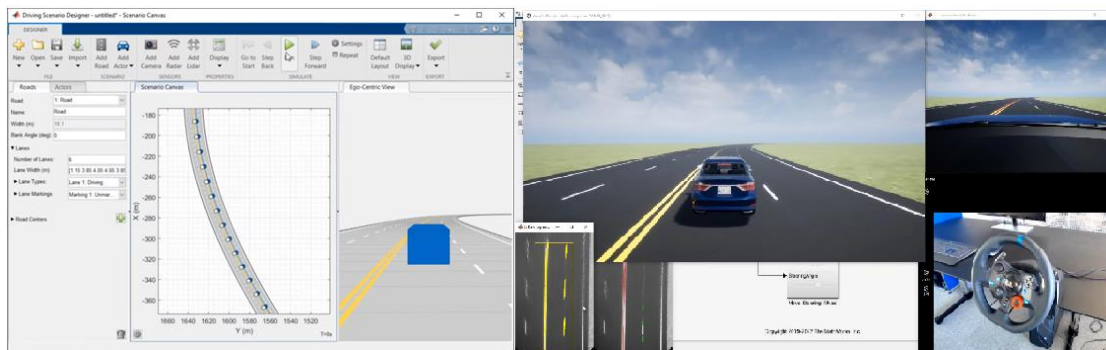


Рисунок 5 – Пример имитационного моделирования системы направления движения автомобиля по криволинейной траектории дороги [7, 8]

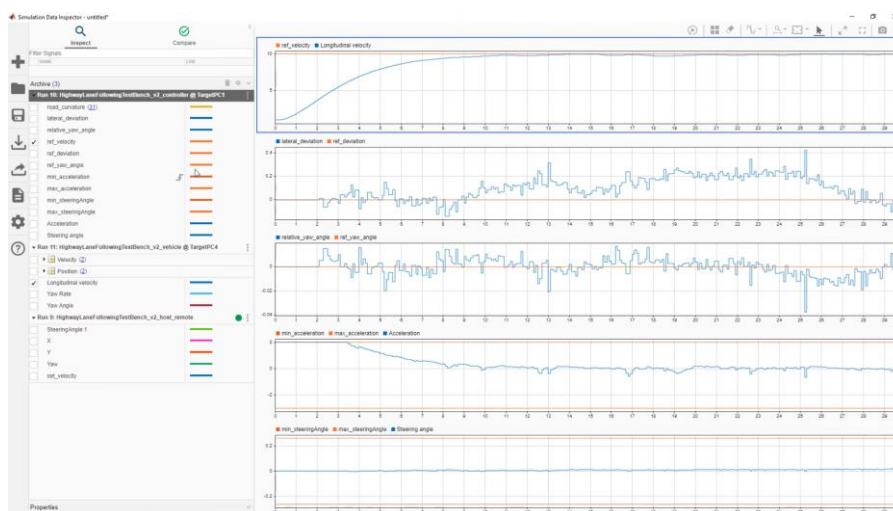


Рисунок 6 – Вывод показателей [7]

Следующий шаг – проверка работоспособности системы направления движения на физическом объекте. Для этого нужно создать систему, которая должна состоять из компьютера, набора датчиков и исполнительных механизмов. Примером может быть система от компании Starlink. Экспериментальный автомобиль оснащен датчиками (лидары, радары, камеры), дифференциальной системой глобального позиционирования (GPS) и системой автоматического рулевого управления. Серия сравнительных экспериментов проводилась на экспериментальном ТС. Траектория движения и эксплуатационные данные экспериментального ТС записывались в режиме реального времени для дальнейшей обработки [9].

Вывод

В настоящей работе были представлены этапы разработки системы направления движения беспилотного автомобиля. Отмечены 2 модели, по которым определяется направление движения автомобиля. Приведены примеры проверки системы направления движения беспилотного автомобиля по средствам имитационного моделирования и на физическом объекте.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 г. №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Список литературы

1. Сыркин, И. С. Средства обеспечения безопасности работы автономного карьерного комплекса / И. С. Сыркин, И. Ф. Юнусов, А. Е. Ушаков // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022 : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Хорешок (отв. редактор), А.И. Фомин [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 4141-4146.

2. Системы управления автономного карьерного самосвала / И. С. Сыркин, Д. М. Дубинкин, И. Ф. Юнусов, А. Е. Ушаков // Россия молодая : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 420071-420078.

3. Садовец, В. Ю. Обзор схем рулевого управления карьерных самосвалов / В. Ю. Садовец, И. А. Тарасюк, А. Е. Ушаков // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 13–14 апреля 2022 года. – Прокопьевск: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева" в г. Прокопьевске, 2022. – С. 76-82.

4. P. Wang, S. Gao, L. Li, S. Cheng and L. Zhao, "Automatic Steering Control Strategy for Unmanned Vehicles Based on Robust Backstepping Sliding Mode Control Theory," in IEEE Access, vol. 7, pp. 64984-64992, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917507.

5. Когда беспилотные автомобили появятся на дорогах – Текст: электронный: [сайт]. – URL: <https://bespilot.com/chastye-voprosy/kogda-ba-rouavyatsya-na-dorogakh> (дата обращения: 19.02.2022).

6. Miguel Omar Ortiz-García, Rita Q. Fuentes-Aguilar, Alejandro Palma-Zubia, Oscar Carbajal-Espinosa, "Embedded control architecture for reference tracking of an automobile with actuated steering and brake systems", 2022 International Symposium on Electromobility (ISEM), pp.1-6, 2022.

7. Следование по полосе движения с использованием нелинейной модели прогнозного управления – Текст: электронный: // Mathworks [сайт]. – URL: <https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/lane-following-using-nonlinear-model-predictive-control.html> (дата обращения: 17.02.2022).

8. Усовершенствованные системы помощи водителю и автоматизированное вождение – Текст: электронный: [сайт]. – URL: <https://www.speedg-oat.com/solutions/industries/automotive/adas-ad> (дата обращения: 17.02.2022).

9. Apollo Hardware Development Platform. – Текст: электронный // Apollo: [сайт]. – URL: <https://developer.apollo.auto/platform/hardware.html> (дата обращения: 15.02.2022).

Информация об авторах.

Ушаков Александр Евгеньевич, мл. научный сотрудник НЦЦТ КузГТУ,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ushakovae@kuzstu.ru