

Обзор статьи: An Ethical Trajectory Planning Algorithm for Autonomous Vehicles



Шаврин А.П.
Ефремов А.А.
Макки К.Ю.
Группа 1304

Данные о статье

Оригинальное название статьи:

An Ethical Trajectory Planning Algorithm for Autonomous Vehicles

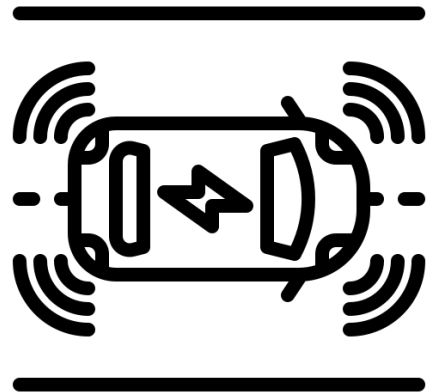
Русскоязычное название статьи:

Алгоритм этического планирования траектории для автономных транспортных средств.

Авторы статьи:

Maximilian Geisslinger, Franziska Poszler, Markus Lienkamp.

Цель и задачи статьи



Цель исследования статьи:

Разработка этического алгоритма для планирования траектории автономных транспортных средств (АТС) с справедливым распределением риска.

Список задач исследования:

- Генерация всех траекторий движения АТС с этически нейтральными расчетами значений риска и присвоением их для каждой траектории.
- Выбор набора траекторий, обеспечивающих минимальный возможный риск.
- Расчет показателей суммарных траекторных издержек для выбранных допустимых траекторий с использованием основных этических принципов.
- Проведение сравнительного анализа распределения рисков между разработанным этическим алгоритмом и другими существующими методами планирования траектории.

Соответствие результата и цели/задачам

Итогом работы авторов стал разработанный этический алгоритм для планирования траектории АТС. Справедливость распределения риска была подтверждена эмпирически в разделе “Результаты (ориг. Results)” - этический алгоритм способствует снижению общего риска для всех участников дорожного движения при планировании траектории в сравнении с эгоистичным и стандартным. Таким образом, поставленная цель была достигнута.

Генерация всех траекторий движения АТС с этически нейтральными расчетами значений риска и присвоением их для каждой траектории.

В разделе “Расчеты Риска (ориг. Risk Calculation)” авторы сгенерировали все траектории движения АТС с помощью нейросетевой модели. Для каждой траектории авторы рассчитали этически-нейтральные значения риска по выведенным математическим формулам. Таким образом, первая задача была выполнена.

Выбор набора траекторий, обеспечивающих минимальный возможный риск.

В разделе “Максимально Допустимый Риск (ориг. Maximum Acceptable Risk)” авторы ввели понятие максимально допустимого риска, который определяет, какая траектория разрешена, а какая - только при отсутствии других вариантов. Согласно этой концепции, авторы классифицируют траектории на четыре уровня валидности. Выбор наиболее благоприятной траектории осуществляется с самого высокого уровня валидности. Таким образом, вторая задача была выполнена.

Расчет показателей суммарных траекторных издержек для выбранных допустимых траекторий с использованием основных этических принципов.

В разделе “Распределение рисков (ориг. Risk Distribution)” авторы рассчитали суммарные издержки для траекторий, находящихся в пределах наивысшего доступного уровня валидности. Были выделены критерии, влияющие на оценку маршрута: мобильность, безопасность и комфорт. Для расчета стоимости безопасности была использована взвешенная сумма четырех этических принципов: Байесовский, Равенства и Максимины, описанных в разделе “Принцип Байеса, Равенства и Максимины (ориг. Bayes, Equality & Maximin Principle)”, а также Принцип Ответственности из одноименного раздела (ориг. Responsibility Principle). Таким образом, третья задача была выполнена.

Проведение сравнительного анализа распределения рисков между разработанным этическим алгоритмом и другими существующими методами планирования траектории.

В разделе “Результаты (ориг. Results)” авторы провели сравнительный анализ этического алгоритма с эгоистичным и стандартным алгоритмами в 2000 симуляционных сценариях. Были проанализированы риски, возникающие в результате различных подходов к планированию, а также смоделированные несчастные случаи и связанный с ними ущерб. Для наглядности анализа были приведены соответствующие графики - График Риска и График Суммарного Ущерба. Результаты показали, что разработанный алгоритм эффективнее и справедливее по сравнению с другими. Таким образом, четвертая задача была выполнена.

Достигнутый результат

Чем именно является результат:

Результат исследования представляет собой этический алгоритм планирования траектории для автономных транспортных средств в соответствии с нормативными указаниями и рекомендациями по предотвращению аварий.

Характер результата:

Результат исследования носит прикладной характер, так как конечным продуктом исследования является алгоритм, готовый к использованию автономными транспортными средствами для повышения безопасности на дороге.

Факторы обеспечивающие этичность алгоритма:

1. Рассмотрение ущерба без учета:
 - Суждения о том, какой физический вред более серьезный.
 - Материального ущерба.
 - Личностных характеристик, таких как возраст, пол или показатели качества жизни.
1. Учет степени защищенности участников дорожного движения - защищенные (автомобили, грузовики и т.д.), незащищенные (пешеходы, велосипедисты и т.д.)
2. Использование различных стоимостных функций в зависимости от наивысшего доступного уровня валидности траектории.

4. Перевод принципов этического распределения в математическое представление в виде суммарных траекторных издержек, объединяя такие принципы, как принцип Байеса, равенства, максимина и ответственности.

- Использование принципа Байеса для минимизации общего риска.
- Использование принципа равенства для равномерного распределения рисков между участниками дорожного движения, чтобы использование принципа Байеса не создавало смещения с исключительно высокими рисками для отдельных участников дорожного движения в пользу низкого общего риска.
- Использование принципа максимина для отдельного рассмотрения вероятности столкновения и вреда.
- Использование моральной ответственности для учета справедливости и гарантии, что участники дорожного движения ведут себя ответственно.

Границы применимости результата и степень универсальности:

Исследование охватывает широкий спектр условий в разных регионах - городские, сельские и автомобильные дороги в США, Европе и Китае, поэтому границы применимости результата зависят только от конкретных условий дорожного движения и требований к безопасности и этике. Возможность модификации и настройки весовых коэффициентов алгоритма обеспечивает его универсальность.

Технические ограничения полученного результата:

Технические ограничения включают вычислительную сложность алгоритма, необходимость точной калибровки датчиков и ограниченность информации, которую можно передать алгоритму.

“For ethical decisionmaking, however, we must acknowledge the limited information that can reasonably be provided to the algorithm from a technical point of view”

Недостатки полученного решения:

Недостатком решения может быть его сложность в реализации и необходимость дополнительной адаптации для различных сценариев дорожного движения, алгоритм не охватывает всех этических аспектов.

“However, a particular parameter set may not apply universally. Different countries, cultures, or even individuals may demand different ethical emphases.”

“As Kauppinen correctly notes, the determination of moral responsibility is arbitrarily complex. There is a difference between a pedestrian running into the street out of carelessness and someone being pursued and running for his life.”

Качество списка литературы

В статье использовано 39 литературных источников. Данный перечень отличается высоким качеством и актуальностью. Он включает в себя как классические работы, такие как "A Theory of Justice" Джона Ролза 1971 года, так и современные исследования, опубликованные в ведущих научных журналах и конференциях в течение последних 15 лет.

Большинство цитируемых источников представляют собой научные статьи, опубликованные в рецензируемых журналах, что свидетельствует о тщательном подходе к выбору авторитетных источников. Кроме того, в списке литературы присутствуют работы, опубликованные в международных организациях, таких как Всемирная организация здравоохранения и Европейский союз, что демонстрирует широкий спектр информации, использованной авторами.

Качество иллюстративного материала

В статье представлены схематические рисунки, которые помогают визуализировать сложные процессы и концепции. Такие рисунки приобретают значимость, когда речь идет о технических темах, где визуальное представление может значительно улучшить понимание материала.

Особенно полезными являются графики сравнения алгоритмов, представленные в статье. Такие графики обеспечивают наглядное сопоставление различных подходов или методов, что помогает читателю лучше понять и сделать выводы об их эффективности. Они предоставляют объективные данные, которые можно анализировать и интерпретировать, основываясь на визуальной информации.

Заключение

Предложенный в статье этический алгоритм планирования траектории для автономных транспортных средств представляет собой существенный вклад в область автономного вождения. Алгоритм основан на этических принципах, что гарантирует, что транспортное средство будет действовать в соответствии с человеческими ценностями.

Актуальность этой статьи обусловлена растущими опасениями по поводу этических последствий автономных транспортных средств. Этот алгоритм предоставляет потенциальное решение, позволяя транспортным средствам принимать этические решения в сложных ситуациях.
