1) привет как дела

Здравствуйте члены комиссии, хочу представить вам мою работу "Разработка симулятора автопилота трамвая"

Для начала немного расскажу про предметную область

2) общественный транспорт - это круто

Общественный транспорт с точки зрения городской инфраструктуры крайне эффективен. Он доступный, эргономичный, безопасный и требует лишь одного водителя на десятки пассажиров. Но, всё равно, имеется нехватка водителей, да и маршрут никак не защищён от человеческого фактора.

3) А ещё круче автопилоты

Но вот что точно лишено этих проблем - это автопилотируемые транспортные средства. Пилоты самолётов не дадут соврать, что автопилот способен выполнить гору механической работы. Код автопилота не может заболеть или опоздать, а копирования занимает секунды, а не годы обучения в академии.

4) Они позволяют делать невероятные вещи, например:... Поэтому надо соединить

Так что автопилотируемый общественный транспорт – это явно новая веха в развитии инфраструктуры города, способная решить множество проблем из числа нынешних. Но техническому прогрессу только предстоит создать это будущее

5) Трамвай, потому что мечта и потому что хорошее начало

И начать можно с чего-то тривиального, например, трамвая. Он идеальный кандидат для внедрения автопилота, ведь практически лишённый взаимодействия с другими участниками дорожного движения.

Касательно же меня, данная идея посетила мою голову сразу, как только я переехал в Краснодар и познакомился с этими вагончиками. Тогда мне казалось чем-то заоблачным – написать автопилот для трамвая

6) Тем более есть большие коллеги

Но прошлым летом я познакомился с компанией Cognitive Pilots и с их вполне существующим и уже работающим в экспериментальном формате решением, которое они запустили на части маршрутов в Петербурге. Вдохновлённый тем, что это возможно, я решил попытаться повторишь хотя бы часть их успеха

7) А теперь задачи и цели

Программный код их автопилота, конечно же, скрыт, так что мною было решено как минимум популяризировать данную тему в публичном поле с помощью собственного решения. Начнём работу

---1.5 минуты---

8) Проблема реального трамвая

И, первая проблема с которой я столкнулся – мне никто бы не дал реальным трамвай. Дипломная работа без тестируемого транспорта не состоялась бы.

9) Решается симулятором трамвая. Храни господь анриал енджин и его хорошую картинку

Благо, тогда в интернете была найдена игра-симулятор, TramSim Vienna, в которой игроку предлагается достаточно детально воссозданные трамваи и их окружение на движке Unreal Engine 5, который из коробки может выдавать отличную по качеству картинку.

Транспорт есть, но как написать автопилот?

10) Как работают автопилоты в реальности... теперь повторим. Роадмап

(последовательно открывающиеся части одной картинки)

Автопилот – это некоторое аппаратно-программное средство, которое на вход получает данные об управляемом транспорте, а на выход выдаёт сигналы управления, последовательность которых эффективно решает задачу движения.

Нам же предстоит написать этот чёрный ящик. Общий такой рецепт (фраза из пасты)

В самом ящике данные с датчиков, камер, радаров и лидаров размечаются и переходят в формат, удобный для мат аппарата программы.

Новые данные корректируют картину мира вокруг, сформированную прошлыми итерациями анализа.

На основе новых данных формируется предсказание поведения мира и, в итоге, модуль принятия решения думает и формирует сигналы управления, которые посылает аппаратной части автопилота

Цикл повторяется, пока задача не выполнена. Штош, начнём реализовывать.

11) Начнём с камеры – йоло

Нам нужна картина мира вокруг трамвая. Хоть реальные трамваи получают её используя камеру и радар, мы вполне можем обойтись одной лишь камерой.

Разместим камеру на носу вагона, подключим видеопоток из игры в программу, а после начнём размечать с помощью нейронки каждый кадр. Скорость разметки более приоритетна, чем качество, так что была выбрана архитектура YoLoV8 версии nano

12) Ставим камеру и записываем игру, нарезаем на датасет, размечаем, учим

Нам нужно научить сеть определять машины и людей – чтобы не сталкиваться с ними, светофоры – чтобы следовать правилам движения, а так же жёлтые кружки остановки, чтобы трамвай понимал, где точно ему нужно совершить остановку на маршруте.

Датасет формируем легко, наиграв несколько часов, и, в последствие, нарезав датасет на интересные кадры. Обучаем 60 эпох и вуаля – кадры размечены

13) Получаем размеченные картинки, теперь преобразуем в мир вокруг и отдаём дальше

Но работать просто с размеченным кадром – это слишком много лишней информации, так что формируем из него модель мира, переводя изображения людей, машин и жёлтых кружков в расстояние до объектов с подписями, а светофоры в их сигнал.

В итоге получаем готовый выход картины миры, передаём его дальше

---3:30---

14) Теперь нам нужна скорость. Но у на нет кан-шины

Теперь нам нужна скорость. В реальных трамваях для этого компьютер подключается к CAN-шине, однако в симуляторе провода протянуть не получится. Однако можно залезть «под капот» другим способом.

15) Пишем читы, потому что можем, забираем скорость и ускорение и отдаём дальше

Воспользуемся широко известной в узких кругах программой Cheat engine, которая умеет работать с адресами памяти процесса на компьютере.

С помощью стандартных манипуляций вначале находим адрес памяти, который указывает на значение скорости трамвая в игре, собираем все указатели на него, а после перезапускаем игру, фильтруя среди указателей лишь те, которые продолжили указывать на адрес, который указывает на скорость.

Записываем отступы ячейки памяти процесса и начинаем получать её в программном коде за время стандартной операции чтения, то есть мгновенно. Аналогично начнём получать и ускорение трамвая.

16) У нас есть картина мира, есть скорость - теперь настало время модуля принятия решения

У нас есть картина мира, есть скорость - теперь настало время модуля принятия решения.

17) Мам, давай купим модуль принятия решения

По-хорошему, модуль принятия решения должен уметь делать предсказания, да и он сам должен быть реализован при помощи нейронной сети. Но создание такой сложной системы и последующее обучение по силе только большим командам разработки, а у одного меня это заняло бы непозволительно много времени.

18) Модуль принятия решений дома

Так что было принято оптимальное из возможных решений – реализовать модуль принятия решений с помощью автомата состояний. Каждую итерацию на вход автомату подаётся скорость, картина мира и прошлое состояние, после чего с помощью логических выражений и эвристик он формирует новое состояние. А уже другая его часть, в зависимости от нынешней скорости и ускорения переводит это состояние в эмуляцию нажатия клавиш, то есть управляет трамваем.

19) Собираем всё во едино

Соберём всё во едино.

---5:00---

Собираем видеопоток с помощью камеры на носу, размечаем кадры с помощью yolov8, убираем лишнюю информацию, формируя картину мира. Параллельно с этим прямо из процесса игры получаем по постоянному указателю, найденному с помощью Cheat Engine, скорость трамвая. Передаём прошлый набор данных и нынешний в модуль принятия решения, он формирует некоторое состояние, которое сам же и преобразует в выходные сигналы. Цикл повторяется, пока не будет остановлена программа.

Что получилось в итоге?

20) Футажи о том, какой он афигенный

В итоге получился вполне работающий трамвай, отлично выполняющий все функции транспорта: безопасное вождение, остановка на светофорах, посадка-высадка пассажиров. Испытания автопилота показали отличный результат и способность полностью в одиночку пройти весь маршрут со всеми остановками.

21) Ещё футажей, но уже о том, какой он не очень

Конечно, ещё много где можно развить данное решение. Одно из узких его мест – это невозможность нейронки определять объекты издалека, что ограничивает максимальную скорость трамвая для того, чтобы успевать реагировать. Но это вполне решаемо расширением датасета и вложенными в разработку часами.

22) Заключение под футажи

Так что изначально поставленная цель – разработать полноценный автопилот симулятора трамвая полностью выполнена. Качество выходного продукта крайне радует, а все материалы разработки были выложены на мой гит и программный код были выложены на мой гит.

23) Спасибо за внимание

Спасибо за внимание