

Построение модели полосы с учетом контекста дороги

Житнухина М.А., СПбГУ, Санкт-Петербург zhitnuhina.maria@gmail.com

Аннотация

В данной работе предлагается модель представления дорожной полосы и алгоритм ее построения по кандидатам на разметку в проекции плоскости дороги «вид сверху».

Введение

В настоящее время активно развивается ADAS. ADAS (англ. Advanced driver-assistance systems) — усовершенствованная система помощи водителю. Эта система руководствуется данными, полученными с датчиков, и через интерфейс сообщает рекомендации пользователю. Для некоторых ее функций, например, автоматической смены полосы движения или удержания в полосе необходима информация о расположении автомобиля в ней.

Возникла необходимость по входным данным, представляющих собой кандидатов на разметку, выделять полосу. Кандидат на разметку — последовательность точек, упорядоченных по удаленности от машины, соответствующая фрагменту дорожной полосы (возможны ложно-положительные срабатывания).

Многие существующие решения используют представление полосы, по которому вычислительно сложно строить траекторию движения, вычислительно сложны в построении самой полосы или недостаточно точно описывают реальность.

Существующие модели полосы

Далее будут рассмотрены существующие модели, используемые для выделения разметки в режиме реального времени.

Множество точек

С множеством точек сложно работать: менее точно вычисляется кривизна, а так же оно занимает много памяти.

Прямые

Аппроксимация прямой вычислительно проста, но данная модель не описывает повороты.

Параболы и гиперболы

В статьях [1] нередко можно увидеть использование кривых второго порядка, таких как параболы и гиперболы. Их построение вычислительно не очень сложно и они легко сглаживаются, но эти кривые описывают не самую естественную траекторию движения для автомобиля.

Сплайны

Сплайны [2] более точно описывают дорогу, чем предыдущие две модели, и могут очень точно аппроксимировать множество точек, но у сплайнов не очень удобно считать кривизну, по которой строится траектория.

Клотоиды

В том числе для аппроксимации разметки используют [3] клотоиду. Клотоида — кривая, у которой кривизна меняется линейно от длины. Данный вид кривой хорошо описывает повороты на дороге и удобен для вычисления кривизны, однако вычислительно сложен в построении и сглаживании.

Дуги и отрезки

Дуги достаточно хорошо описывают физическую модель дороги в виде свехру. Данная модель с некоторыми ограничениями и была выбрана в рамках данной работы.

Выбранная модель полосы

В данной работе в качестве модели полосы были выбраны две или одна кривая одного вида: дуги или прямые с ограничением на центры или параллельность соответственно. Не используется жесткая модель с концентрическими дугами или параллельными прямыми, так как из-за погрешности нахождения разметки и погрешности определения горизонта при перепроеци-

ровании к виду сверху теряется точность и выгодно использовать менее жесткую модель.

Построение полосы

Во входных данных встречается существенное количество ложноположительных кандидатов на разметку, к примеру, блики на дороге. Помимо них на дороге встречаются соседние полосы и прочая разметка, которая нам не интересна. Было принято решение сперва провести первичную фильтрацию: были отфильтрованы кривые по кривизне, положению по оси x и по углу наклона. Поскольку радиус поворота дороги не может быть меньше 15 метров по законодательству, то таким образом мы избавляемся от части разметки, дублирующей дорожные знаки.

После первичной фильтрации все еще могут оставаться ложноположительный кандидаты. Для их определения производится отслеживание кандидатов на разметку от кадра к кадру, в качестве метрики для сравнения используется *maximal deviation*. Чтобы не терять фрагменты разметки из-за сдвига автомобиля относительно дороги, используются данные одометрии.

После фильтрации возникает необходимость разделить кандидатов на разметку на части левой и правой полосы. Для этого выделяются наиболее вероятные начала левой и правой полосы. За начала принимаются два кандидата на разметку, находящиеся на расстоянии не меньше двух метров и находящиеся наиболее близко к камере по оси y . Эти кривые наиболее вероятно являются началами нужной полосы из-за ограничения угла обзора: видимые точки соседних полос находятся дальше от машины.

Далее мы предполагаем, что соседние фрагменты разметки находятся примерно на одной прямой. С помощью последовательностей окошек поиска в направлении последнего найденного фрагмента находим следующий кандидат на разметку. Таким образом мы получаем две группы точек, которые делим на левые и правые.

После было решено использовать информацию, извлеченную из трекинга. Не учитываем при построении модели кандидатов на разметку, которые появились только на последнем кадре и используем тех, которые стабильно появляются и ранее участвовали в построении полосы.

Далее каждое из множеств точек аппроксимируем окружностями с помощью алгоритма RANSAC. Если полученный радиус окружности превышает 2000 метров, то считаем, что на данном кадре нет поворота и дорога прямая. Аппроксимация дороги прямой осуществляется с помощью метода наименьших квадратов. Смена типа кривых в модели происходит по гистерезису.

Если были найдены точки и левой и правой части полосы в достаточном количестве для построения, приводим прямые к параллельному виду, а дуги к концентрическому виду.

Чтобы не было дергания полосы между кадрами, кривые глаживаются. Для сглаживания фильтруем экспоненциальным фильтром точки, принадлежащие кривым на расстоянии 2.5 м, 13 м, 20 м, и после фильтрации повторно строим дуги или прямые. Помимо этого, фильтруется ширина полосы. Отравляем данные в фильр после приведения кривых к концентрическому/параллельному виду.

Для отключения отображения полосы в случае низкой уверенности в ней вычисляется confidence модели. Используется информация о количестве кандидатов, используемых в построении, которые появлялись на предыдущих кадрах хотя бы три раза, а так же оценивается, как хорошо модель ложится на кандидатов на разметку. Может понадобиться отключить отображение, если полос на данных момент нет на кадре или алгоритм выдает неправдоподобный результат по какой-либо причине.

Эксперимент

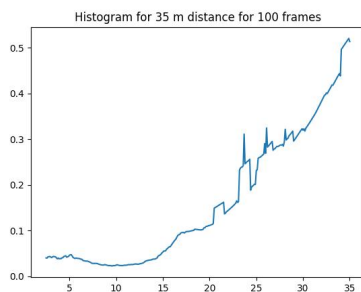


Рис. 1: Среднее расстояния до ближайшего кандидата на разметку на 100 кадрах

Для определения качества алгоритма строится гистограмма расстояний до ближайшего кандидата на разметку на разных расстояниях (см. Рис. 1, 2) от автомобиля.

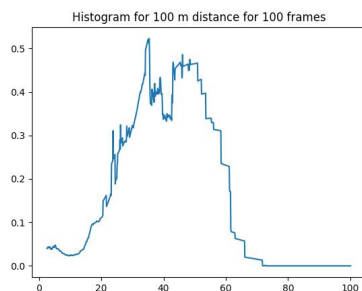


Рис. 2: Среднее расстояния до ближайшего кандидата на разметку на 100 кадрах

Заключение

В результате была выбрана модель полосы, был реализован алгоритм ее выделения, сглаживания и вычисления confidence модели. Были произведена оценка качества алгоритма: первые 30 метров алгоритм точно строит модель: средняя ошибка не превышает 0.4 метра, тогда как ширина дорожной разметки составляет от 20 до 40 сантиметров, а дальше с увеличением расстояния точность падает.

Список литературы

- [1] Xin-yu WANG, Jian LI, Xiang-jing AN, Han-gen HE. FPGA based Curve Lane Marking Detection for ADAS. — 2017 — https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/9789813206823_032 (дата обращения: 13.05.2024)
- [2] Chien-Hung Yu, Kun-Lung Ku, Hung-Pang Lin. A Camera-IMU Sensor Fusion for Robust Lane Information on Lateral Control System. — 2019 — <https://ieeexplore.ieee.org/document/8951693> (дата обращения: 13.05.2024)
- [3] Yuchen Liu, Hao Cheng, Zhiqiang Li. Fused Front Lane Trajectory Estimation Based on Current ADAS Sensor Configuration. — 2020 — <https://ieeexplore.ieee.org/document/9338470> (дата обращения: 13.05.2024)