

Яндекс



Может ли беспилотный автомобиль предсказывать намерения?

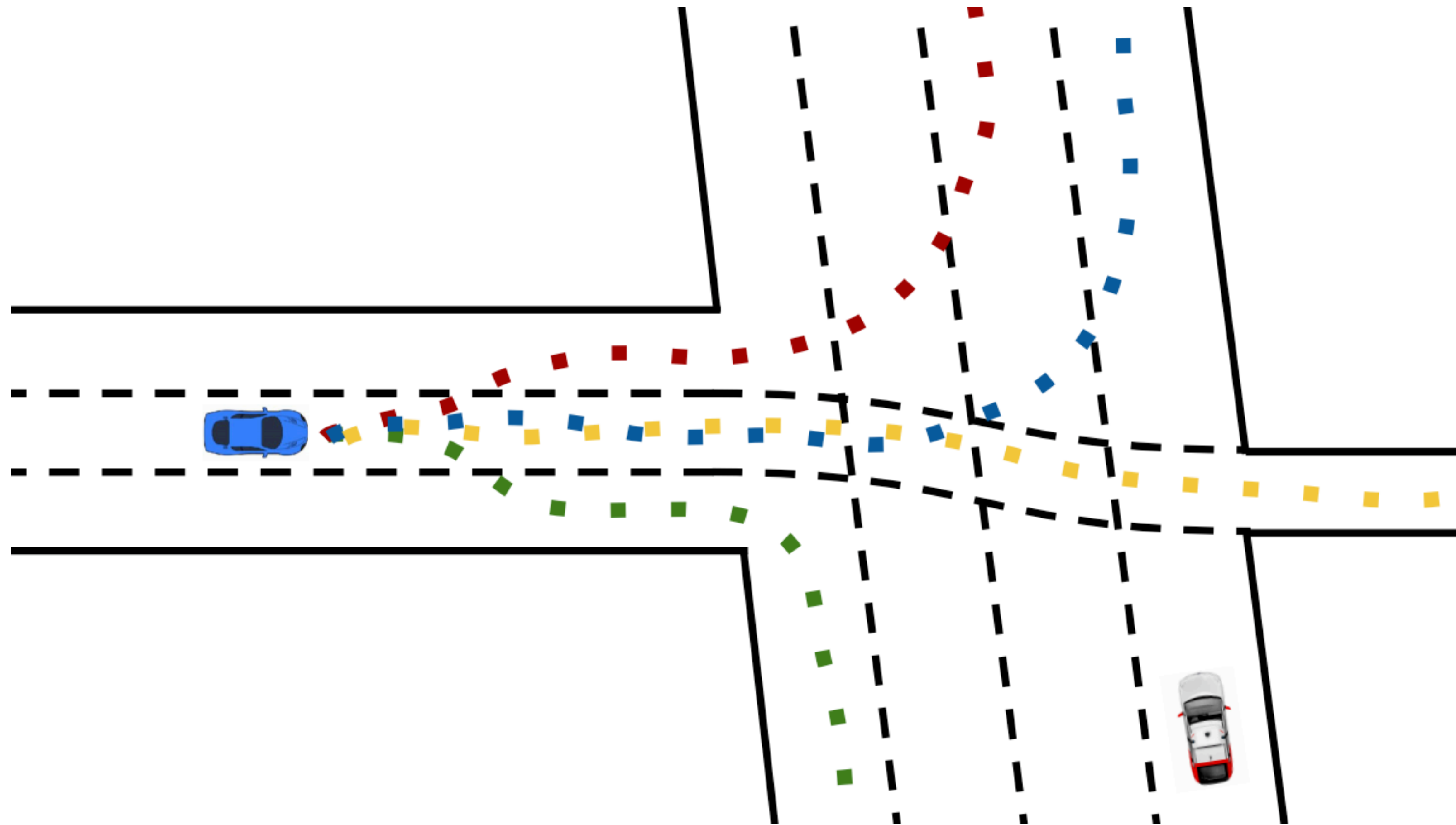
Роман Удовиченко

Руководитель группы обработки дорожной ситуации





Задача предсказания намерений



Подзадачи

Предсказание намерений

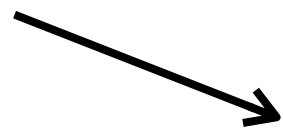
Подзадачи

Все объекты
→

Предсказание намерений

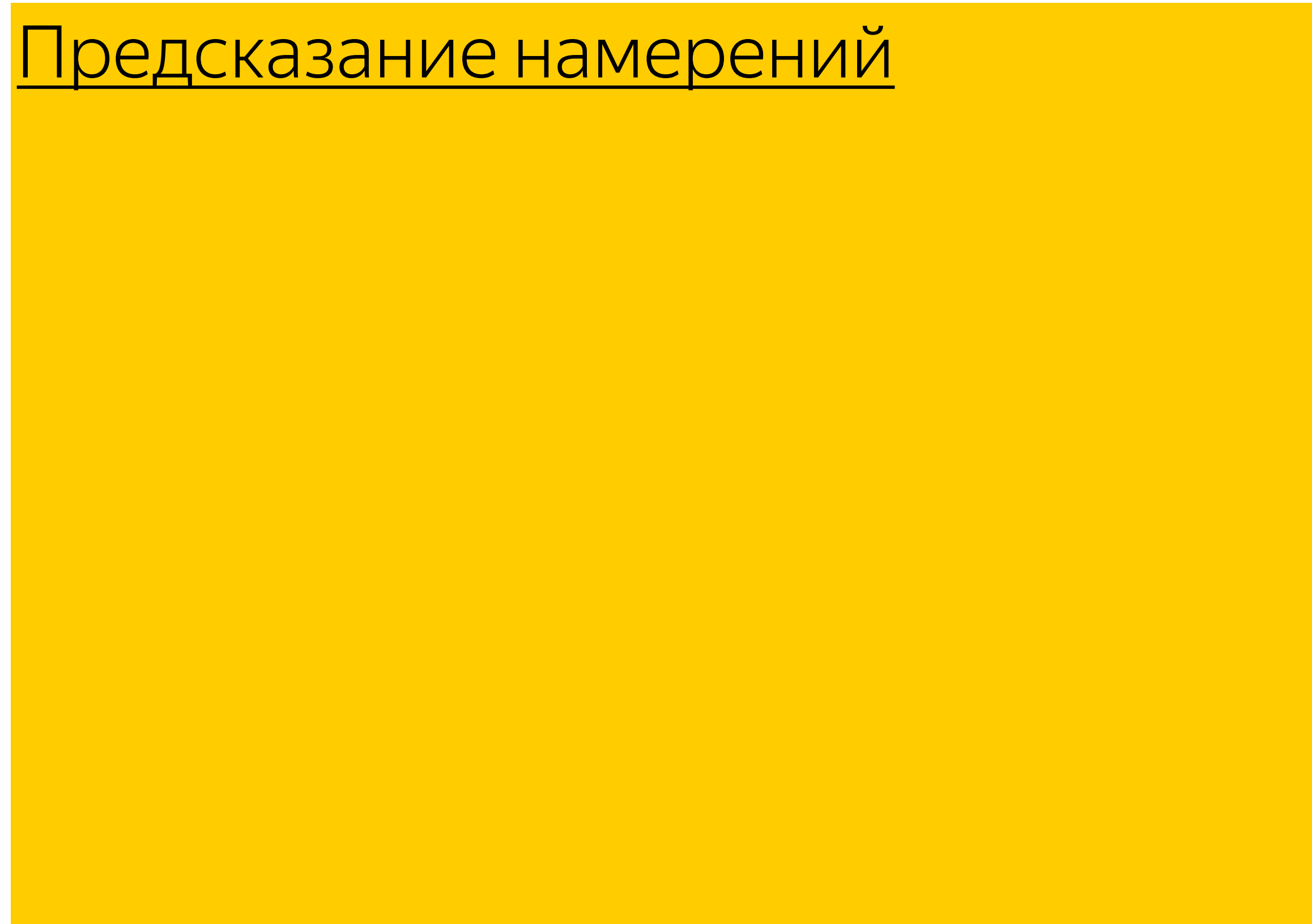
Подзадачи

Все объекты



Карта —————>

Предсказание намерений



Подзадачи

Все объекты



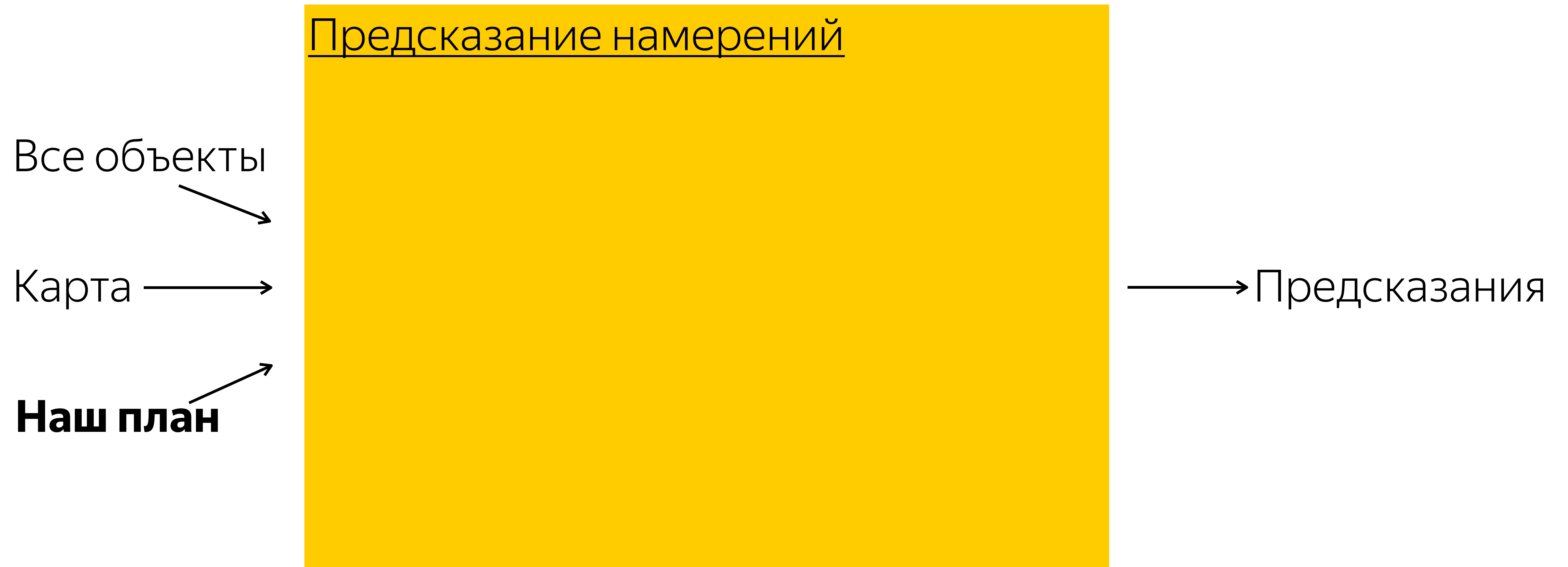
Карта —————>

Наш план

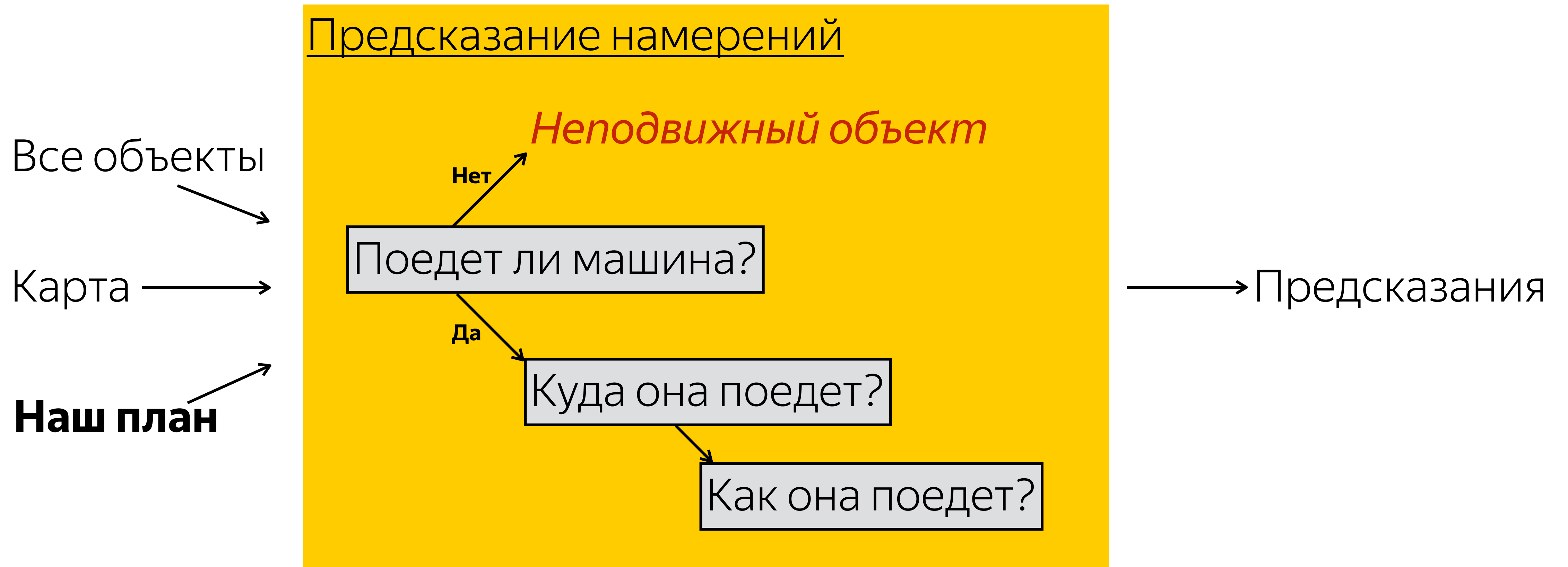


Предсказание намерений

Подзадачи



Подзадачи



Поедет ли машина?



Детектор припаркованных автомобилей

Детектор припаркованных автомобилей

› Задача бинарной классификации

Детектор припаркованных автомобилей

- › Задача бинарной классификации
- › Придумываем признаки

Детектор припаркованных автомобилей

- › Задача бинарной классификации
- › Придумываем признаки
- › Обучаем модель

Детектор припаркованных автомобилей

- › Задача бинарной классификации
- › Придумываем признаки
- › Обучаем модель
- › ...

Детектор припаркованных автомобилей

- › Задача бинарной классификации
- › Придумываем признаки
- › Обучаем модель
- › ...
- › Profit!

Примеры признаков

Примеры признаков

› Скорость

Примеры признаков

- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?

Примеры признаков

- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?
- › Стоит ли рядом человек?

Примеры признаков

- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?
- › Стоит ли рядом человек?
- › Время с момента остановки

Примеры признаков

- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?
- › Стоит ли рядом человек?
- › Время с момента остановки
- › Наличие светофора впереди и его цвет

Примеры признаков

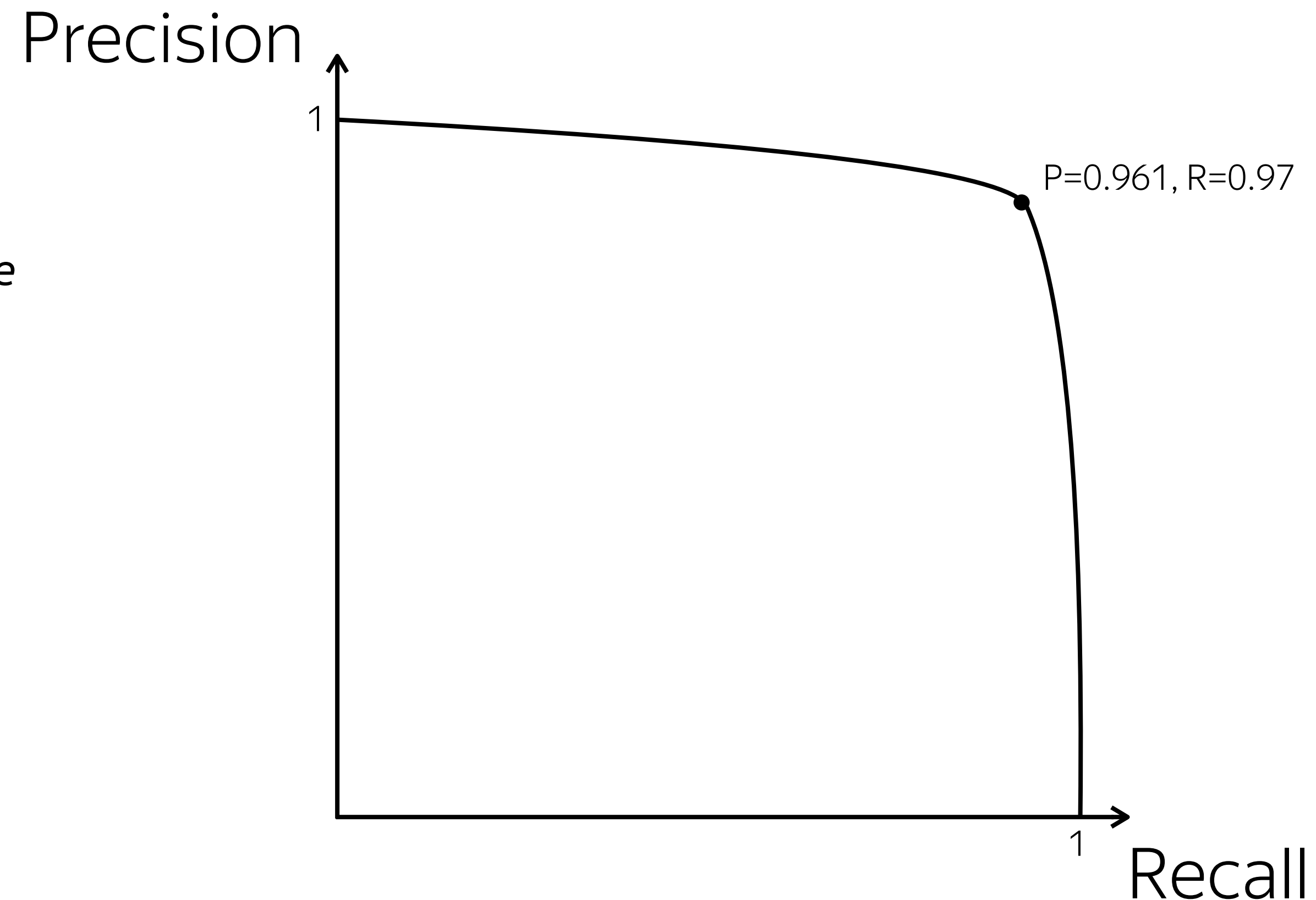
- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?
- › Стоит ли рядом человек?
- › Время с момента остановки
- › Наличие светофора впереди и его цвет
- › Наличие других машин впереди

Примеры признаков

- › Скорость
- › Горят ли габариты? Моргает ли аварийка?
- › Стоит ли рядом человек?
- › Время с момента остановки
- › Наличие светофора впереди и его цвет
- › Наличие других машин впереди
- › ...

Детектор припаркованных автомобилей

- › *Precision*: сколько машин из тех, которые мы посчитали припаркованными, действительно припаркованы
- › *Recall*: сколько машин из действительно припаркованных мы распознали, как припаркованные



Куда поедет машина?



Предсказание манёвров

Предсказание манёвров

› Попробуем описать все манёвры

Предсказание манёвров

- › Попробуем описать все манёвры
- › «Продолжать движение в текущей полосе», «повернуть налево», «повернуть направо», «перестроиться», «развернуться», ...

Предсказание манёвров



Предсказание манёвров

- › Попробуем описать все манёвры
- › «Продолжать движение в текущей полосе», «повернуть налево», «повернуть направо», «перестроиться», «развернуться», ...

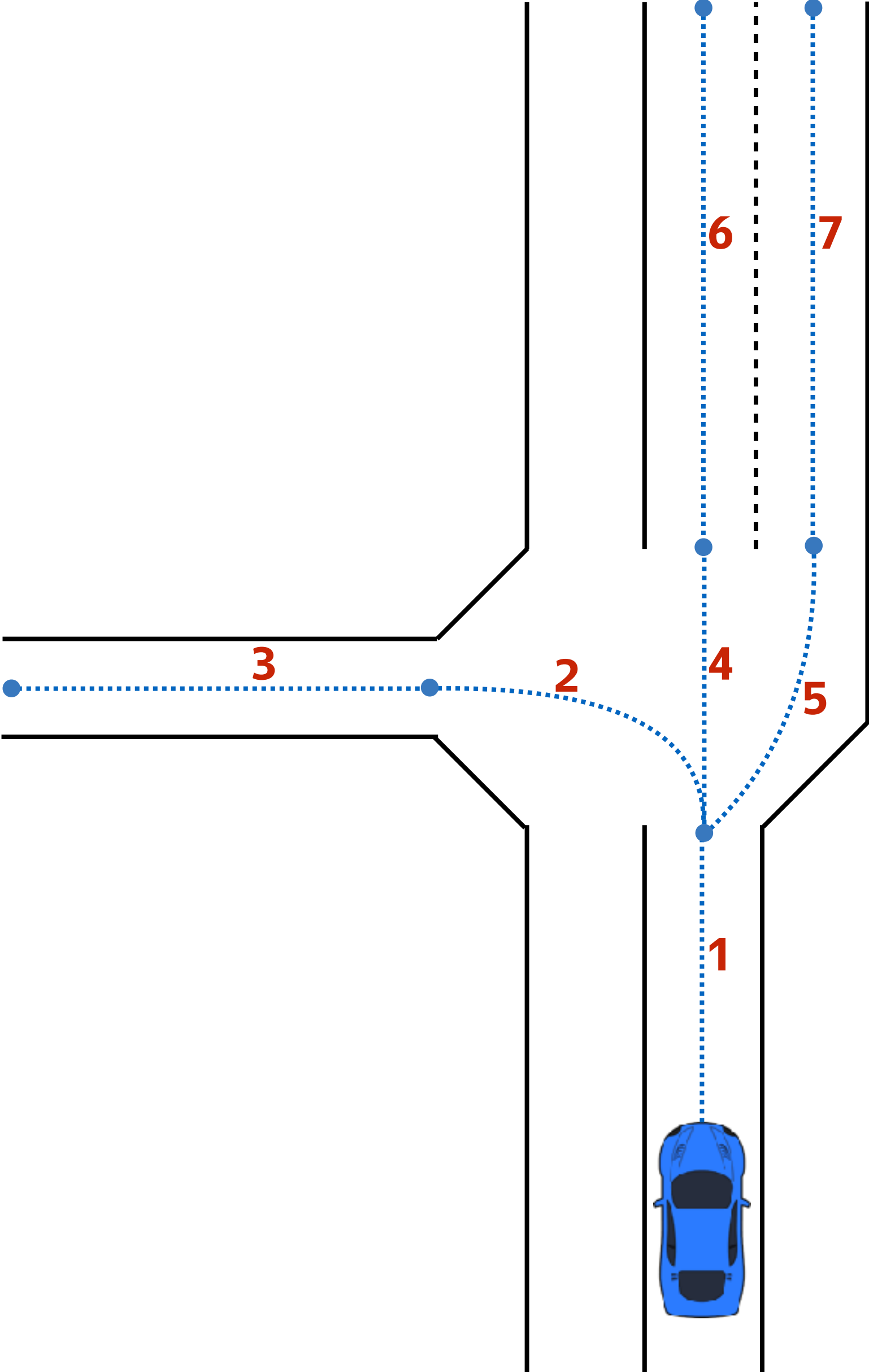
Предсказание манёвров

- › Попробуем описать все манёвры
- › «Продолжать движение в текущей полосе», «повернуть налево», «повернуть направо», «перестроиться», «развернуться», ...
- › Манёвров слишком много

Предсказание манёвров

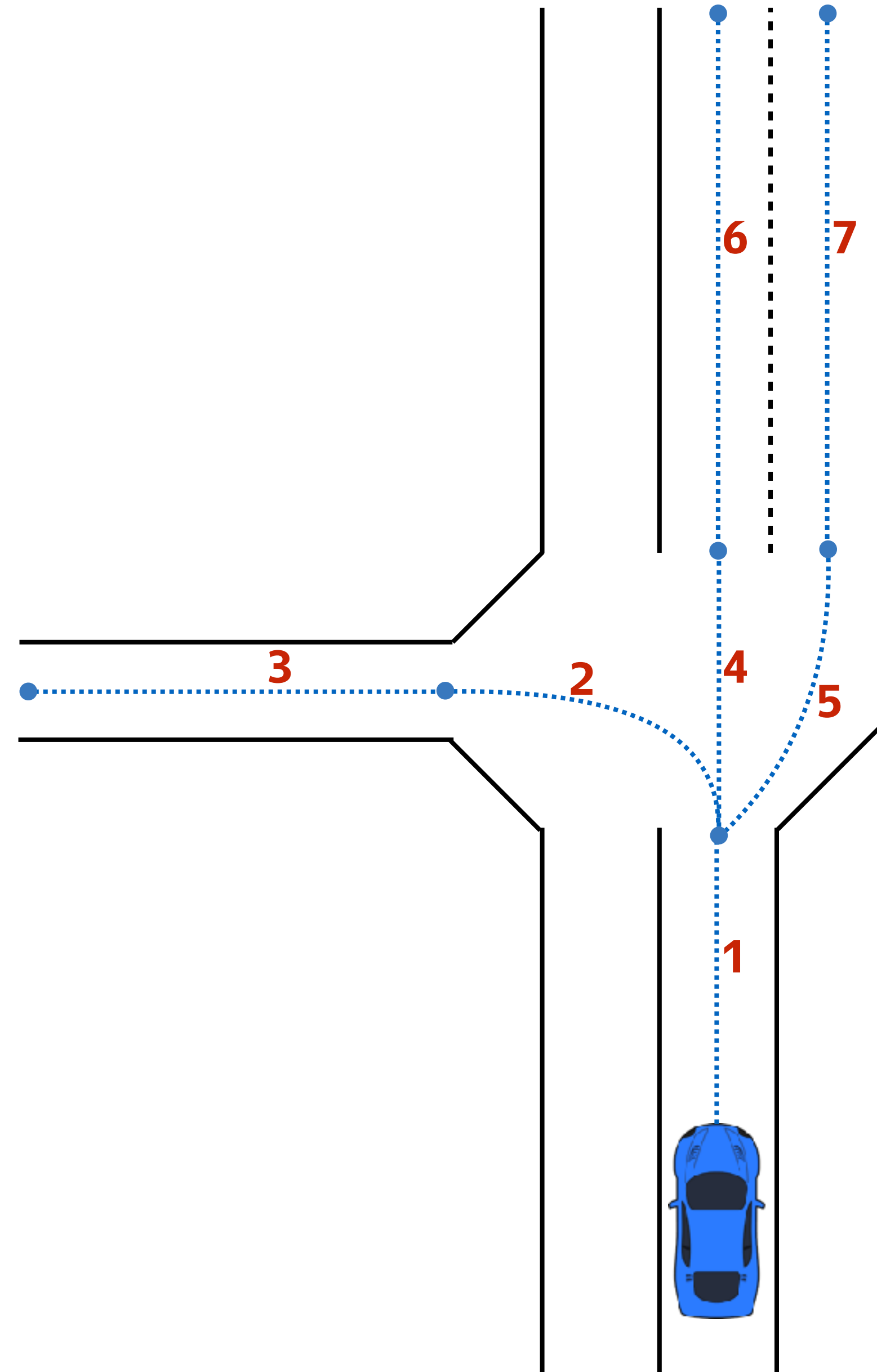
- › Попробуем описать все манёвры
- › «Продолжать движение в текущей полосе», «повернуть налево», «повернуть направо», «перестроиться», «развернуться», ...
- › Манёвров слишком много
- › Можно предсказывать последовательности рёбер!

Предсказание манёвров



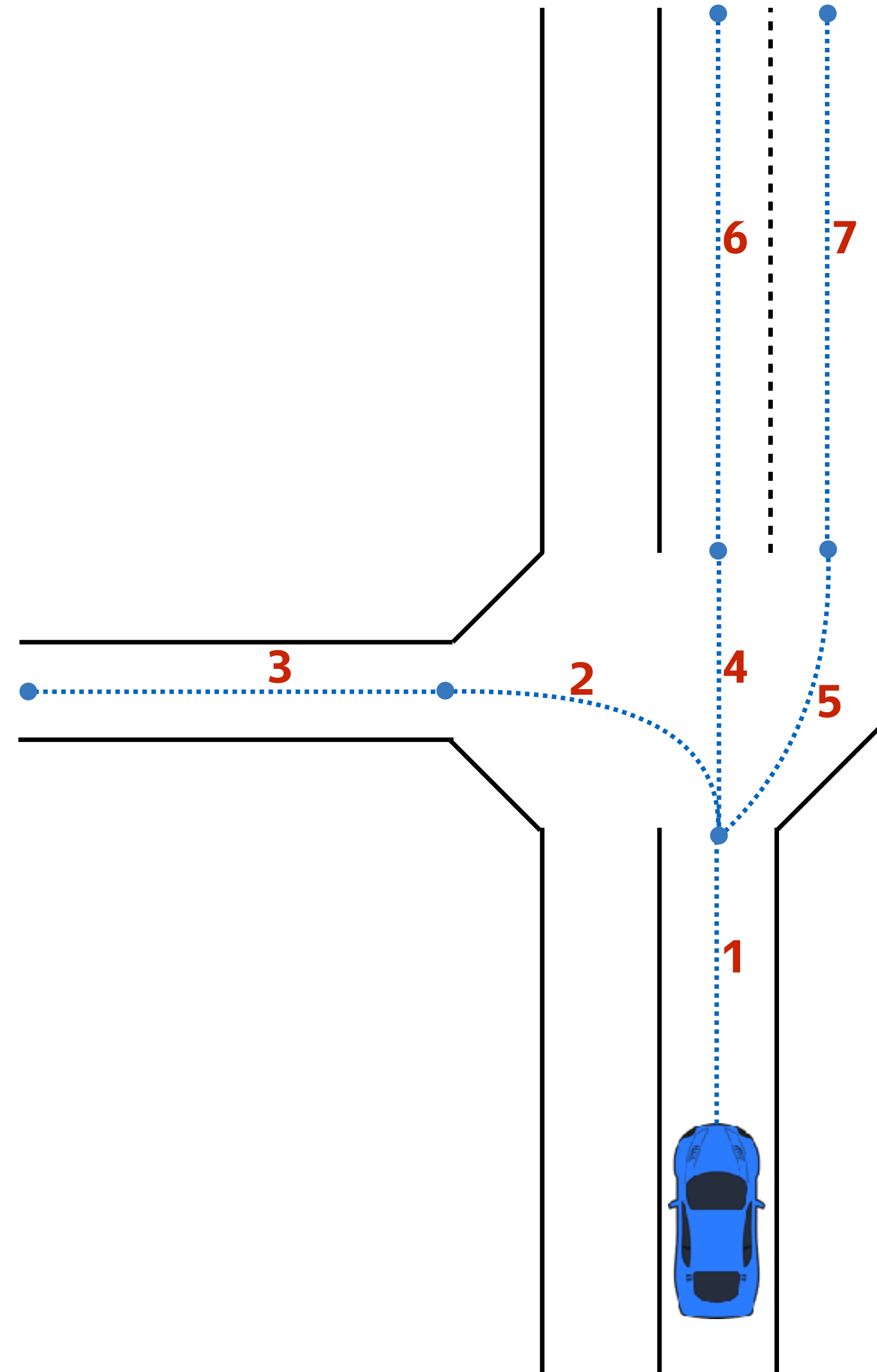
Предсказание манёвров

› Дано положение машины, история её перемещения, положение и история других машин



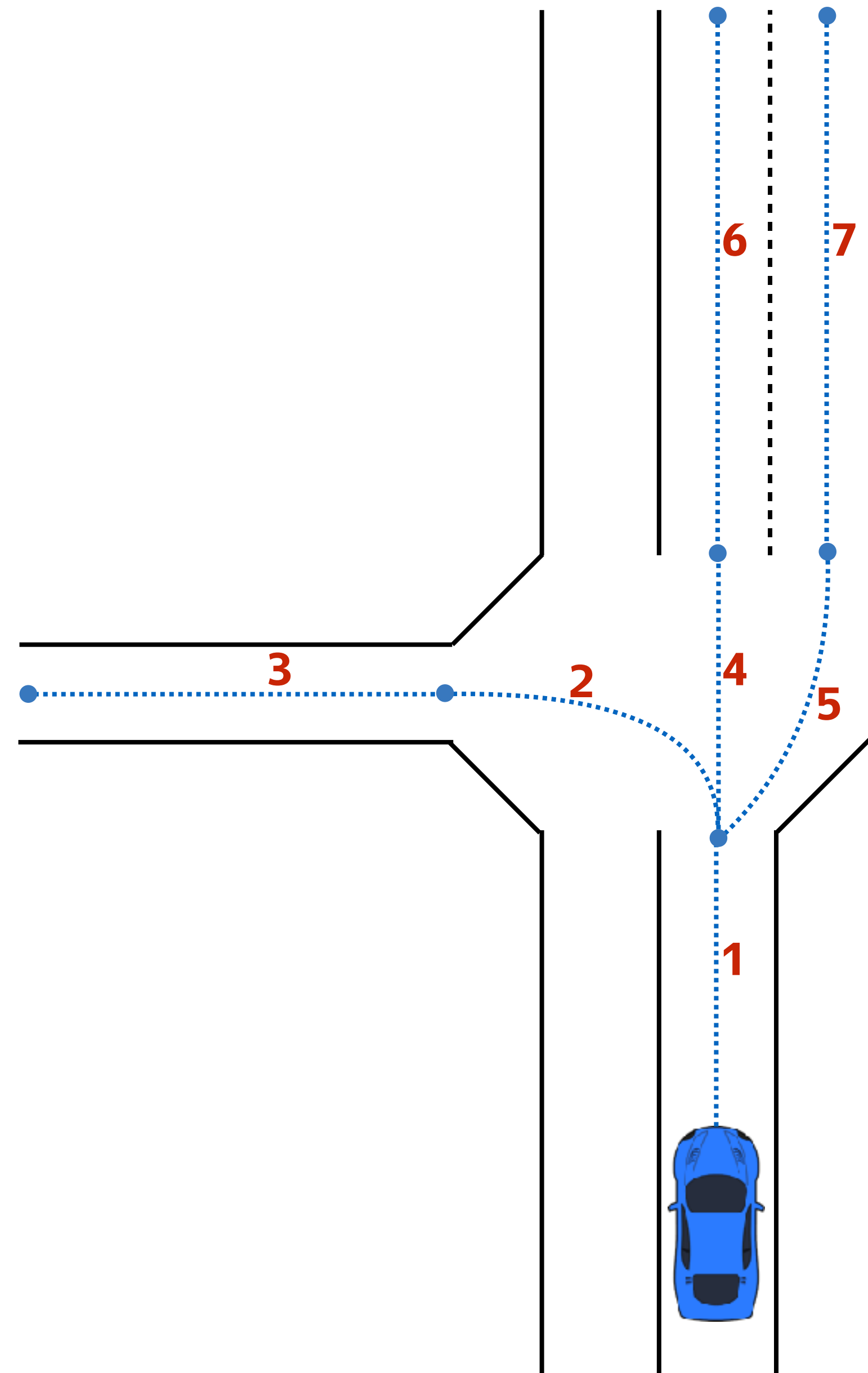
Предсказание манёвров

- › Дано положение машины, история её перемещения, положение и история других машин
- › Рассмотрим возможную последовательность рёбер, по которым может поехать машина



Предсказание манёвров

- › Дано положение машины, история её перемещения, положение и история других машин
- › Рассмотрим возможную последовательность рёбер, по которым может поехать машина
- › Для каждой последовательности выдать вероятность, что машина поедет именно по ней



Предсказание манёвров: признаки

Предсказание манёвров: признаки

› Текущее относительное положение в графе полос и скорость

Предсказание манёвров: признаки

- › Текущее относительное положение в графе полос и скорость
- › История движения машины

Предсказание манёвров: признаки

- › Текущее относительное положение в графе полос и скорость
- › История движения машины
- › Поворотники

Предсказание манёвров: признаки

- › Текущее относительное положение в графе полос и скорость
- › История движения машины
- › Поворотники
- › Положение других участников дорожного движения

Предсказание манёвров: признаки

- › Текущее относительное положение в графе полос и скорость
- › История движения машины
- › Поворотники
- › Положение других участников дорожного движения
- › Препятствия на дороге

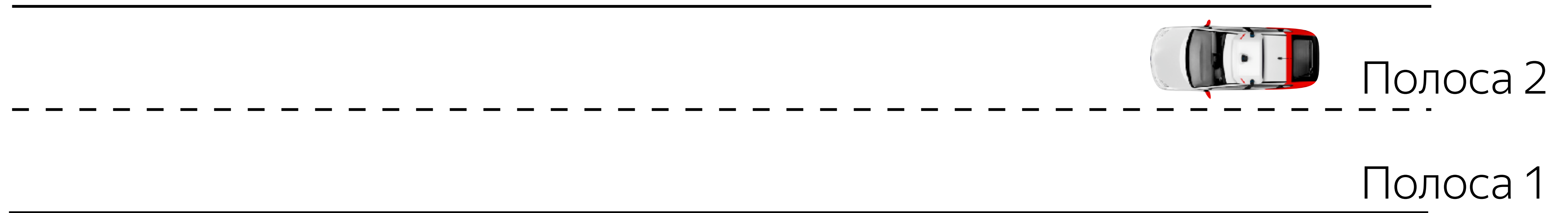
Предсказание манёвров: признаки

- › Текущее относительное положение в графе полос и скорость
- › История движения машины
- › Поворотники
- › Положение других участников дорожного движения
- › Препятствия на дороге
- › ...

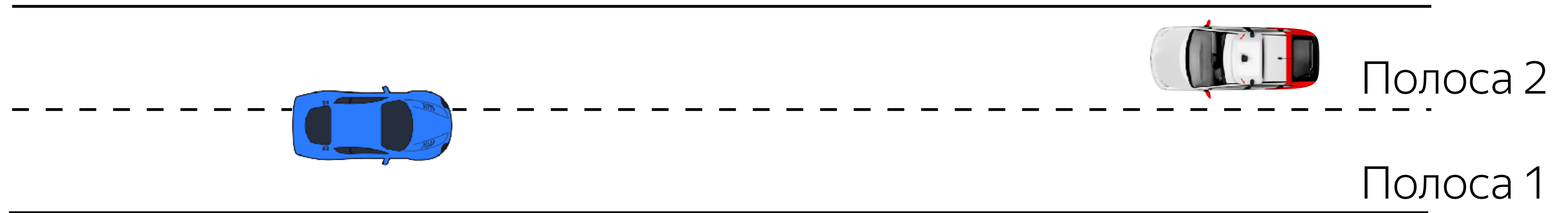
Как поедет машина?



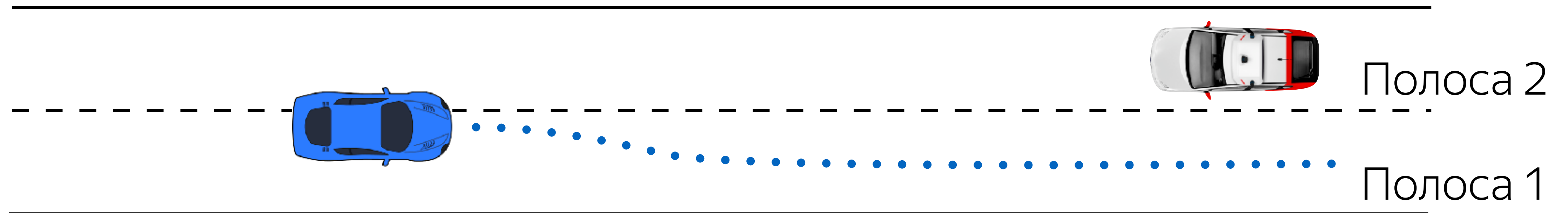
Задача построения траектории



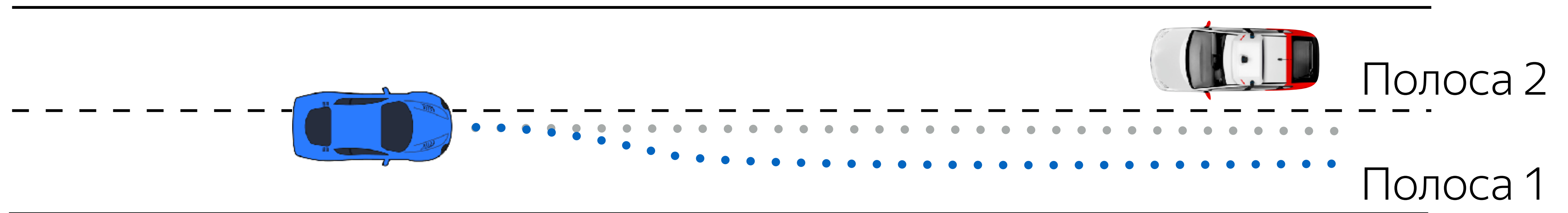
Задача построения траектории



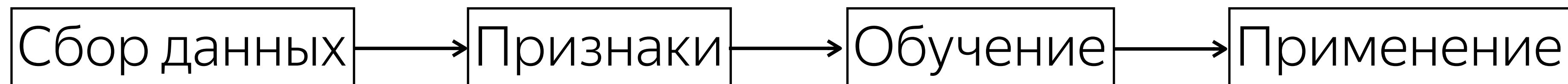
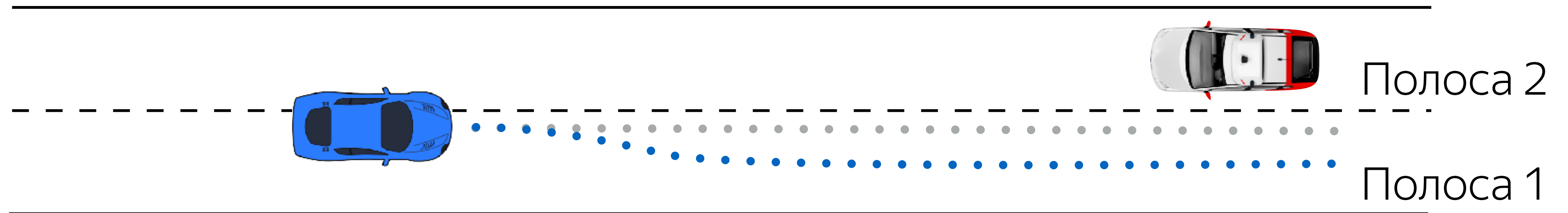
Задача построения траектории



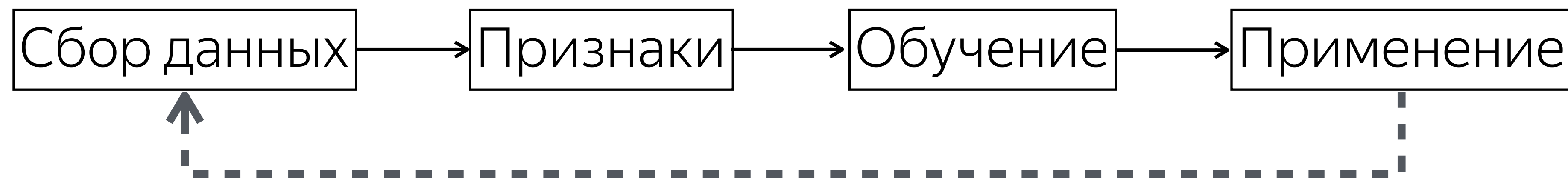
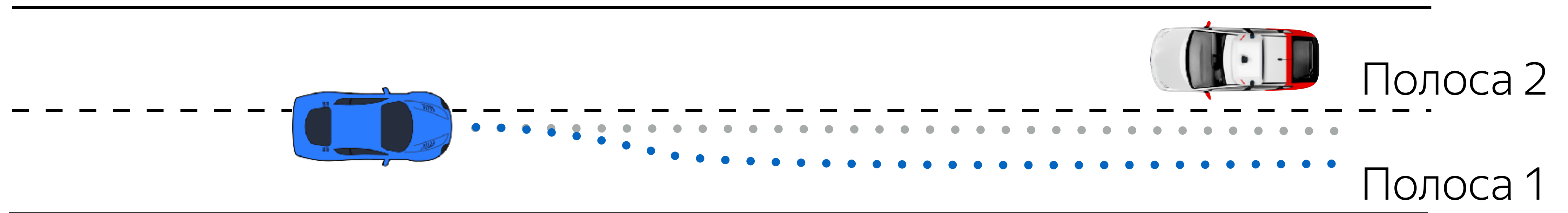
Задача построения траектории



Задача построения траектории

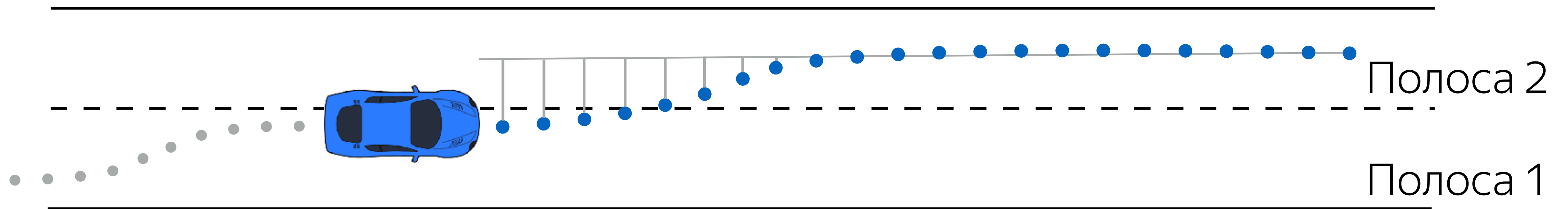


Задача построения траектории

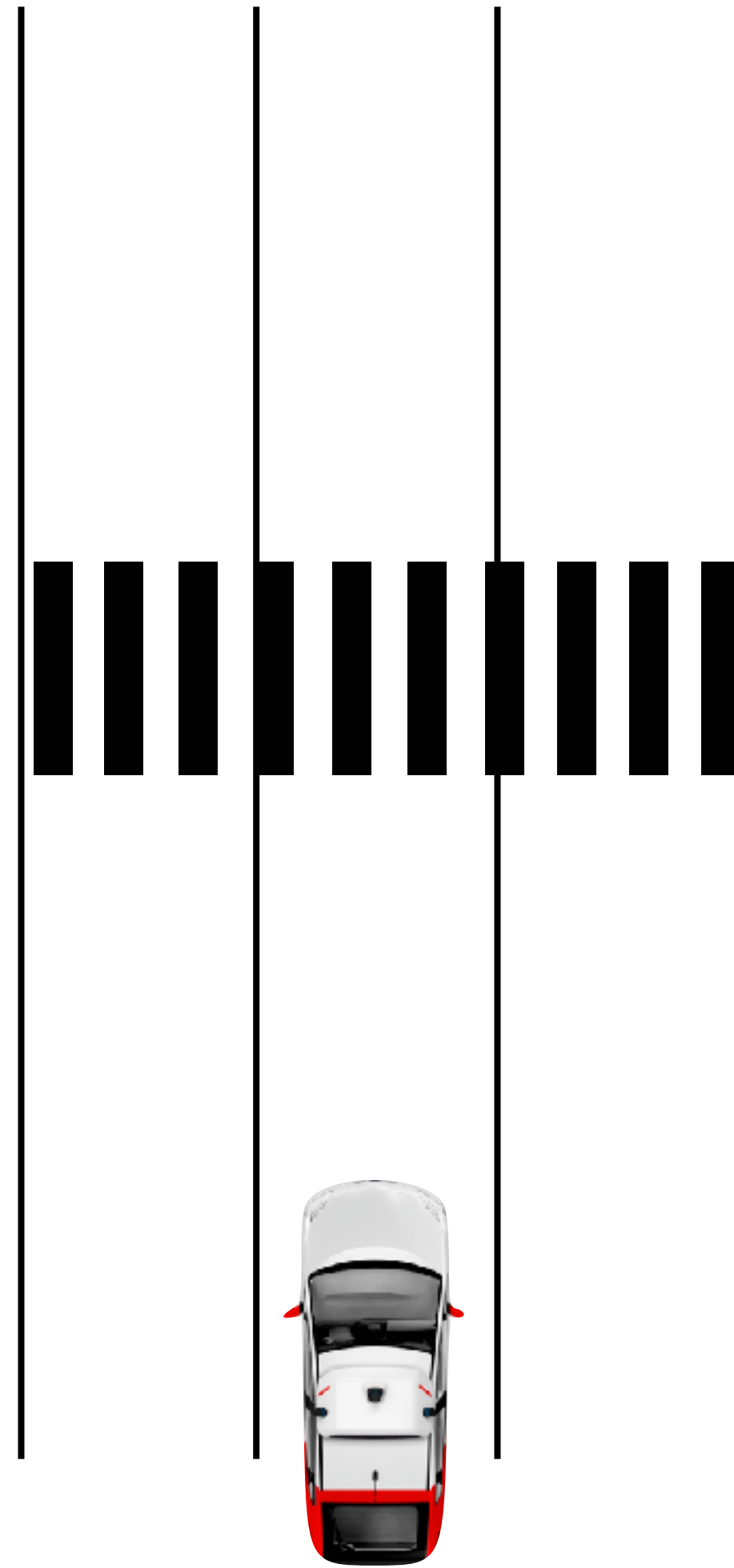


Задача построения траектории

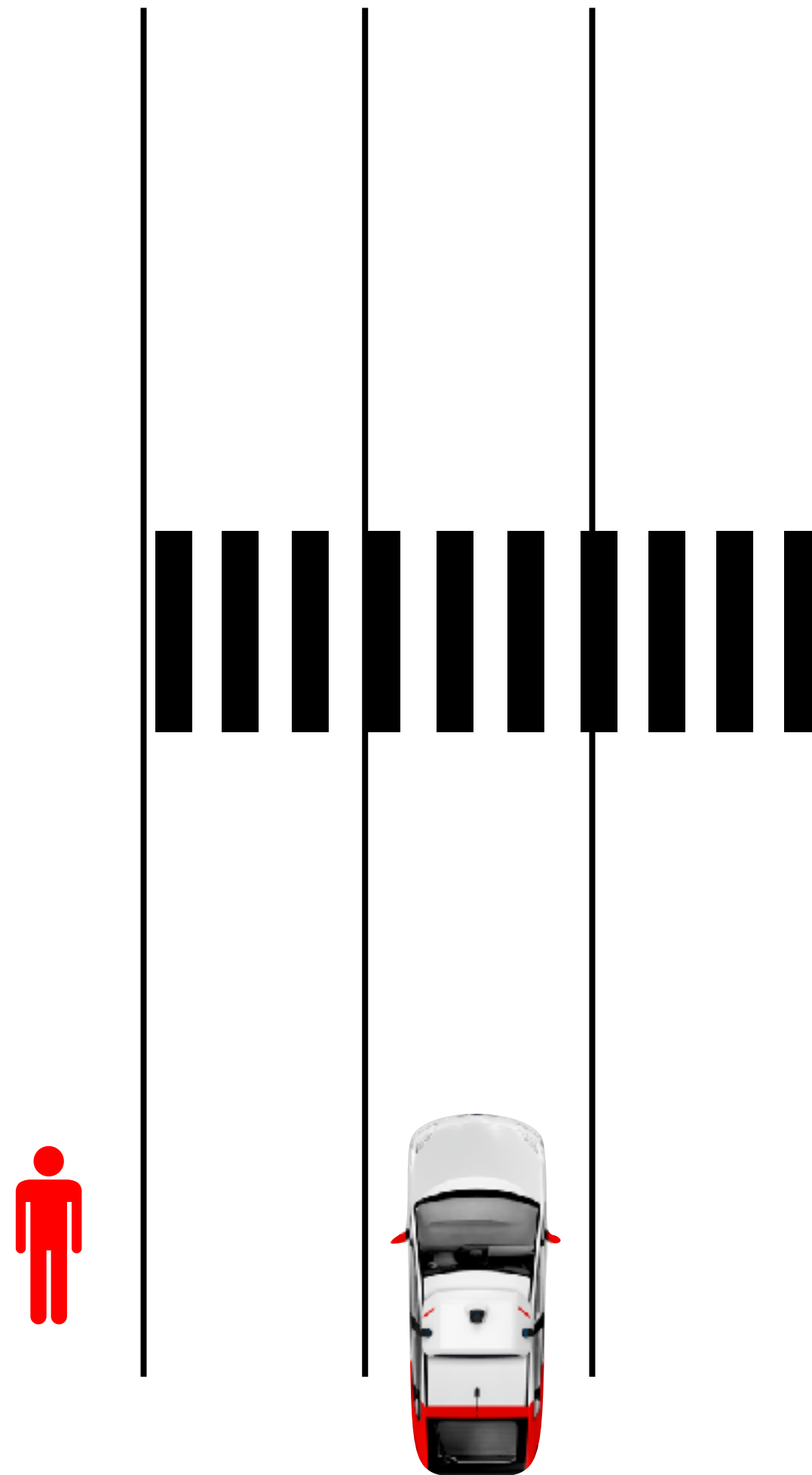
Можно свести к предсказанию ряда



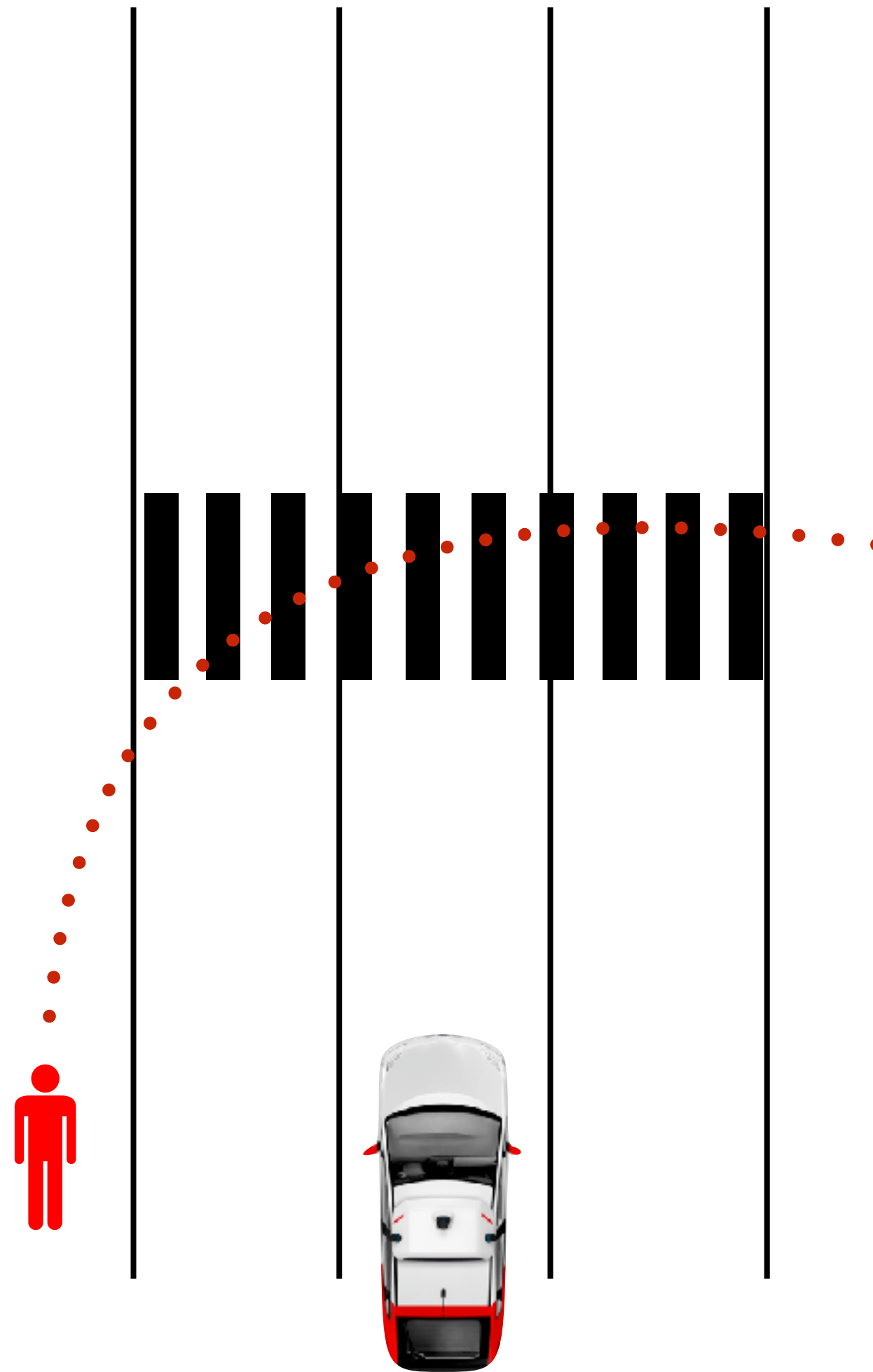
Предсказание поведения пешеходов



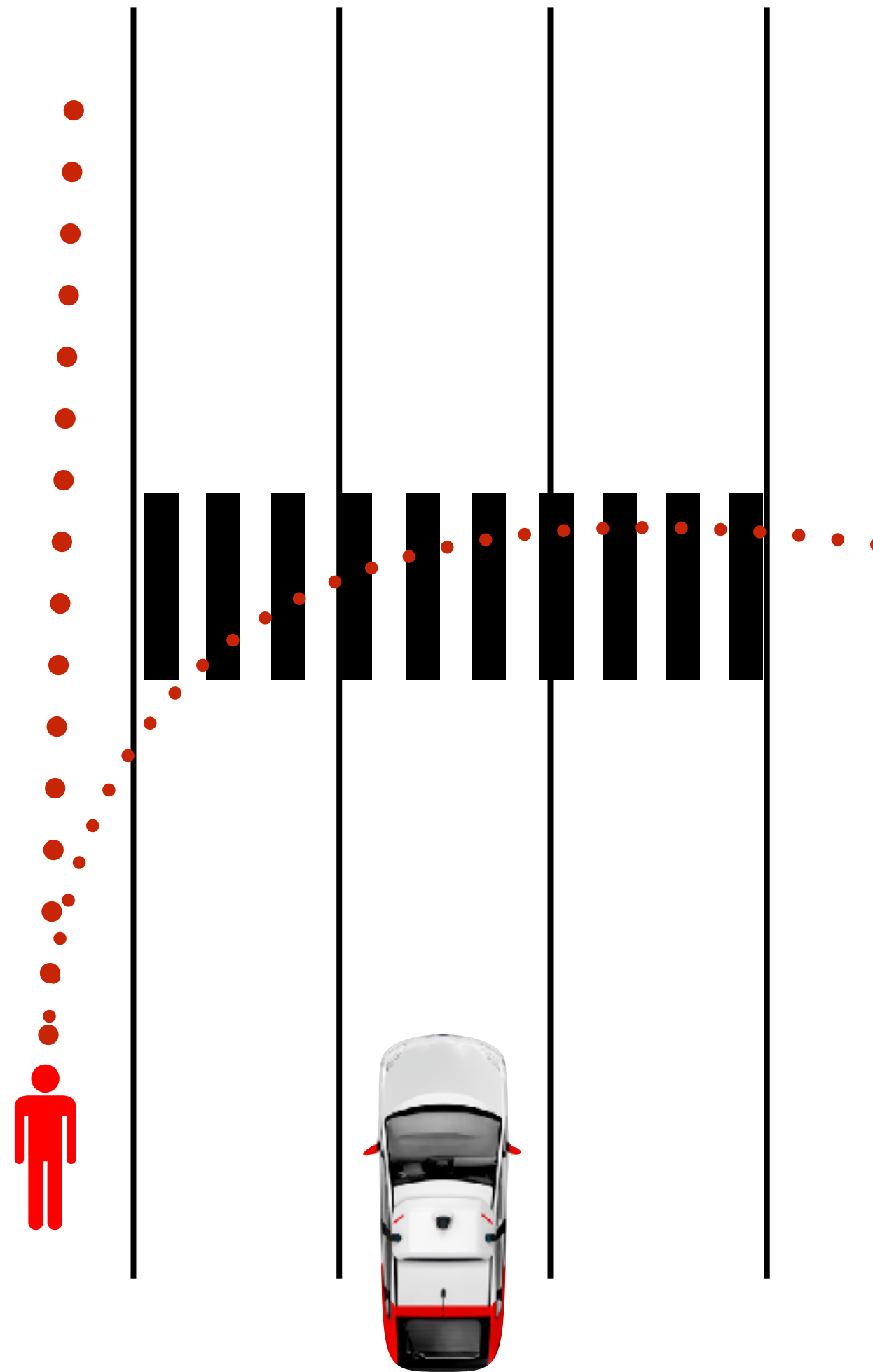
Предсказание поведения пешеходов



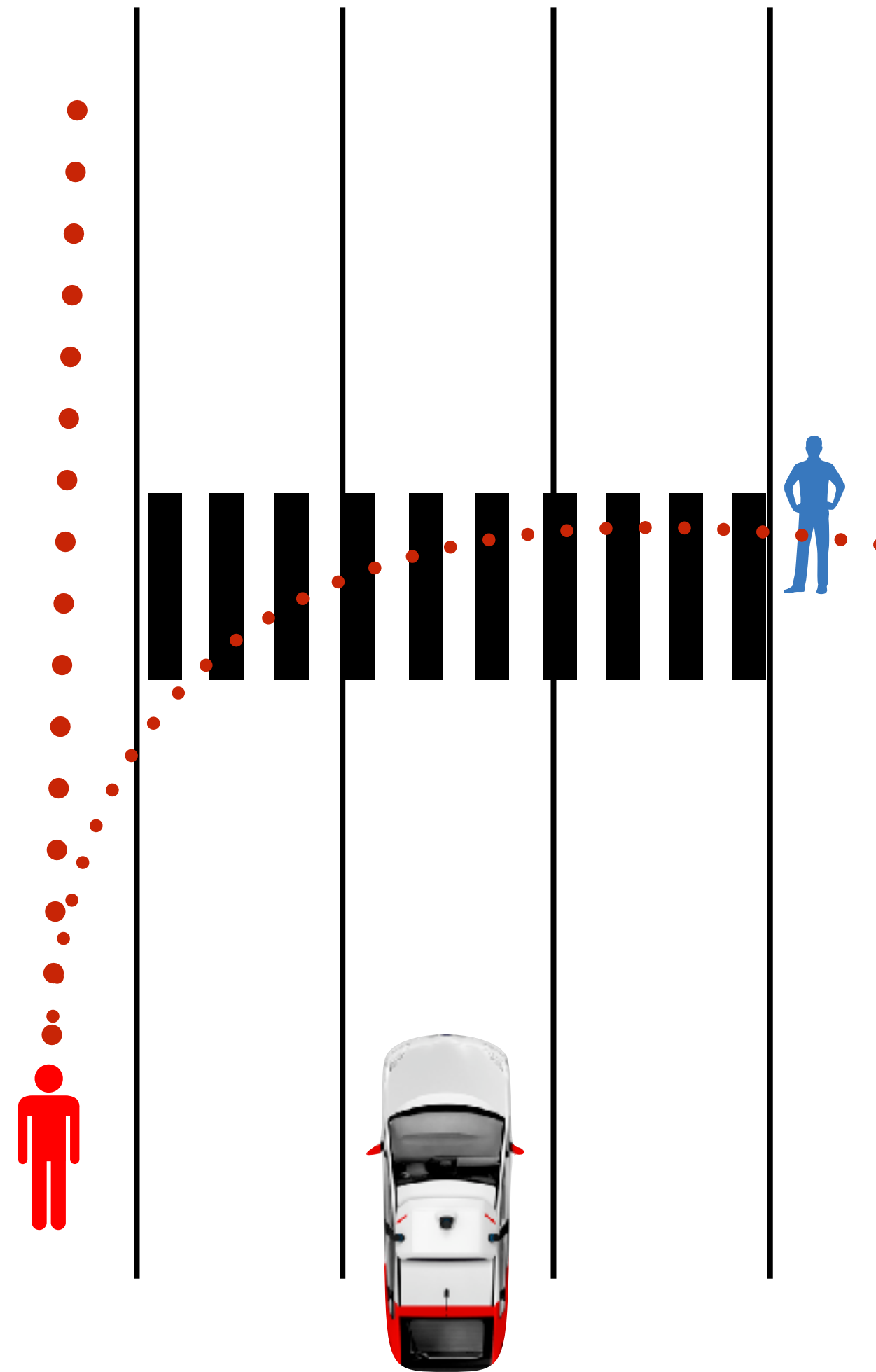
Предсказание поведения пешеходов



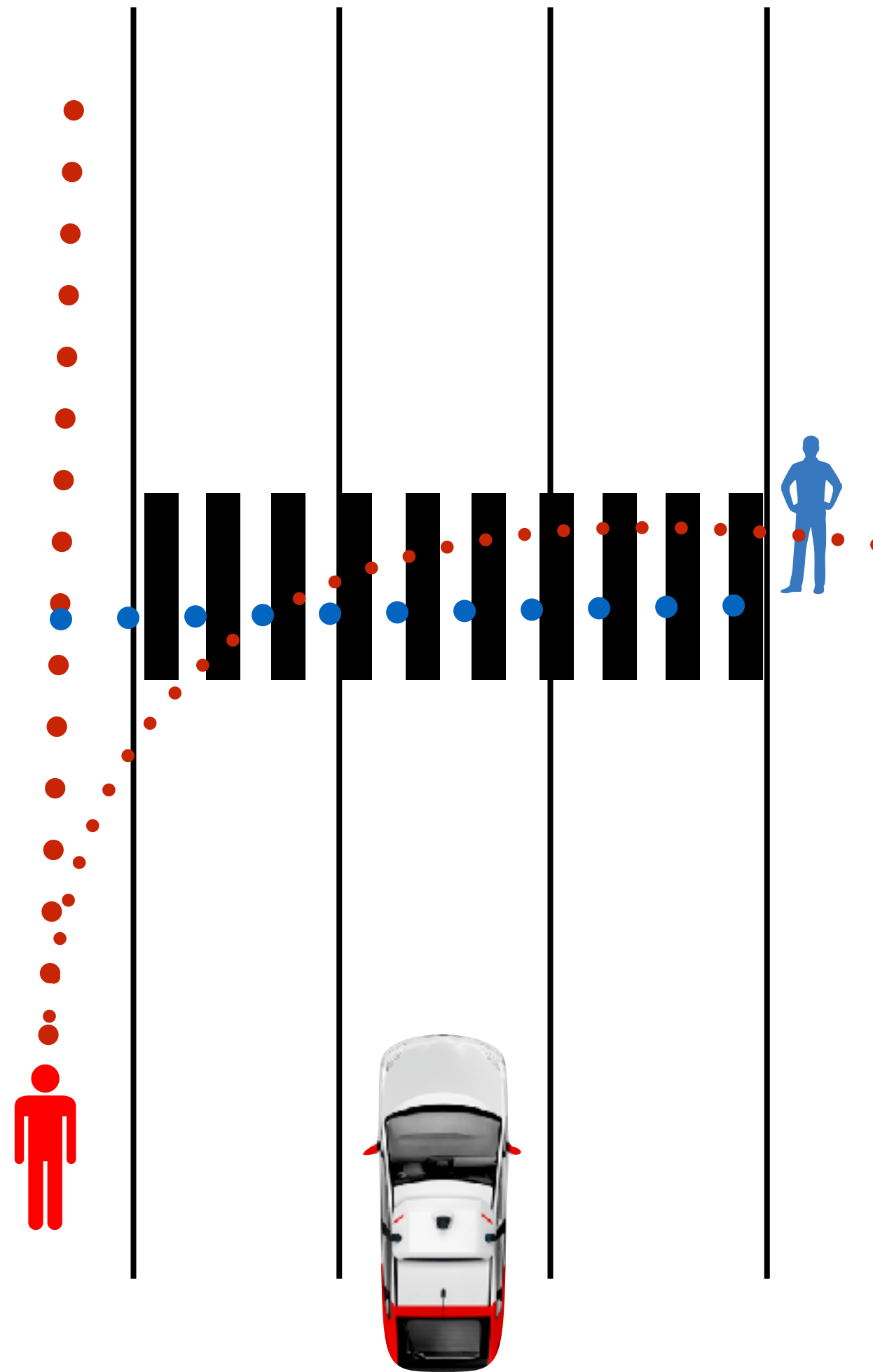
Предсказание поведения пешеходов



Предсказание поведения пешеходов

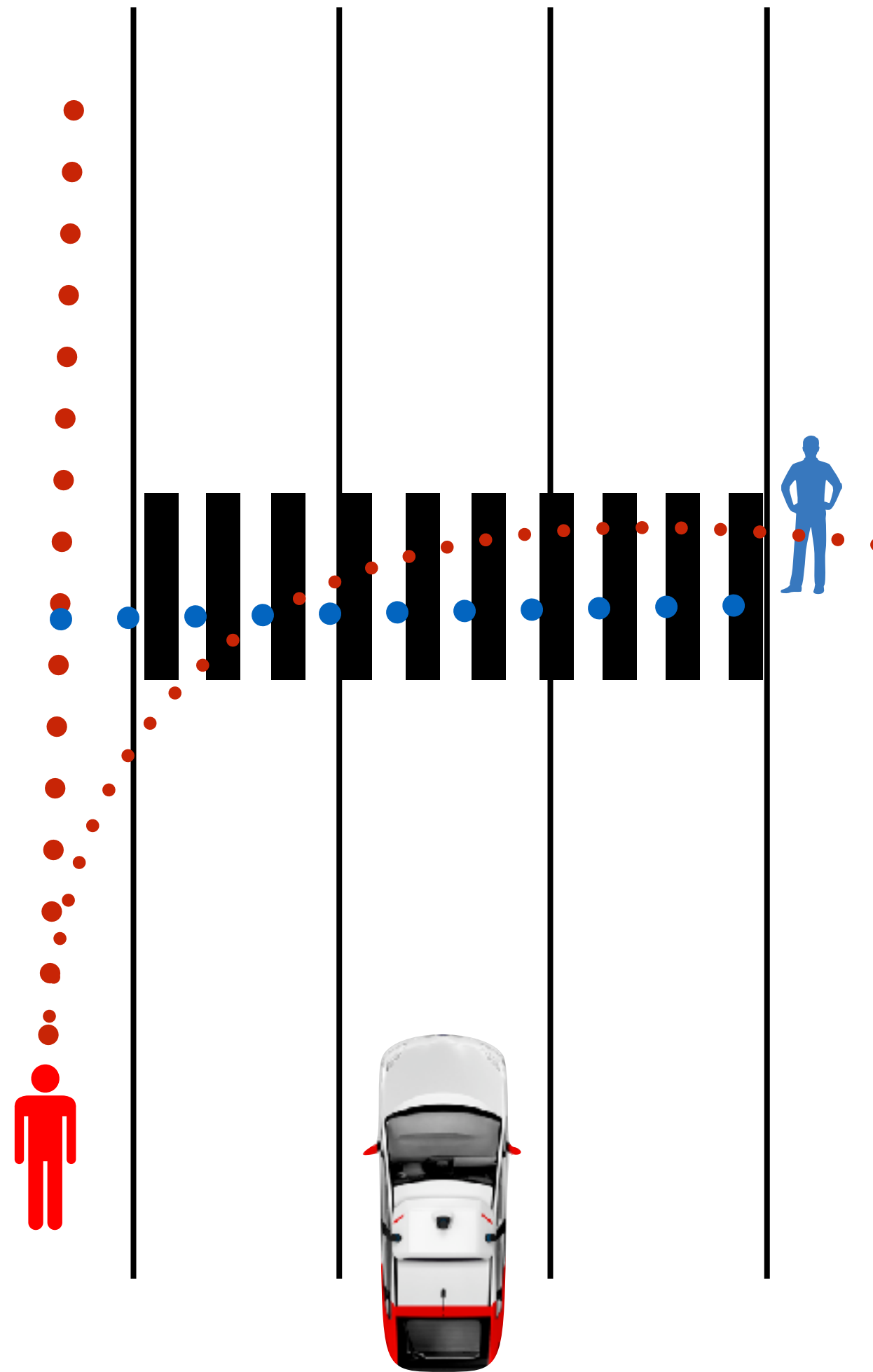


Предсказание поведения пешеходов



Предсказание поведения пешеходов

- › Манёвры:
 - «идти по тротуару»
 - «перейти дорогу»
 - «идти к переходу»
- › Генерация траекторий



На чём же это всё обучать

На чём же это всё обучать

- › Датасет собрать несложно: ездит машина с сенсорами, собирает данные

На чём же это всё обучать

- › Датасет собрать несложно: ездит машина с сенсорами, собирает данные
- › Для истинных траекторий и последовательностей рёбер можно использовать выдачу модуля распознавания

Оценка качества

Оценка качества

› Детектор припаркованных машин: нужна разметка

Оценка качества

- › Детектор припаркованных машин: нужна разметка
- › Предсказание рёбер: можно сравнивать с тем, что было в реальности (?)

Оценка качества

- › Детектор припаркованных машин: нужна разметка
- › Предсказание рёбер: можно сравнивать с тем, что было в реальности (?)
- › Предсказание траектории: можно сравнивать с тем, что было в реальности (???)

ИТОГИ



Так что же мы пытаемся предсказать?

Так что же мы пытаемся предсказать?

1. «Поедет ли машина?» — детектор припаркованных автомобилей

Так что же мы пытаемся предсказать?

1. «Поедет ли машина?» — детектор припаркованных автомобилей
2. «Куда она поедет?» — предсказание последовательности рёбер в дорожном графе

Так что же мы пытаемся предсказать?

1. «Поедет ли машина?» — детектор припаркованных автомобилей
2. «Куда она поедет?» — предсказание последовательности рёбер в дорожном графе
3. «Как она поедет?» — предсказание точной траектории автомобиля

Спасибо за внимание!

Роман Удовиченко

Self-driving cars Team Leader



rudovichenko@yandex-team.ru