

Компьютерное моделирование

Клеточные автоматы

Кафедра ИВТ и ПМ

2018

План

Прошлые темы

Автомат

Клеточный автомат

Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

Outline

Прошлые темы

Автомат

Клеточный автомат

Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

Прошлые темы

- ▶ В чём состоит подход Эйлера в моделировании пространства?
- ▶ Что такое агентное моделирование?
- ▶ Какие существуют подходы к моделированию времени?

Прошлые темы

- ▶ В чём состоит подход Эйлера в моделировании пространства?
- ▶ Что такое агентное моделирование?
- ▶ Какие существуют подходы к моделированию времени?

- ▶ Машина Тьюринга?

Outline

Прошлые темы

Автомат

Клеточный автомат

Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

Абстрактный автомат

Абстрактный автомат, automata — математическая абстракция, модель дискретного устройства, имеющего один вход, один выход и в каждый момент времени находящегося в одном состоянии из множества возможных.

Абстрактный автомат

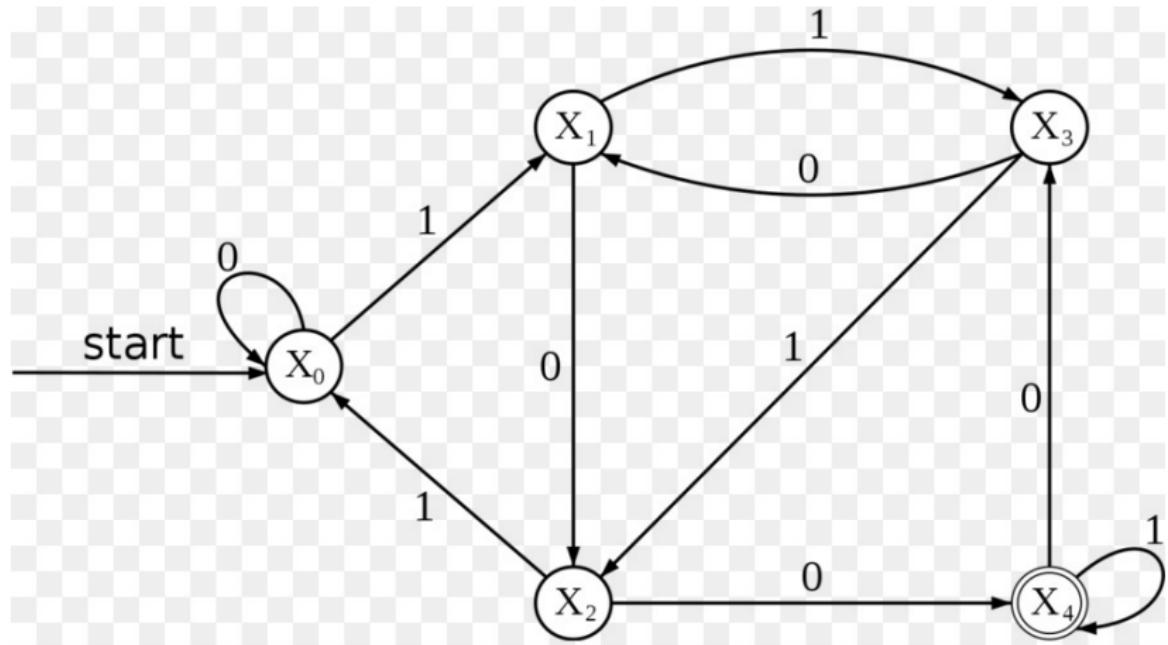
Формально абстрактный автомат определяется как
 $A = (S, X, Y, \delta, \lambda)$

- ▶ S — конечное множество состояний автомата,
- ▶ X, Y — конечные входной и выходной алфавиты соответственно, из которых формируются строки, считываемые и выдаваемые автоматом
- ▶ $\delta : S \times X \rightarrow S$ — функция переходов,
- ▶ $\lambda : S \times X \rightarrow Y$ — функция выходов.

Конечный автомат — абстрактный автомат, число возможных внутренних состояний которого конечно.

Схематическое представление автомата?

Схематическое представление автомата?



Зачем нужны?

- ▶ Синтаксические и лексические анализаторы
построение структур данных из XML, построение
внутреннего представления кода программы
- ▶ Компиляторы и трансляторы языков программирования
- ▶ Моделирование процессов в биологии, общественных
науках, экологии и др.

Примеры устройств являющихся автоматами?

Outline

Прошлые темы

Автомат

Клеточный автомат

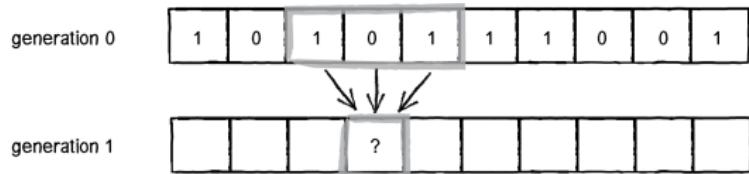
Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

Клеточный автомат — модель с дискретным пространством:

- ▶ Включает регулярную решётку ячеек
- ▶ каждая из которых может находиться в одном из конечного множества состояний (обычно 1 и 0)
- ▶ Решетка может быть любой размерности.

Клеточный автомат

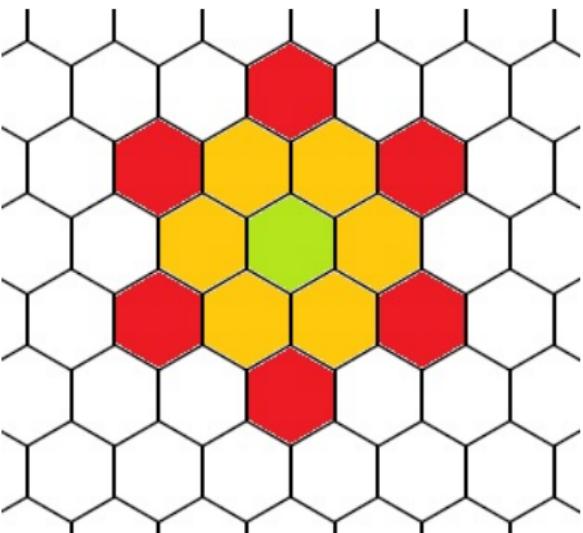


Одномерный клеточный автомат.

Такие автоматы чаще всего представляют в их эволюции, располагая
каждое следующее состояние под предыдущем

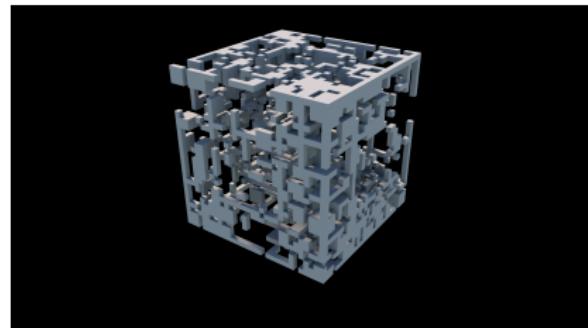
Клеточный автомат

1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1



Двумерный клеточный автомат с разными видами ячеек

Клеточный автомат



Клеточный автомат

- ▶ Для каждой ячейки определено множество ячеек, называемых окрестностью.

К примеру, окрестность может быть определена как все ячейки на расстоянии не более 2 от текущей (окрестность фон Неймана ранга 2).

- ▶ Для работы клеточного автомата требуется задание начального состояния всех ячеек
- ▶ и правил перехода ячеек из одного состояния в другое.
- ▶ На каждой итерации, используя правила перехода и состояния соседних ячеек, определяется новое состояние каждой ячейки.

Обычно правила перехода одинаковы для всех ячеек и применяются сразу ко всей решётке.

Outline

Прошлые темы

Автомат

Клеточный автомат

Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

Одномерные клеточные автоматы

Одномерный клеточный автомат (с конечным числом клеток)

- ▶ можно представить лентой из конечного набора клеток
- ▶ каждая клетка может быть в одном из двух состояний: закрашена (1), не закрашена (0)
- ▶ состояние каждой клетки меняется согласно установленным правилам
- ▶ правила учитывают некоторое число соседей слева или справа
- ▶ эволюцию такого автомата представляют наглядно, изображая новое состояние ленты под старым

Правила

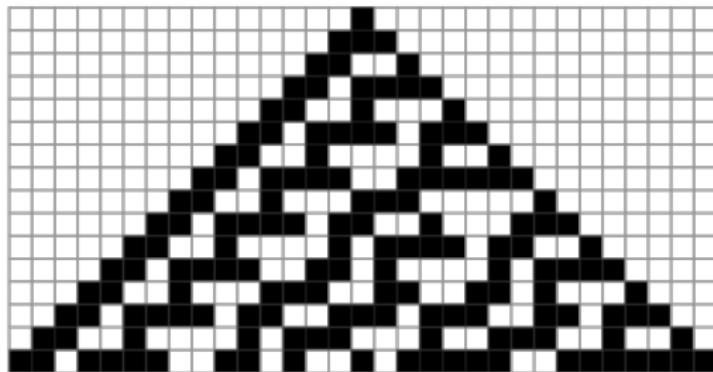
- ▶ Правило можно представить в двоичном виде
- ▶ Например правило 110

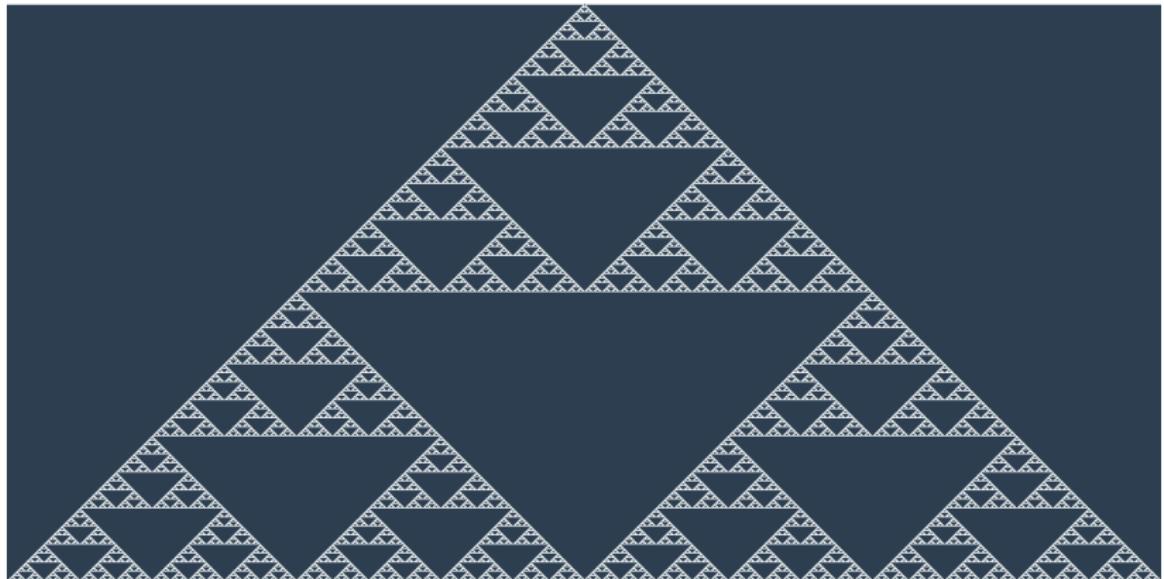
Текущее состояние	111	110	101	100	011	010	001	000
Новое состояние центральной клетки	0	1	1	0	1	1	1	0

- ▶ если рассматриваемая клетка закрашена и закрашены соседние (столбец 111), то следующее состояние - не закрашено (0)
- ▶ если рассматриваемая клетка закрашена, а также закрашена клетка слева (110) то оставим её закрашенной (1)
- ▶ Правила называют *кодами Вольфрама* - это нижняя строчка таблицы представленная как двоичное число и переведённое в десятичную систему счисления

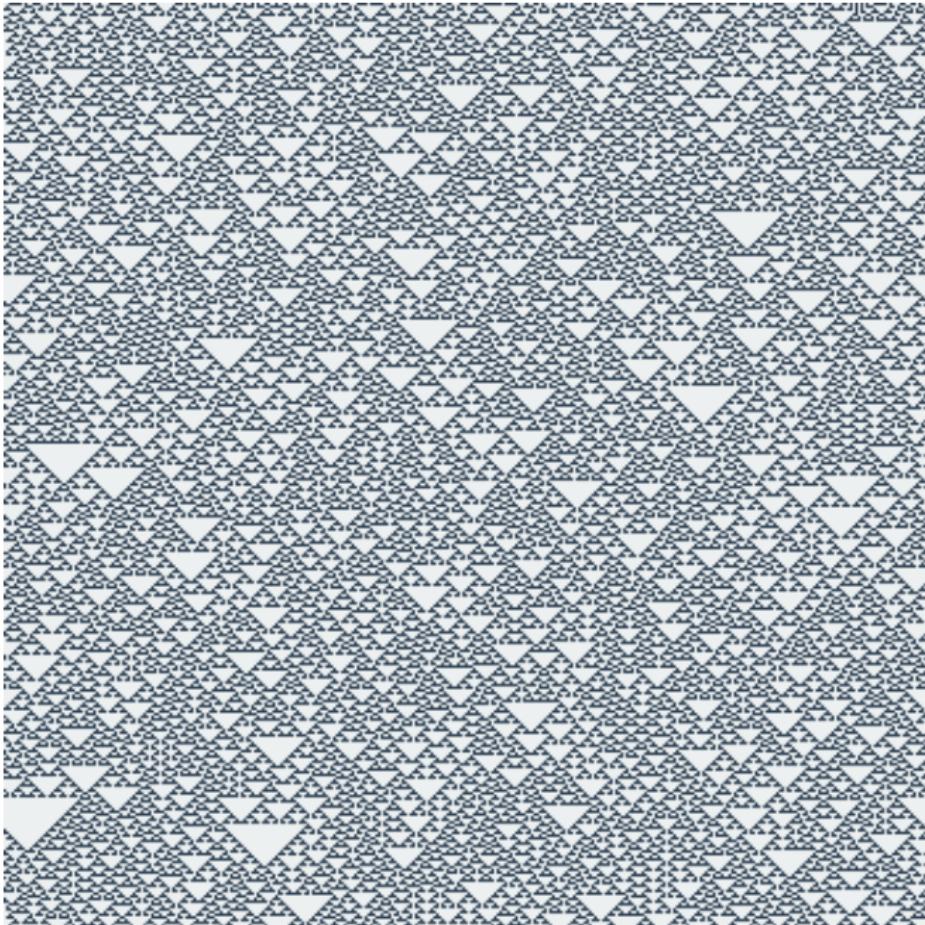
rule 30

0	0	0	1	1	1	1	0





Фрактал полученный из одной закрашенной клетки с
использованием правила 160





Outline

Прошлые темы

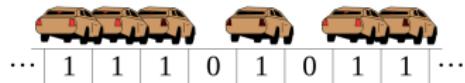
Автомат

Клеточный автомат

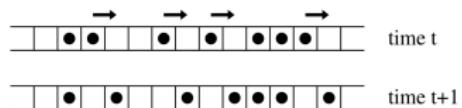
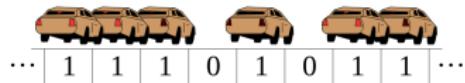
Одномерные клеточные автоматы

Моделирование трафика

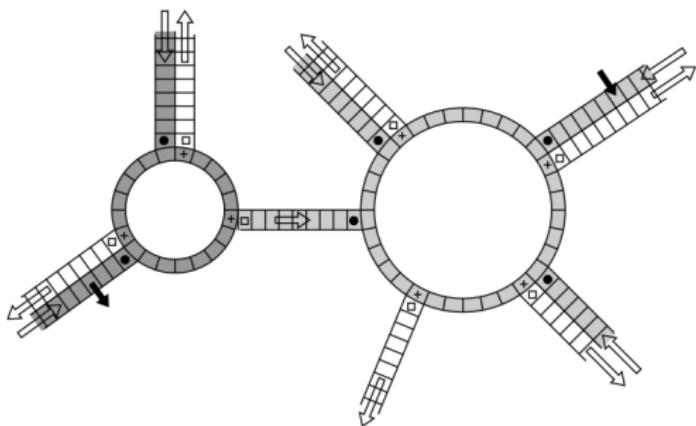
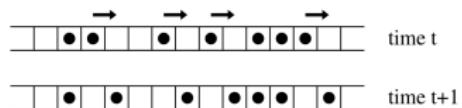
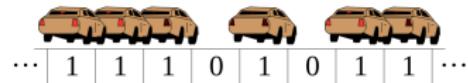
Моделирование трафика



Моделирование трафика



Моделирование трафика



Моделирование волн трафика

Волны трафика (стоп-волны), — движущееся возмущение в распределении автомобилей на автомагистрали.

youtu.be/Suugn-p5C1M - видео

trafficwaves.org

youtube.com/watch?v=iHzzSao6ypE - The Simple Solution to Traffic

Моделирование волн трафика

Как описать перемещение автомобиля?

Автомобиль может двигаться только если клетка впереди свободна

Текущая окрестность клетки	111	110	101	100	011	010	001	000
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Моделирование волн трафика

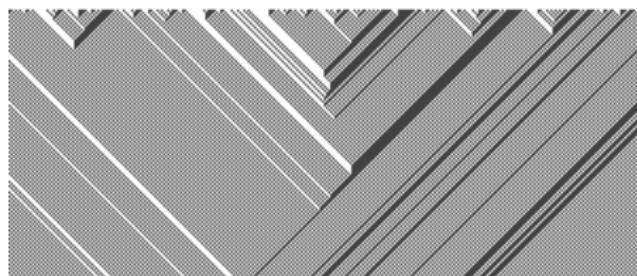
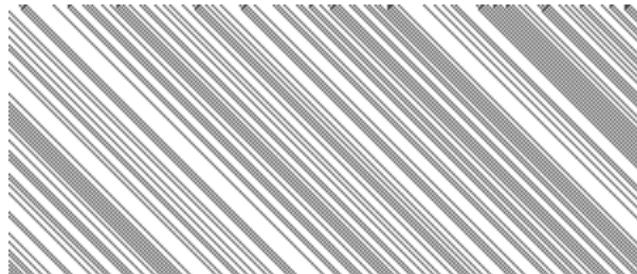
Как описать перемещение автомобиля?

Автомобиль может двигаться только если клетка впереди свободна

Текущая окрестность клетки	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Новое состояние клетки	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Моделирование волн трафика

Правило 184



Количественное измерение трафика в модели

Плотность автомобилей на сегменте дороги длиной L

$$\rho(t) = \frac{N(t)}{L}$$

N - число автомобилей на сегменте

Средняя скорость в момент времени t:

$$\langle v \rangle = \frac{M(t)}{N(t)}$$

$M(t)$ - число движущихся автомобилей в момент времени t

Поток:

$$j = \rho \langle v \rangle$$

Диаграмма поток-плотность

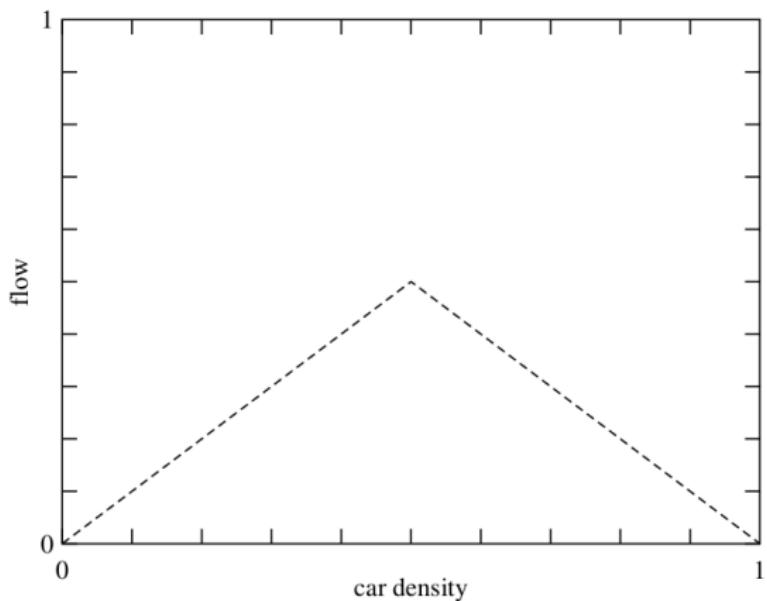
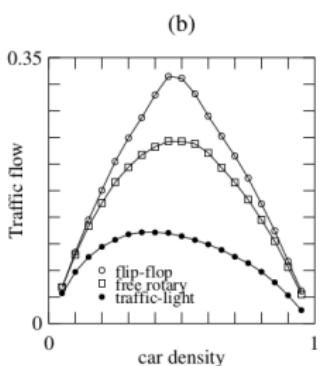
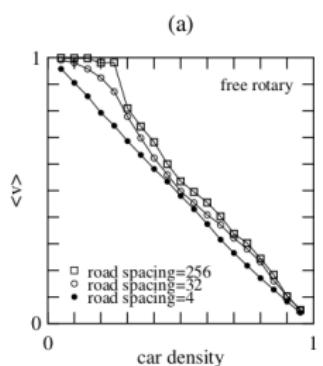
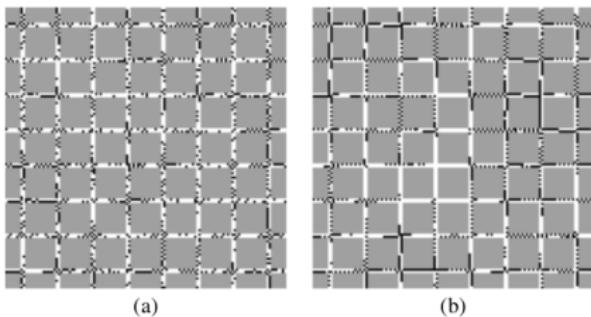
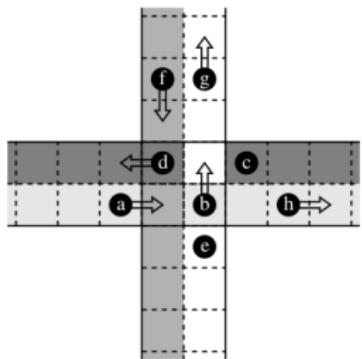
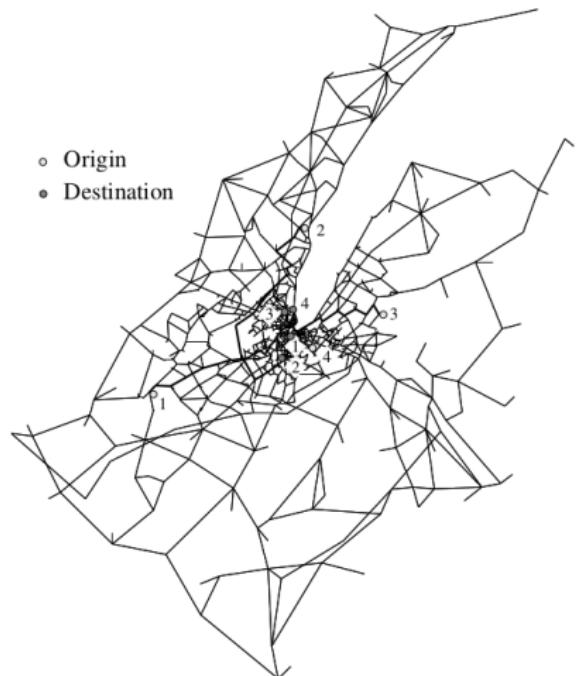


Диаграмма поток-плотность

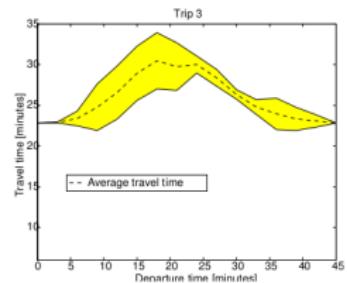
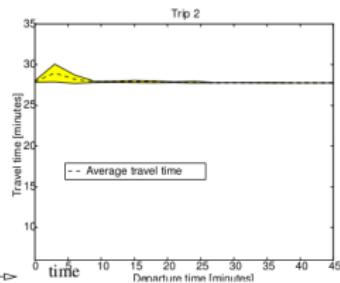
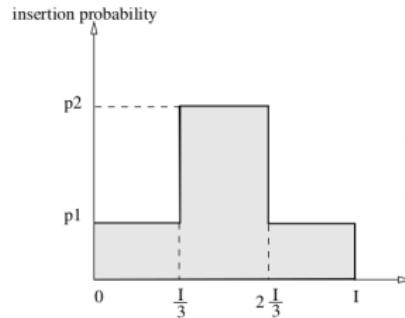


Пример

- ▶ 1066 junctions
- ▶ 3145 road segments
- ▶ 560886 road cells
- ▶ 85055 cars



Пример



Использованы материалы курса Simulation and modeling of
natural processes
coursera.org/learn/modeling-simulation-natural-processes/

- ▶ habr.com/post/273393 - Простейшие клеточные автоматы и их практическое применение
- ▶ habr.com/post/168291/

Ссылки

Материалы курса

github.com/ivtipm/computer-simulation