



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Моделирование динамических свойств движущихся объектов с пересекающимися траекториями

Кшенин Александр Дмитриевич

СУиР, группа R3496

Ksh_sa@mail.ru

207965@corp.ifmo.ru

Задачи

Моделирование движения автомобилей на
нерегулируемом перекрёстке с главной
дорогой

Построение распределённой системы
управления трафиком

Модели трафика

- Макроскопические – общий поток автомобилей
 - Поток жидкости (LWR модель)
 - Системы массового обслуживания
- Микроскопические – движение отдельных автомобилей
 - Клеточные автоматы
 - Непрерывные модели

Теория очередей. Постановка

- Перекрёсток двух однополосных дорог. Индекс $i = 1, 2$
- Моменты включения зелёного сигнала светофора $\{t_n^{(i)}\}_{n=1}^{\infty}$
- Последовательности интервалов между переключениями $\tau_n^{(1)} = t_n^{(2)} - t_n^{(1)}, \tau_n^{(2)} = t_{n+1}^{(1)} - t_n^{(2)}$ с функциями распределения $G_1(x)$ и $G_2(x)$, средними γ_1^{-1} и γ_2^{-1}

Теория очередей

- Потоки автомобилей $A_i(t)$ являются независимыми пуассоновскими с интенсивностями λ_i
- Автомобили останавливаются на красном сигнале или при наличии очереди
- Поток $X(t) = (X_1(t), X_2(t))$, не марковский. $X_i(t)$ – число ожидающих в момент t на направлении i

Теория очередей

- Наличие у $X(t)$ стационарных распределений равносильно условию $\rho_i = \frac{\lambda_i \gamma_i \theta}{v} < 1$, где v – параметр показательного распределения времени проезда перекрёстка
- Часто рассматривается модель с проскакиванием, т.е. когда время проезда равно нулю при отсутствии очереди.

Теория очередей

- Пусть $G_i(x) = 1 - e^{-\gamma_i x}$ и есть проскакивание
- Рассмотрим цепь Маркова $\{X_1(t), e(t)\}$, где $e(t) = 1$, если горит зелёный, $e(t) = 0$, если красный. Предполагается, что условия стационарности выполнены
- Результаты применимы к перекрёстку без светофора, но с главной дорогой.

Основные результаты

- Средние длины очередей в направлениях
- $$m_1(x) = \frac{c_1(1-x)(1+d(1-c_1)x(1-x))}{(1-c_1)(x-c_1)}$$
- $$m_2(x) = \frac{c_2x(1+d(1-c_2)x(1-x))}{(1-c_2)(1-x-c_2)}$$
- $$c_i = \lambda_i v^{-1}, x = (\gamma_1 \theta)^{-1}, d = v\theta, \theta = \gamma_1^{-1} + \gamma_2^{-1}$$

Компьютерная модель. Постановка

- Нерегулируемый перекрёсток:
 - 4 полосы (по 2 в каждую сторону)
 - главная дорога не меняет направление
- Автомобили - динамические объекты
- Параметры: потоков (плотности, направления), автомобилей (габариты, динамика, поведение)

Кинематика с разными скоростями

- Автомобиль генерируется со случайной начальной скоростью
- Если он догоняет автомобиль, движущийся с меньшей скоростью, то уменьшает свою скорость
- Изменение скорости, остановка происходят мгновенно

Intelligent Driver Model (IDM)

$$\begin{cases} \dot{x}_\alpha = \frac{dx_\alpha}{dt} = v_\alpha \\ \dot{v}_\alpha = \frac{dv_\alpha}{dt} = a \left(1 - \left(\frac{v_\alpha}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s^*(v_\alpha, \Delta v_\alpha)}{s_\alpha} \right)^2 \right) \end{cases}$$

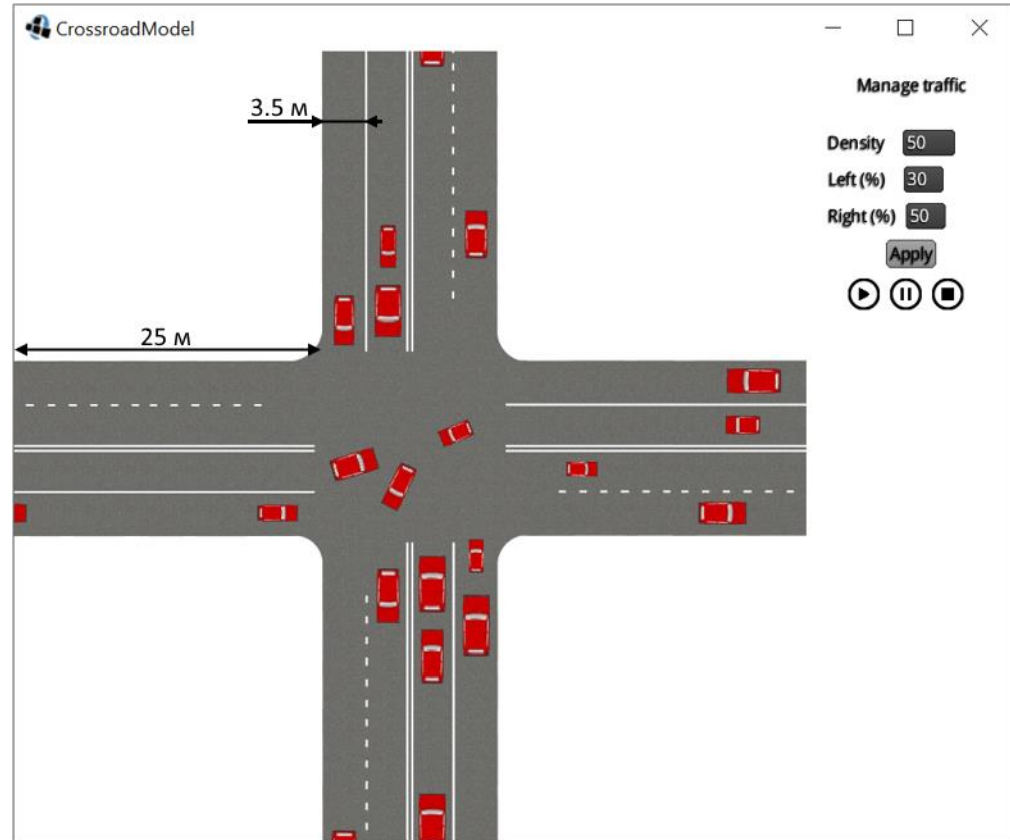
$$s^*(v_\alpha, \Delta v_\alpha) = s_0 + v_\alpha T + \frac{v_\alpha \Delta v_\alpha}{2\sqrt{ab}};$$

v_0	Желаемая скорость
s_0	Минимальная дистанция
T	Минимальное время манёвра
a	Максимальное ускорение
b	Комфортное торможение
l_α	Длина автомобиля



$$\Delta v_\alpha = v_\alpha - v_{\alpha-1}; \quad s_\alpha = x_{\alpha-1} - x_\alpha - \frac{1}{2}(l_\alpha + l_{\alpha-1})$$

Реализация

- $s_0 = 2 \text{ м},$
 $T = 1.5 \text{ с},$
 $a = 0.73 \text{ м/с}^2,$
 $b = 1.67 \text{ м/с}^2,$
 $\delta = 4,$
 $3 \leq l_\alpha \leq 5,$
 $v_0 = 20 \text{ м/с}$

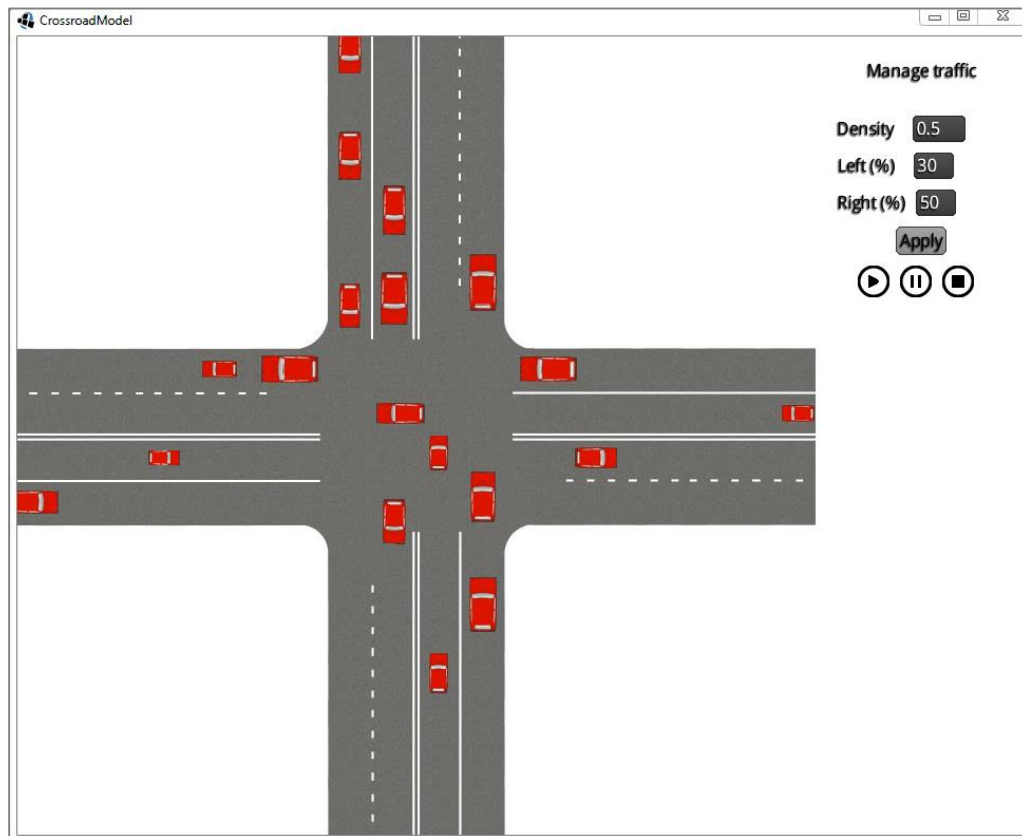


Результаты

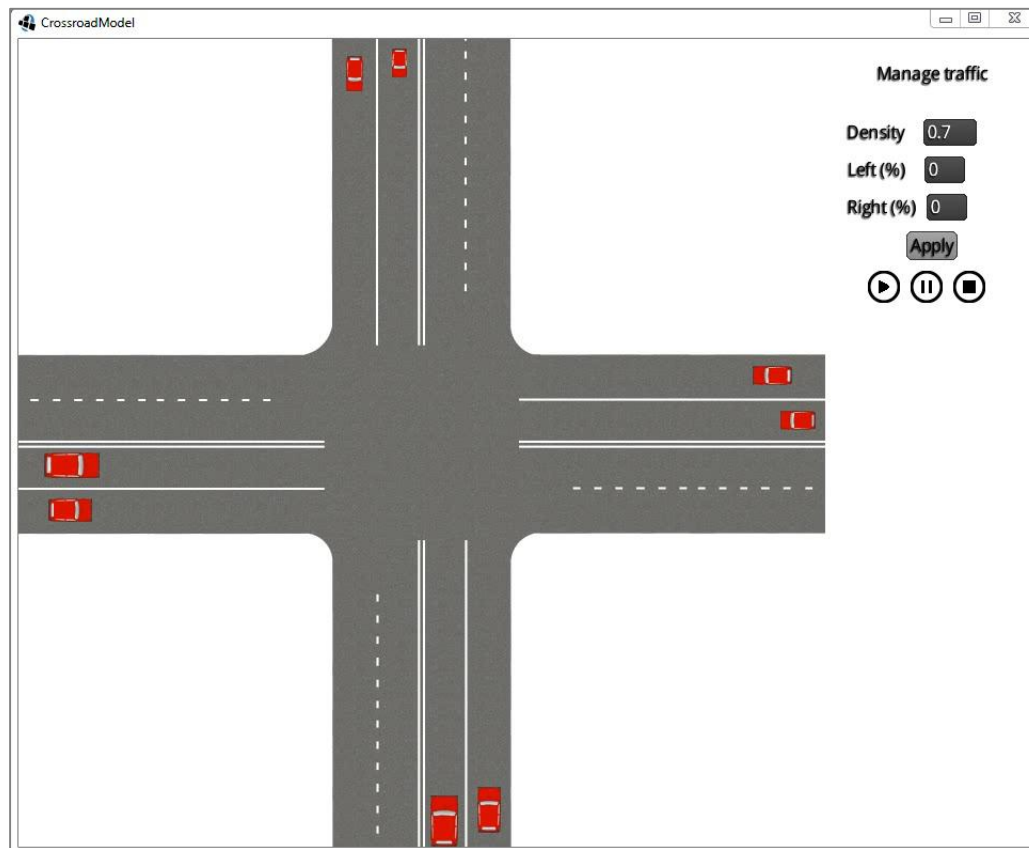
- Генерация автомобилей со случайными параметрами
- Кинематика движения с различными скоростями, поворота на перекрёстке
- Динамика движения, модель IDM  **Box2D**
- Приложения с визуализацией модели
- Пользовательский интерфейс  **libGDX**



Видео. Кинематика



Видео. Динамика



Система управления. AIM

- AIM – Autonomous Intersection Management
- Фреймворк для контроля и централизованного управления движением автономных транспортных средств на перекрёстках
- University of Texas at Austin
- <https://www.cs.utexas.edu/~aim/>

Спасибо за внимание!

www.ifmo.ru

IT'sMO^{re} than a
UNIVERSITY