

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА СО СВЕТОФОРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ УПРАВЛЕНИЯ

В области создания новых систем моделирование является одним из основных средств исследования. Имитационное моделирование становится основным инструментом сравнения различных вариантов управляющих решений и поиска наиболее эффективного из них. Имитация – наиболее мощный и универсальный метод исследования систем, поведение которых зависит от случайных факторов. Объект воспроизводится максимальной адекватностью с сохранением состава и структуры элементов, внутренних процессов и характера их протекания во времени. Имитационные модели обычно реализуются в виде программ в терминах универсальных языков или языков моделирования.

Одним из языков имитационного моделирования, выбранного для разработки данной модели, является GPSS (General Purpose Simulation System). Он относится к числу проблемно-ориентированных языков моделирования, предназначенных для описания имитации дискретных объектов. Все стандартные задачи имитационного моделирования автоматизированы (скрыты в интерпретаторе GPSS). Система включает входной язык для описания моделей и задания режимов моделирования и соответствующее программное обеспечение, обеспечивающее интерфейс, моделирование и статистическую обработку результатов.

Система имитационного моделирования GPSS World включает:

- язык GPSS – высокоуровневый язык имитационного моделирования;
- язык PLUS (Programming Language Under Simulation) – встроенный в GPSS язык программирования низкого уровня;
- компилятор – программа для трансляции (перевода) с языка высокого уровня на язык компьютера.

Язык PLUS – это простой, но мощный язык программирования, являющийся важной частью языка GPSS. Он даёт возможность использовать подпрограммы, написанные на специальном синтаксисе PLUS, в моделях и получить программисту контроль над выполнением моделирования, что делает язык ещё более гибким. Можно изменять параметры системы и выполнять некоторые блоки языка GPSS в глобальном контексте модели.

Для моделирования светофорного объекта вводится аналог дорожного контроллера блок управления фазами (рисунок 1). Таким образом, поступающие заявки в систему первым делом анализируют текущую фазу и в зависимости от неё либо ожидают очереди, либо проходят далее в обслуживающее устройство. В такой модели ро обслуживающего устройства заключается в реализации задержки, вызванной прохождением перекрёстка транспортными средствами. На рисунке 1 приводится схема одной подсистемы в языке GPSS, которая представляет собой один светофорный объект на участке улично-дорожной сети города.

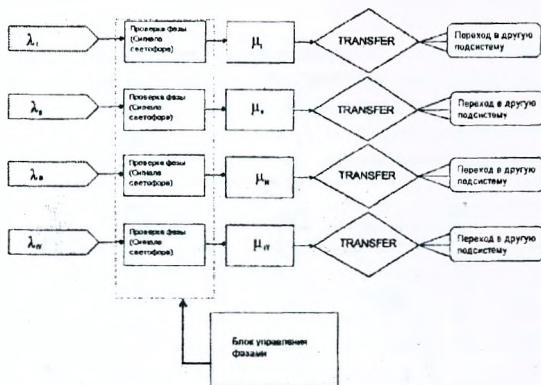


Рисунок 1 – Схема одной подсистемы модели на GPSS

Именно в блоке управления фазами закладывается логика работы светофорного объекта. Если это жесткое регулирование, то задается количество фаз и их длительности. Если гибкое регулирование, то задаются основные параметры алгоритма. Возможна реализация смешанной схемы регулирования, когда гибкое управление охватывает не полное число направлений. После покидания перекрестка заявка попадает в блок Transfer, реализующий р-узел, для определения дальнейшего направления движения в системе.

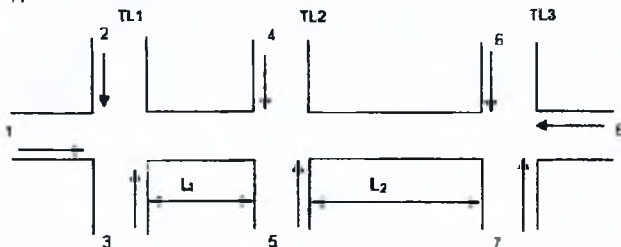


Рисунок 2 – Схема системы взаимодействующих перекрестков

Схема взаимодействующих перекрестков приведена на рисунке 2. В имитационной модели необходимо задать входные потоки 1-8, и длину перегонов L_1 и L_2 , также методы управления потоками на перекрестках.

Были реализованы модели, различающиеся методами управления потоками транспортных средств на перекрестках. В первой модели, в которой все перекрестки работают в жестком режиме задания фаз, была настроена местная программа координации. Вторая, в которой два крайних перекрестка работают в жестком режиме, а центральный светофорный объект (СФО) управляет потоками адаптивно. Третья модель состоит из светофорных объектов с адаптивным управлением.

Эксперименты проводились при интенсивности с 1 и 8 направлений, равной 1600 автомобилей/час и 2-7 направлений – 800 автомобилей/час, длины перегонов $L_1 = 300$ м и $L_2 = 500$ м.

Статистика, собранная в GPSS, представлена в таблице 1 для модели с тремя взаимодействующими последовательно СФО с жестким методом управления транспортными потоками (модель первая).

Таблица 1

СФО / Очередь	Максимальная длина очереди, авт.	Интенсивность потока, авт./ч	Средняя длина очереди, авт.	Среднее время ожидания в очереди, с
TL1 Запад (1)	21	1648	14.664	32.05
TL1 Север (2)	17	877	8.078	33.178
TL1 Восток	22	1125	6.322	20.243
TL1 Юг (3)	16	870	7.893	32.678
TL2 Запад	19	1267	7.508	21.345
TL2 Север (4)	18	866	7.858	32.686
TL2 Восток	25	1310	10.581	29.093
TL2 Юг (5)	17	863	7.84	32.721
TL3 Запад	18	1102	6.342	20.73
TL3 Север (6)	16	874	7.923	32.653
TL3 Восток (8)	28	1678	19.249	41.32
TL3 Юг (7)	17	877	8.123	33.365

Статистические данные, собранные системой GPSS, по очередям модели взаимодействия СФО с жестким методом управления и СФО, изменяющего фазу адаптивно (модель вторая) приведены в таблице 2.

Таблица 2

СФО / Очередь	Максимальная длина очереди, авт.	Интенсивность потока, авт./ч	Средняя длина очереди, авт.	Среднее время ожидания в очереди, с
TL1 Запад (1)	22	1681	15.366	32.925
TL1 Север (2)	17	877	8.06	33.106
TL1 Восток	8	346	0.986	10.264
TL1 Юг (3)	16	870	7.944	32.89
TL2 Запад	18	1305	6.694	18.477
TL2 Север (4)	9	866	3.006	12.501
TL2 Восток	22	1313	7.382	20.25
TL2 Юг (5)	9	863	3.043	12.702
TL3 Запад	20	1081	5.609	18.69
TL3 Север (6)	27	874	8.464	34.881
TL3 Восток (8)	26	1663	16.849	37.162
TL3 Юг (7)	23	877	8.367	34.367

Так как перегон L_2 достаточно велик, что бы сохранились достаточно плотные пачки транспортных средств, происходит их рассеивание, и значения средних длин очередей для второй модели сравнительно меньше.

Таблица 3

СФО / Очередь	Максимальная длина очереди, авт.	Интенсивность потока, авт./ч	Средняя длина очереди, авт.	Среднее время ожидания в очереди, с
1	2	3	4	5
TL1 Запад (1)	16	1649	9.212	20.123
TL1 Север (2)	19	877	10.051	41.281
TL1 Восток	15	1123	3.482	11.167
TL1 Юг (3)	18	870	9.894	40.965
TL2 Запад	17	1313	6.908	18.952
TL2 Север (4)	9	866	3.118	12.97
TL2 Восток	17	1331	6.905	18.687
TL2 Юг (5)	8	863	3.212	13.405
TL3 Запад	14	1128	3.348	10.692
TL3 Север (6)	18	874	9.801	40.392
TL3 Восток (8)	16	1688	9.792	20.895
TL3 Юг (7)	20	877	10.135	41.627

В таблице 3 приведена статистика, собранная GPSS, для модели системы СФО с адаптивным управлением. Принцип адаптивного управления потоками транспортных средств реализован на основе поиска разрывов в транспортном потоке. Заметно, что очереди со стороны интенсивного потока (1,8) уменьшаются за счёт ненасыщенных направлений 2-7, в которых увеличивается среднее время ожидания проезда.

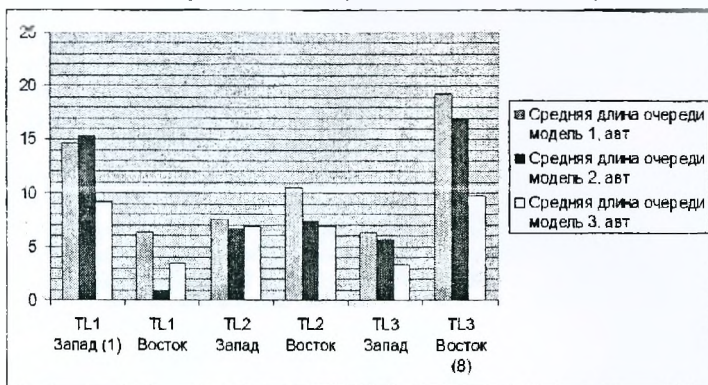


Рисунок 2 - Сравнение результатов по средней длине очереди (по магистральной улице)

На рисунке 2 приводятся средние длины очередей вдоль магистральной улицы с запада на восток. Эффективность системы, промоделированной во второй модели, относительно системы в модели первой по средним длинам очередей составляет 18,4%. Эффективность системы в третьей модели относительно системы в модели первой по средним длинам очередей составляет 23,6%. Схожие отношения можно получить и при анализе среднего времени ожидания вдоль магистральной улицы.

Таблица 4

	Количество транспортных средств, покинувших систему с нулевым ожиданием, авт	
	Поступивших через СФО TL3	Поступивших через СФО TL1
Модель 1	530	559
Модель 2	512	346
Модель 3	533	542

Данные, приведённые в таблице 4, количественно отражают информацию о беспрепятственном проезде транспорта по системе. Из неё видно, что координированное управление (первая модель) сравнимо с адаптивным (модель третья), а смешанная модель (вторая модель) имеет меньшую эффективность, особенно со стороны длинного перегона L₂. Потеря эффективности «зелёной волны» системы во второй модели относительно двух других составляет 20%.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тернер, А. Вероятность, статистика и исследование операций. – М: Статистика, 1976.
2. Муравьев, Г.Л. Моделирование систем. – Брест, 2003.
3. Боев, В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. – СПб: БХВ-Петербург, 2004.
4. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Ч. 1.