



УДК 001.57; 658.818; 681.3

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УФО-ПОДХОДА

**С.И.МАТОРИН
А.Г.ЖИХАРЕВ
Н.О.ЗАЙЦЕВА
И.Н.БРУСЕНСКАЯ**

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*e-mail:
matorin@bsu.edu.ru*

В статье рассматриваются возможности графоаналитического подхода «Узел-Функция-Объект» в области имитационного моделирования транспортных потоков города. Представлен пример модели перекрестка транспортных потоков с применением УФО-подхода, а так же формального аппарата – исчисление объектов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, транспортный поток, перекресток, исчисление объектов, СОМПЗ, системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект».

Одной из наиболее актуальных транспортных проблем является – проблема пробок и парковочных мест на транспортных «артериях» городов. Причем эта проблема касается не только крупных городов стран мира, но и средних и небольших населенных пунктов. При возникновении затора в транспортном потоке, возникает огромное множество негативных последствий как для населения, так и для города в целом, поэтому решение данной проблемы является очевидно актуальной задачей.

По данным сайта «Народная экспертиза (Интернет-ресурс «Народная экспертиза», URL: www.narod-expert.ru) проблема пробок давно стала актуальной проблемой и для города Белгорода. Можно заметить, как в часы «пик» трудно передвигаться по центру города, где плотная застройка и, относительно, узкие улицы. Причем часто пробки возникают из за нарушения правил парковки автомобилей. Решить данную проблему можно многими способами, к ним относятся [1]:

- увеличение пропускной способности транспортных потоков (например за счет увеличения полос для движения транспорта);
- строительство транспортных развязок на перекрестках;
- строительство авто-парковочных комплексов;
- реорганизация движения транспорта (например изменение направления движения на улице);
- ограничение въезда автотранспорта на определенные автодороги (например: в Лондоне платная зона действует с 2003 года, в которую вошли улицы исторического центра города, включает несколько районов: Сити, Вест-Энд, Вестминстер и Сохо. Если машина въехала, выехала или двигалась по будням с 7.00 до 18.30 внутри зоны, ее владелец должен до 22.00 оплатить ежедневный сбор, составляющий £8 (\$15,70). Автобусы, микроавтобусы с лицензиями, мотоциклы, такси, велосипеды, машины аварийных служб и автомобили, работающие на альтернативных видах топлива, освобождены от оплаты;
- и другие.

Из перечисленных способов борьбы с пробками, нетрудно понять что большинство этих способов требуют огромных финансовых вложений, причем, не всегда некоторые из них применимы. Например, для центральной части города Белгорода неприменимо увеличение пропускной способности автодорог, так как этот район плотно застроен. Поэтому здесь возможно только перераспределение транспортных потоков, которое в свою очередь так же требует немалых финансовых вложений. Более, того, прежде чем осуществлять реорганизацию транспортных потоков, необходимо понять, каким образом это необходимо делать, для чего целесообразно разработать имитационную модель транспортных потоков, в частности города Белгорода, которая позволит понять: как именно необходимо реорганизовать движение автотранспорта.

В рамках системного подхода «Узел-Функция-Объект» (УФО-подхода) [2] разработана графоаналитическая технология моделирования сложных, в том числе организаци-

онных, систем. На основе УФО-подхода предложен Системно-Объектный Метод Представления Знаний (СОМПЗ) [3], на основе которого может быть создана перспективная методология имитационного моделирования транспортных потоков.

Рассмотрим основные элементы предлагаемой методологии на примере моделирования движения на перекрестке проспекта Богдана Хмельницкого и проспекта Славы города Белгорода (см. рис. 1). Как видно из рисунка, это перекресток двусторонней и односторонней улиц. Причем, на проспекте Богдана Хмельницкого имеется шесть полос для движения автотранспорта – три в одну сторону и три в обратную, на проспекте Славы одностороннее движение, состоящее из четырех полос. На обоих светофорах имеются дополнительные секции для поворота налево и направо. Рассмотрим модель этого перекрестка в терминах СОМПЗ (рис. 2).

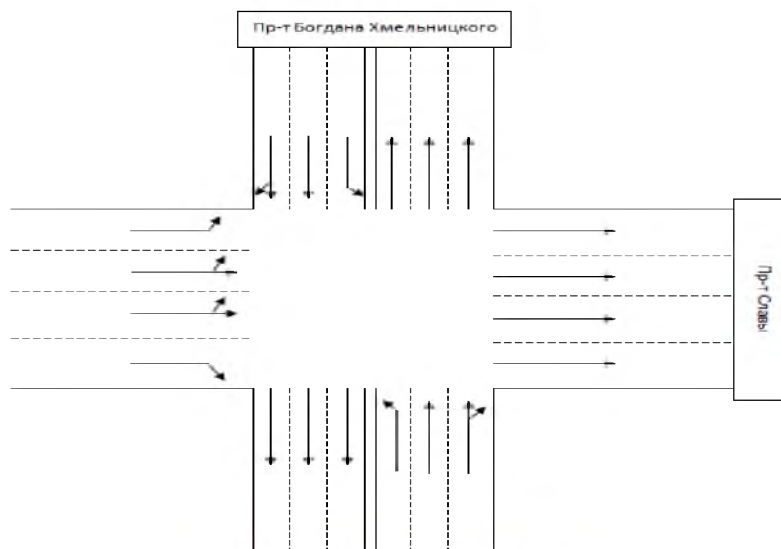


Рис. 1. Схема перекрестка



Рис. 2. Визуальное представление перекрестка в терминах СОМПЗ.

Таким образом, в рамках предлагаемой методологии перекресток будет рассматриваться как «Узел», а транспортные потоки как «Связи» в терминах УФО-подхода. Причем, в терминах СОМПЗ, «Узел» содержит как «Узловой объект», так и «Потоковые объекты», описывающие работу перекрестка.



Рассмотрим подробнее структуру потоковых объектов и узлового объекта. Согласно СОМПЗ, потоковый объект, формально имеет следующий вид (в терминах *исчисления объектов*):

$$a_i = [l_j = b_j], \quad (1)$$

где: a_i – потоковый объект с именем a ; $l_j = b_j$ – поля потокового объекта с некоторыми значениями b_j .

Таким образом, потоковый объект, который соответствует транспортному потоку может иметь следующий вид:

Транспортный поток = [Протяженность, Количество машин, Прямо, Налево, Направо]

В данном конкретном случае, потоковый объект «Транспортный поток» имеет пять характеристик:

1. Протяженность – хранит значение длины потока от предыдущего перекрестка до следующего.
2. Количество машин – хранится количество автомобилей в потоке на текущий момент времени.
3. Прямо – принимает значение 1, если движение прямо имеет место быть, и 0, если движение прямо запрещено.
4. Направо – принимает значение 1, если движение направо имеет место быть, и 0, если движение направо запрещено.
5. Налево – принимает значение 1, если движение налево имеет место быть, и 0, если движение налево запрещено.

Здесь учтены основные показатели транспортного потока. Очевидно, что в зависимости от задачи моделирования, можно и необходимо учитывать и другие параметры, такие, например, как покрытие дороги, аварийность участка и т.п.

Согласно СОМПЗ, узловой объект формально представляется (в терминах *исчисления объектов*) в следующем виде:

$$G = [l_i = a_i; l_j = a_j; l_n = F(a_i)l_j; l_m = b_m], \quad (2)$$

где:

- l_i – поле объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит значение входного потока a_i и, соответственно, имеет такой же тип данных;
- l_j – поле объекта (может представлять собой набор или множество) которое содержит значения выходного потока a_j и имеет такой же тип данных;
- l_n – метод объекта (может представлять собой набор или множество), преобразующий входные потоки узла в выходные.
- l_m – поле объекта (может представлять собой набор или множество), которое содержит основные характеристики данного объект (b_m).

Таким образом, узловой объект, который соответствует перекрестку может иметь следующий вид:

ПЕРЕКРЕСТОК=[Налево?, Прямо?, Прямо/Налево?, Прямо/Направо?, Направо?, Налево!, Прямо!, Прямо/Налево!, Прямо/Направо!, Направо!, Управление =F(Налево?, Прямо?, Прямо/Налево?, Прямо/Направо?, Направо?) Налево!, Прямо!, Прямо/Налево!, Прямо/Направо!, Направо!, Время/прямо, Время/Налево, Время/направо, Светофор1, Светофор2, ДопСекция1, ДопСекция2]

Представленной описание узлового объекта «Перекресток», содержит поля, соответствующие входным и выходным транспортным потокам, а так же поля, определяющие специфику самого перекрестка. Кроме этого имеется метод узлового объекта, в котором определяется работа светофоров, и перераспределение транспорта по потокам, проходящим через данный перекресток, т.е. в котором описывается функция узлового объекта «Перекресток».

Если для хранения и обработки знаний о транспортных системах представлять их в виде УФО-элементов (в терминах СОМПЗ), то, с учетом формального их описания сред-



ствами *исчисления объектов*, манипулирование этими знаниями, в частности имитацию динамики транспортных потоков, можно обеспечить путем организации цепочки вызовов методов узловых объектов со стороны соответствующих потоковых объектов. Цепочка организуется на уровне декомпозиции УФО-элемента. В данном случае вызов узлового объекта записывается следующим образом: $G.l_n l_i \{l_i \mid \rightarrow G\}$.

Подобный вызов метода (например, метода l_n) узлового объекта (например, объекта G) будет иметь место в том случае, если на вход узлового объекта поступает поток, наименование объектов которого (потоковых) совпадает со значением поля узлового объекта, которое содержит значение входных потоковых объектов (например, поля l_i). Старт процедуры имитационного моделирования осуществляется путем инициализации некоторого контекстного потокового объекта, после чего значение контекстного потокового объекта попадает в соответствующее поле интерфейсного узлового объекта, после чего вызывается метод этого узлового объекта, который выполнив некоторые действия, вызывает метод следующего узлового объекта и так пока не достигается конец модели.

Рассмотрим подробнее механизм вызова метода узлового объекта, составляющего суть процедуры имитации, используя алгебраический аппарат *пи-исчисления*, формализующий понятие «Функция» УФО-подхода [4].

Для решения задачи имитационного моделирования важно, что процесс P (выражение *пи-исчисления*) обладает, в частности, следующими особенностями:

1. $c(x).P$ – входной префикс, получение данных x из канала c .
2. $c(y).P$ – выходной префикс, передача данных y по каналу c .
3. $P|Q$ – параллельный запуск двух процессов.
4. τP – внутреннее действие процесса.

При этом основное вычислительное правило *пи-исчисления* – это правило получения одним процессом сообщения, отправленного другим процессом:

$$c(y).P|c(x).Q \rightarrow P|Q\{y \rightarrow x\} \tag{3}$$

Поля специального объекта G , введенного в *исчисление объектов* в работе [3], можно сопоставить с каналами *пи-исчисления*: $l_i = cO, l_i = c\langle$, значения полей (значения входного и выходного потока) с соответствующими данными, передающимися по каналам: $a?_i = x, a!_i = y$.

Приведенное выше сопоставление полей и их значений специального объекта G с каналам и их данным *пи-исчисления* позволяет описать в терминах *пи-исчисления* метод(ы) данного объекта. Это позволяет рассматривать метод $l_n = F_G(l_i)l_i$ объекта G в виде следующей пары выражений:

1. $l_i(a?_i).FG$ – процесс, получающий входное сообщение $a?_i$ по каналу l_i
2. $l_i(a!_i).FG$ – процесс, отправляющий выходное сообщение $a!_i$ по каналу l_i

Данные рассуждения позволяют представить процедуру последовательного вызова методов объектов вида G в виде следующего выражения:

$$l_i(a!_i).F_i \mid l_{i+1}(a?_{i+1}).F_{i+1} \rightarrow F_i \mid F_{i+1}\{a!_i \rightarrow a?_{i+1}\}, \tag{4}$$

при условии, что $l_{i+1} = l_i$, т.е. представляют собой один канал (одну связь, один поток).

В работе на примере модели конкретного перекрестка рассмотрены возможности создания новой методологии имитационного моделирования на основе системного подхода «Узел-Функция-Объект», формализованного с помощью алгебраических средств *исчисления объектов* и *пи-исчисления*.

Для разработки полноценной модели транспортных потоков города необходимо создавать шаблоны перекрестков с различными прилегающими потоками, после чего появится возможность настройки модели для конкретных ситуаций используя набор готовых шаблонов.



Список литературы

1. Бойко, Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок [Текст] / Г.В. Бойко // Волгоград: ВГТУ, 2006 г. – 162 с.
2. Маторин, С.И. Технология информационного обеспечения управления на основе системного подхода «Узел-Функция-Объект» [Текст] / С.И. Маторин, О.А. Зимовец, А.Г. Жихарев // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. № 39. – 2007. – С. 106 – 118.
3. Жихарев, А.Г. О системно-объектном методе представления организационных знаний [Текст] / А.Г. Жихарев, С.И. Маторин, Е.М. Маматов, Н.Н. Смородина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – № 8 (151) выпуск 26/1.
4. Маторин, С.И. Формализация УФО-элементов с помощью алгебраического аппарата исчисления [Текст] / С.И. Маторин, М.В. Михелев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Информатика. – 2010. – №19(90). – Выпуск №16/1. – С.145-149.

SIMULATION OF TRAFFIC FLOW USING UFO-APPROACH

S.I. MATORIN
A. G. ZHIKHAREV
N.O. ZAITSEVA
I.N. BRUSENSKAIA

*Belgorod National
Research University*

*e-mail:
matorin@bsu.edu.ru*

The article discusses the possibility of graph-analytical approach "Node – Function – Object" in the field of simulation of traffic flow. The example of the intersection traffic flow model using UFO – approach, as well as the formal apparatus – the calculus of objects.

Keywords: simulation, traffic flow, intersection, calculus objects SOMPZ, system-object approach "Node-Function-Object".