



скольких версий конфигураций улично-дорожной сети для последующего их сравнения.

Разработанная архитектура хранения данных интеллектуальной транспортной системы дает возможность унифицированного доступа к разнотипной информации. Данный подход формирует единую информационную платформу, на которой создается расширяемая система, способная решать аналитические задачи исследования транспортной инфраструктуры.

### Литература

1. Фаулер, М. NoSQL. Новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, П. Дж. Садаладж. – М. : Вильямс, 2013. – 192 с.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / Пер. с англ. – М. : Вильямс, 2006. – 544 с.
3. Сапрыкина, О.В. Построение архитектуры аналитического инструментария интеллектуальной транспортной системы на основе паттернов проектирования [Текст] / О. В. Сапрыкина, Т. И. Михеева, О.Н. Сапрыкин // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». – 2010. – №4 (27). – С. 27-35.

О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, А.А. Осьмушин

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЦЕПЕЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Численность населения современных крупных городов постоянно увеличивается, что ставит перед руководством задачу реконструкции инфраструктуры для возможности комфортного проживания большего количества людей. Особенно остро стоит задача модификации транспортной инфраструктуры, поскольку на нее ложится дополнительная нагрузка, связанная с глобальным ростом автомобилизации. Корректно выбрать проектное решение, способное избавить город от пробок, возможно посредством проведения имитационного моделирования. Адекватное моделирование транспортных потоков в городе требует корректного построения цепей корреспонденций, представляющих собой маршруты перемещения агентов в динамической модели.

Моделирование движения транспортных потоков требует получения информации о подвижности населения, представленной в виде интегральной матрицы корреспонденций  $M(t)$ . Интегральная матрица  $M(t)$  суточных межрайонных корреспонденции для периода времени  $t$  является результатом интеграции матриц корреспонденций  $\{M^1(t), \dots, M^N(t)\}$ , которые различаются по грузоподъемности (малой  $S$ , средней  $M$ , большой  $G$ ), интервалу времени (час пик



$t_{Pic}^W, t_{Pic}^R$ , вне часа пик  $t$ ) и причинам поездки (трудовые  $W$ , деловые  $B$ , рекреационные  $R$ ) [1, 2].

Период времени  $t$  определяется как «час пик рабочего дня»  $t_{Pic}^W$  при:  $t \in \overline{7,10} \cup \overline{18,20}$ ,  $d_w = \overline{1,4}$ ;  $t \in \overline{7,10} \cup \overline{16,19}$ ,  $d_w = 5$ , где  $d_w = \overline{1,7}$  – день недели.

Период времени  $t$  определяется как «час пик выходного дня»  $t_{Pic}^R$  при:  $t \in \overline{19,22}$ ,  $d_w = 5$ ;  $t \in \overline{7,11}$ ,  $d_w = 6$ ;  $t \in \overline{16,22}$ ,  $d_w = 7$ , где  $d_w = \overline{1,7}$  – день недели. В остальных интервалах период времени  $t$  определяется как «вне час пик».

Интеграция суточных матриц корреспонденций легкового транспорта осуществляется по формуле:

$$M(t) = k^w(M^W(t) + M^W(t_{Pic}^W)) + k^b(M^B(t) + M^B(t_{Pic}^W)) + k^r(M^R(t) + M^R(t_{Pic}^R)), \quad (1)$$

где  $k^w, k^b, k^r$  – весовые коэффициенты трудовых, деловых и рекреационных легковых корреспонденций, определенные в результате обследований [3].

Полученная интегральная матрица  $M(t)$  используется для восстановления цепей корреспонденции. Определение цепей корреспонденций  $c_i^l$  происходит для каждого агента из множества  $A^l = \{a_1^l, \dots, a_N^l\}$ .

Для распределения транспортного потока (ТП) по расширенному графу УДС  $G' = (V', E')$  используется интегральная матрица корреспонденций  $M(t)$ , найденная с помощью прогноза интенсивности ТП и множество точек дислокации  $P^A$  [4].

Алгоритм определения цепей корреспонденций  $c_n^l$  состоит из следующих шагов (рис. 1):

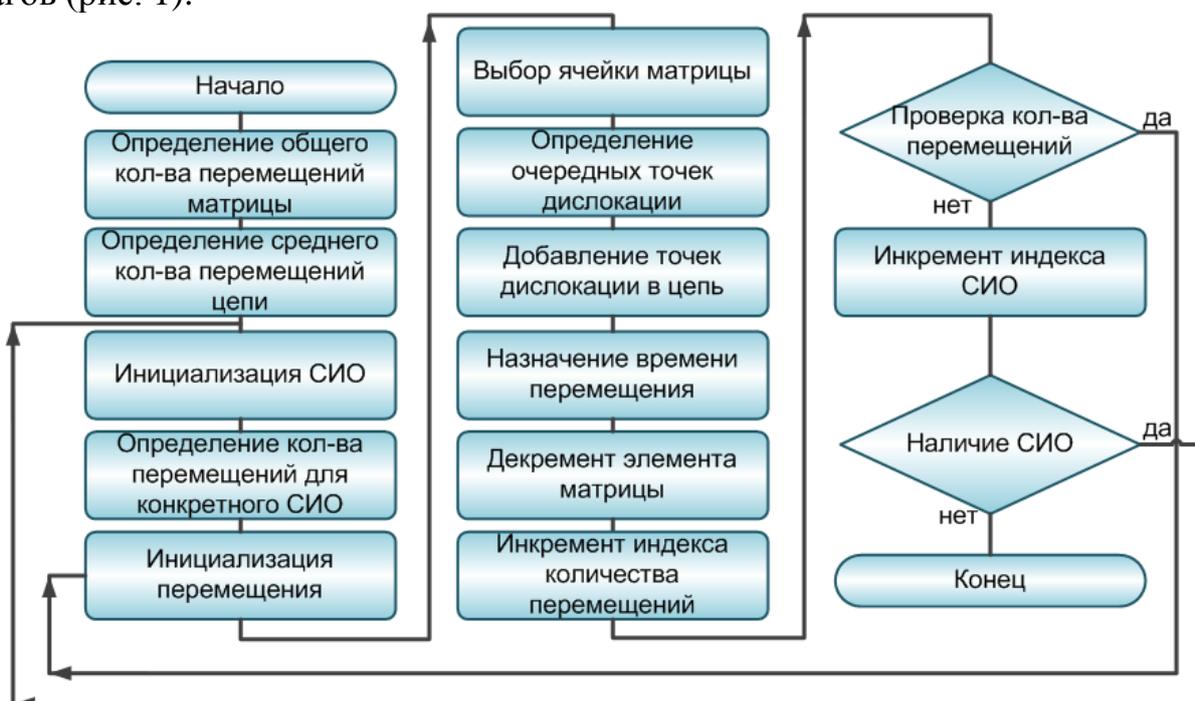


Рис. 1. Схема алгоритма определения цепей корреспонденций



**Шаг 1.** вычисление суммарного объема перемещений  $n^M$  в матрице корреспонденций  $M(t)$  по формуле:  $n^M = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N m_{ij}(t)$ ;

**Шаг 2.** вычисление среднего количества перемещений  $\bar{n}$  для одной цепи корреспонденции по формуле:

$$\bar{n} = \frac{n^M}{n^I}, \text{ где } n^I - \text{ количество СИО};$$

**Шаг 3.** для каждого СИО  $a_r^I \in A^I$  с индексом  $r$  выполним:

**Шаг 4.** определение количества перемещений  $n^k$  для данного СИО  $a_k^I$ :

- если  $r = n^I$ , то количество перемещений  $n_k^I = n^M - \sum_{k1=1}^{n^I-1} n_{k1}^I$ ;
- иначе, количество перемещений  $n_k^I$  для данного СИО  $a_k^I$  вычисляется согласно формуле плотности нормального распределения:

$$p = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{n}-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  – дисперсия,  $\mu = \bar{n} / 2$  – математическое ожидание [5];

**Шаг 5.** в цикле по количеству перемещений  $n^k$  выполним шаги 6-12;

**Шаг 6.** выбор ячейки матрицы  $m_{ij}(t)$ ;

- если  $k = 1$  выбираем ячейку на пересечении случайным образом выбранных  $i$ -ой строки и  $j$ -го столбца;
- если  $k = n^k$  выбираем ячейку на пересечении строки, определенной последней точкой дислокации  $p_{k-1}$  и столбца, определенного первой точкой дислокации  $p_1$  в формируемой цепи  $c_k^I$ ;
- если  $k = n^k - 1$  выбираем ячейку на пересечении  $i$ -ой строки, определенной последней точкой дислокации  $p_{k-1}$  и  $j$ -го столбца, такого, что для ячейки матрицы корреспонденции  $m_{jq}(t)$  количество перемещений  $n_{jq} > 0$ , где  $q$  – индекс столбца, соответствующего первой точке дислокации  $p_1$  в цепи  $c_k^I$ ;
- иначе выбираем ячейку случайным образом по строке, которую определяет последняя точка дислокации  $p_{k-1}$  формируемой цепи корреспонденции  $c_k^I$ ;

**Шаг 7.** определение очередных точек дислокации, в качестве которых используются центры транспортных районов, соответствующих выбранной ячейке матрицы корреспонденции;

- если  $k = 1$ , то выбираем две точки дислокации для цепи –  $p_1, p_2$ ;
- иначе выбираем одну точку дислокации для цепи –  $p_k$ ;



**Шаг 8.** добавление найденных точек дислокации в цепь корреспонденции  $c_k^l$ , принадлежащую СИО  $a_k^l$ ;

**Шаг 9.** назначение времени перемещения  $t_k$ , значение которого вычисляется как случайное значение, взятое в диапазоне периода максимальной интенсивности  $[t_{\min}^p, t_{\max}^p]$  точки дислокации;

**Шаг 10.** декремент единицы перемещения из значения количества перемещений, обозначенного в ячейке матрицы  $m_{ij}(t)$ ;

**Шаг 11.** инкремент индекса по количеству перемещений  $k$ ;

**Шаг 12.** повторение шагов 6-12, при условии, что  $k \leq n_k^l$ ;

**Шаг 13.** инкремент индекса количества СИО  $r$ ;

**Шаг 14.** переход к шагу 4, при условии  $n \leq n^l$ .

Разработанный метод позволяет адекватно распределить маршруты агентов в модели транспортной инфраструктуры. Построенная с его использованием модель транспортной инфраструктуры позволит решать задачи двух типов. Во-первых, проверка гипотез об изменении параметров транспортной инфраструктуры для решения текущих транспортных проблем. Во-вторых, проверка соответствия существующей транспортной инфраструктуры новым вызовам в виде новых микрорайонов.

### Литература

1. Расчет кривых тяготения, с использованием данных выборочного анкетирования на основе немецкой модели EVA [Электронный ресурс] // Электронный журнал: Транспортная лаборатория ИрГТУ. Режим доступа: <http://transport.istu.edu>.

2. Doblas, J. An approach to estimating and updating origin-destination matrices based upon traffic counts preserving the prior structure of a survey matrix / J. Doblas, F. Benitez // Transportation research, Part B: methodological, 2005. - Vol. 39. - Pp. 565-591.

3. Сапрыкина, О.В. Реализация энтропийной модели расчета матриц корреспонденций при проектировании транспортной сети [Текст] / О.В. Сапрыкина, Т.И. Михеева // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей (с междунар. участием). - Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2012. - С. 25-38.

4. Saprykina, O.V. Realization calculation model of matrixes of correspondence for transport network [Текст] / O.V. Saprykina, T.I. Mikheeva, O.N. Saprykin // The 14th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2012), 2012. - P. 20-26.

5. Прохоров, С.А. Прикладной анализ случайных процессов. - Самара: СНЦ РАН, 2007. - 582 с.