

Автор считает, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

- Показана схема действующего прототипа мультиагентной модели распространения эпидемий на основе теории перколяции которая является существенно новым подходом как в имитационном моделировании, так и в направлении моделирования процессов распространения заболеваний;

- Предложенная программная реализация алгоритма является оригинальной в области распараллеливания алгоритма многократной маркировки перколяционных кластеров и позволяет эффективно проводить имитационные эксперименты в многопроцессорной вычислительной среде.

#### Литература

1. *Тарасевич Ю.Ю.* Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: учебное пособие. – М.: УРСС, 2002. – 64 с.

2. *Лапишина С.Ю.* Высокопроизводительные вычисления в практике моделирования роста перколяционных кластеров // Программные продукты и системы. 2011. № 4 (96). С. 75-79.

3. *Лапишина С.Ю.* Мультиагентная модель распространения массовых эпидемий на основе теории роста перколяционных кластеров // Информационные технологии в науке, социологии и бизнесе: материалы XL-ой Международной конференции и X Международной конференции молодых ученых IT+SE'12. Осенняя сессия. Украина. Крым. Ялта-Гурзуф. – приложение к журналу «Открытое образование». С 47-49.

4. *Лапишина С.Ю.* Параллельный алгоритм многократной маркировки кластеров для задач теории перколяции // Информационные технологии в науке, социологии и бизнесе: материалы XLI-ой Международной конференции и XI Международной конференции молодых ученых IT+SE'13, Осенняя сессия, Украина, Крым, Ялта-Гурзуф. – приложение к журналу «Открытое образование». С. 45-47.

#### Scheme of the prototype Mass epidemics' multi-agent model expansion

*Svetlana Yurevna Lapshina, Research associate*

*Scientific Federal State Budgetary Institution Interdepartmental Supercomputer Center of Russian Academy of Sciences*

*This paper describes a prototype implementation of mass epidemics multi-agent model with parallel multiprocessing cluster multiple labeling technique used in the software and hardware complex BIO-CLUST JSCC RAS.*

*Key words: percolation's cluster, cluster multiple labeling technique, simulation.*

УДК 658.314.7:330.115

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

*Олег Викторович Белый, д-р. техн.наук, проф., директор*

*Тел.: 812 321 97 42, e-mail: belyi@iptran.ru*

*Анвер Касимович Еналеев, канд. техн.наук, ведущий научный сотрудник*

*Тел.: 812 321 97 42, e-mail: belyi@iptran.ru*

*Владимир Викторович Цыганов, д-р.техн.наук, проф., зав. отделом*

*Тел.: 812 321 97 42, e-mail: belyi@iptran.ru*

*Институт проблем транспорта РАН им. Н.С. Соломенко*

*<http://wikimapia.org>*

*Предложены процедуры оценки сложности управления движением для решения задачи определения границ полигонов управления движением транспорта на сети (на примере желез-*

нодорожного транспорта).

*Ключевые слова:* управление, иерархия, транспорт, движение, сеть, регион, оценка сложности управления

В работах [1; 2] была рассмотрена задача формирования границ полигонов управления движением на транспортной сети и представлены алгоритмы ее решения. В основу предложенных методов формирования границ положен так называемый *принцип равносложности* управления, выполнение которого обеспечивает равномерную загрузку участников процессов управления движением. В данной работе предложены процедуры формирования показателей сложности управления движением, необходимых для



**О.В. Белый**

решения задачи определения границ полигонов управления движением транспорта на сети (на примере железнодорожного транспорта).

Пусть задана транспортная сеть  $S$  с  $n$  вершинами, и все ребра ее пронумерованы. На этой транспортной сети имеется  $N$  выделенных вершин, соответствующих региональным центрам управления ( $N < n$ ). Будем считать, что транспортная сеть может быть разбита на  $N$  связанных



**А.К. Еналеев**

подграфов (подсетей)  $g^N = \{g_1, \dots, g_N\}$  так, что  $g_i \cap g_j = \emptyset$  для  $i \neq j$ . Будем называть  $g^N$  разбиением сети на  $N$  полигонов, и рассматривать разбиения, границы которых проходят только через вершины сети. При этом вершина, через которую проходит разбиение, может принадлежать только одному полигону. Правильным  $N$ -разбиением будем называть такое разбиение, каждый из  $N$  полигонов которого включает в себя одну и только одну выделенную вершину. Обозначим их множество через  $G^N$ . Протяженность сети  $S$  обозначим через  $L$ , а  $i$ -го полигона  $l_i$ .

Пусть для каждого  $i$ -го полигона для правильного  $N$ -разбиения задан показатель сложности управления  $K_i(\dots) = K_i^{g^N}(N, l_i, v_i)$ , где  $v_i$  - параметры сложности управления  $i$ -м полигоном. **Принцип равносложности управления полигонами формулируется в виде: «различие в сложности управления полигонами должно быть минимальным».** Формально этот принцип выражает условие: определить правильное разбиение  $\bar{g}^N$ , удовлетворяющее соотношению

$$\min_{g^N \in G^N} \max_{1 \leq i \leq N} K_i^{g^N}(N, l_i, v_i) = R^{\bar{g}^N}.$$

Разбиение, удовлетворяющее этому соотношению, назовем уравновешенным. В идеальном случае все полигоны при таком разбиении имеют одну и ту же «сложность управления».



**В.В. Цыганов**

В [1; 2] рассматривалась задача определения оптимального среди уравновешенных разбиений. В этой задаче показатели сложности управления полигонами считались заданными. В настоящей работе рассмотрены подходы к формированию этих показателей.

Представим показатель сложности  $i$ -го полигона в виде суммы двух частей:

$$K_i(\dots) = \bar{K}_i(\dots) + \tilde{K}_i(\dots) \quad (1)$$

Первая часть выражения (1) -  $\bar{K}_i(\dots)$  зависит от набора объемных показателей перевозочного процесса и объектов инфраструктуры, характеризующих устоявшееся, регламентированное функционирование дирекций полигонов,  $i=1, \dots, N$ . Вторая часть выражения (1) -  $\tilde{K}_i(\dots)$  зависит от структурных характеристик по-

лигона и некоторых объемных показателей, определяющих увеличение нагрузки на дирекцию (руководителя) полигона, связанное с дополнительными затратами труда руководителя (ЛПР). Эти затраты не могут быть скомпенсированы делегированием полномочий подчиненным сотрудникам дирекции полигона. Такие затраты связаны с регулярными и ситуационными встречами руководителя с главами входящих в полигон административных образований (областей и республик), регулярные (определенные регламентами) инспекции важных объектов на предмет безопасности и соответствия заданным требованиям и т.п. Для руководителей центров движения такие затраты могут быть связаны с присутствием на местах возможных чрезвычайных ситуаций, обязательными личными инспекциями объектов инфраструктуры и т.п. Для оценки величины показателя  $\tilde{K}_i(\dots)$  необходимо определить суммарное время, необходимое для доступа соответствующего руководителя к объекту инспекции, места совещания, переговоров и т.д. Время, которое необходимо затратить на инспекцию мест чрезвычайных ситуаций (ЧС), оценивается с помощью таких показателей, как суммарная удаленность потенциальных объектов ЧС от центра полигона, а также интенсивность эксплуатации объектов (например, интенсивность движения).

Первую часть показателя сложности (1) определим выражением:

$$\bar{K}_i(\dots) = \bar{l}_i = \sum_{j \in p_i} l_{ij} v_{ij}^1 v_{ij}^2 v_{ij}^3 \dots,$$

где  $l_{ij}$  - длина  $j$ -го ребра, входящего в  $i$ -й полигон (эксплуатационная длина участка сети);  $v_{ij}^1$  - коэффициент интенсивности движения составов на  $j$ -м участке (грузооборот на участке  $i$ -го полигона);  $v_{ij}^2$  - коэффициент, отражающий число крупных клиентов на  $j$ -м участке  $i$ -го полигона;  $v_{ij}^3$  - коэффициент, отражающий среднесуточную погрузку и т.д. Коэффициент  $v_{ij}^1$  рассчитываются следующим образом:

$$v_{ij}^1 = 1 + a^1 \left( \frac{z_{ij}^1}{z_{cp}^1} - 1 \right) \quad (2)$$

где  $a^1$  - весовой коэффициент,  $z_{ij}^1$  - интенсивность движения грузовых составов на  $j$ -м участке,  $z_{cp}^1$  - средняя (нормативная) интенсивность движения грузовых составов на  $j$ -м участке. Коэффициенты  $v_{ij}^2, v_{ij}^3, \dots$  рассчитываются по формуле, подобной (2).

Рассмотрим теперь зависимость составляющей  $\tilde{K}_i(\dots)$  от затрат времени ЛПР. Положим

$$\tilde{K}_i(\dots) = T_i^1 + T_i^2 + T_i^3, \quad (3)$$

где  $T_i^1$  - время, затрачиваемое руководителем (ЛПР) на совещания с главами административных образований, находящихся на территории полигона;  $T_i^2$  - время, затрачиваемое руководителем на посещение мест ЧС и транспортных происшествий (ТП) на территории полигона;  $T_i^3$  - время, затрачиваемое руководителем на обязательные инспекции важных объектов транспортной (железнодорожной) инфраструктуры, определенные установленными регламентами.

Определим теперь каждое слагаемое (3). Именно:

$$- T_i^1 = \sum_{q_i=1}^{n_i^1} w_{q_i}^1 t_{q_i}^1, \text{ где } q_i - \text{ номер административного образования (области, республики) в}$$

рассматриваемом полигоне,  $n_i^1$  - число административных образований (АО),  $w_{q_i}^1$  - средняя частота посещения ЛПР главы АО,  $t_{q_i}^1 = \varphi(L_i^1)$  - оценка времени, которое ЛПР тратит на посещение главы АО,  $L_i^1$  - расстояния от места расположения ЛПР до места расположения главы АО;

-  $T_i^2 = \sum_{q_i}^{n_i^2} w_{q_i}^2 t_{q_i}^2$ , где  $q_i$  - номер диспетчерского участка на полигоне,  $n_i^2$  - число участков на полигоне,  $t_{q_i}^2$  - время, в течение которого руководитель может прибыть и присутствовать на месте ЧС и ТП,  $w_{q_i}^2$  - частота возможных ЧС и ТП, требующих присутствия руководителя полигона на месте события, определяемая выражением  $w_{q_i}^2 = (l_{iq_i} v_{iq_i} \alpha_{iq_i} \beta_{iq_i}) / \sum_{q_i=1}^{n_i^2} l_{iq_i} v_{iq_i} \alpha_{iq_i} \beta_{iq_i}$ , где  $l_{iq_i}$  - длина участка,  $v_{iq_i}$  - интенсивность движения на одном пути участка (число транспортных средств, проходящих по одному пути участка в единицу времени),  $\alpha_{iq_i}$  - коэффициент, учитывающий число путей на участке,  $\beta_{iq_i}$  - коэффициент, отражающий состояние дороги (железнодорожного полотна) на участке;

-  $T_i^3 = \sum_{q_i=1}^{n_i^3} w_{q_i}^3 t_{q_i}^3$ , где  $q_i$  - номер инспектируемого объекта в рассматриваемом полигоне,  $n_i^3$  - число инспектируемых объектов,  $w_{q_i}^3$  - регламентированная частота посещения объекта,  $t_{q_i}^3$  - время, затрачиваемое на посещение объекта.

Процедуры формирования показателей сложности управления движением на основе выражений (1-3) используются при решении задачи определения границ полигонов управления движением в математической модели оптимизации структуры системы управления крупномасштабной транспортной корпорации [3].

### Литература

1. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Формирование полигонов управления движением: материалы международной конференции // Информационные технологии в науке, социологии и бизнесе: материалы конференции ХLI-ой Международной конференции и XI Международной конференции молодых ученых IT+SE'13. Ялта-Гурзуф. 2013. С. 54-56.
2. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Полигоны информационного управления в больших социальных и экономических сетях // Информационные войны. 2013. № 4. С. 62-68.
3. Белый О.В., Малыгин И.Г., Цыганов В.В., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Математические модели оптимизации структуры системы управления крупномасштабной транспортной корпорации // Транспорт: Наука, Техника, Управление. № 1. 2014. С. 7-16.

### Estimation of the indexes of difficulty of traffic control

*Oleg Viktorovich Belyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director*

*Anver Kasimovich Enaleev, Leading researcher*

*Vladimir Viktorovich Tsyganov, Doctor of Engineering, Professor*

*Institute of Problems of Transport of Russian Academy of Sciences after N. S. Solomenko*

*Estimation of the difficulty of traffic control are defined for determining the boundaries of the regional traffic control polygons (for example, rail transport).*

*Keywords: control, hierarchy, transport, traffic, network, region, estimation of control difficulty.*

УДК 62-501.72:681.326.7

### РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМНОГО ВЗАИМНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО СОГЛАСОВАНИЯ В МНОГОКОМПЛЕКСНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

*Ирина Владимировна Ашарина, канд. техн. наук, доц.*

*Тел.: 8 916 705 85 51, e-mail: asharinairina@mail.ru*

*Национальный исследовательский университет НИУ МИЭТ*

*http://miet.ru*