

**Decision support system in the management of human resources**

*Masuma Guseyn Mammadova, DSc of eng., prof., head of Department, Institute of Information Technology of ANAS*

*Jabrayilova Zarifa Gasym, Phd of eng., assistant prof., head of Sector, Institute of Information Technology of ANAS*

*Mammadzada Faig Ramiz, thesis defender, Institute of Information Technology of ANAS*

*The paper describes the necessity of application of intelligent technologies to support decisions of more objective problems in human resource management. The specific features of the recruitment problem are highlighted, immersing the later into a fuzzy environment. Multi-scenario approach is described for solving the problem of employment, taking into account the importance and inequivalence of the indicators, which characterize the candidates for the post, as well as individual character requirements of employers.*

*Keywords: the problem of human resource management, decision support systems, personnel recruitment, the requirements of employers, fuzzy environment.*

УДК 658.314.7:330.115

**РАЗРАБОТКА ПОЛИГОНОВ УПРАВЛЕНИЯ  
В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУРАХ**

*Анвер Касимович Еналеев, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.  
E-mail: [bbc@ipu.rssi.ru](mailto:bbc@ipu.rssi.ru)*

*Институт проблем управления им.В.А.Трапезникова РАН  
[http://www ipu.ru](http://www.ipu.ru)*

*Владимир Викторович Цыганов, д-р. техн. наук, гл. науч. сотр.к  
E-mail: [bbc@ipu.rssi.ru](mailto:bbc@ipu.rssi.ru)*

*Институт проблем управления им.В.А.Трапезникова РАН  
<http://www ipu.ru>*

*Николай Иванович Кузнецов, зав.отделом  
E-mail: [bor@ezan.ac.ru](mailto:bor@ezan.ac.ru)*

*Экспериментальный завод научного приборостроения РАН  
<http://www ezan.ru>,*

*Рассмотрена задача разработки полигонов управления в крупномасштабных сетевых структурах, обеспечивающая равномерное распределение нагрузки на управляющие центры полигонов. Описаны алгоритмы решения задачи на основе редукции сети с помощью техники преобразования симметричных матриц в матрицы меньшей размерности. Представлена геометрическая интерпретация процедуры формирования полигонов.*

*Ключевые слова: организационная система, сетевая структура, сложность управления, иерархия, полигон, редукция сети.*

**Цель работы и суть обсуждаемой проблемы.** Организация деятельности крупномасштабных сетевых структур (железнодорожных и автомобильных перевозок, элек-

тросетей, информационных сетей, логистических структур и др.) сталкивается, ввиду их сложности, с необходимостью децентрализации управления, т.е. разбиением сети на полигоны управления. Для решения задач формирования таких полигонов требуется определить критерии эффективности и ограничения, а также разработать соответствующие алгоритмы разбиения сети.

Задача разбиения крупномасштабной сети (в том числе, железнодорожной сети) на полигоны управления была рассмотрена в работах [1–6]. В [2, 3] было введено понятие *сложности управления* и сформулирован *принцип равносложности управления*, на основе которого было предложено проводить разбиение сети на полигоны с минимальными различиями в сложности управления.

В [5] предложены *методы формирования оценок сложности полигонов* в виде комплексной мультипликативно-аддитивной свертки технико-экономических показателей элементов рассматриваемой системы.

В [1–3, 6] предложены методы и алгоритмы разбиения на полигоны. В этих методах и алгоритмах используется т.н. *процедура редукции сети*, предложенная в работах [2, 3]. Последовательное применение этой процедуры приводит к «сжатию» сети до графа с числом вершин, равным заданному числу полигонов, с ребрами нулевой длины (сложности) между вершинами. Предложенные алгоритмы позволяют находить локально-оптимальные решения задачи разбиения сети на полигоны.



Н.И. Кузнецов

В [6] было показано, что реализация принципа равносложности управления является частным случаем решения задачи оптимального разбиения сети с точки зрения минимизации затрат на управление.

В данной статье приводится матричное представление процедур последовательной редукции сети и геометрическая интерпретация реализации принципа равносложности управления.

**Математическая модель и процедура последовательной редукции сети.** Пусть задана сеть  $S$ , состоящая из  $n$  вершин, в число которых входит  $N$  выделенных вершин ( $N < n$ ), являющихся центрами заданного числа  $N$  полигонов. Обозначим  $l_{ij}$  показатель сложности ребра  $(i, j)$  в данной сети (пример формул для расчета сложности дуг и вершин описан в [5]). Отметим, что  $l_{ij} = l_{ji}$ . Сложность  $i$ -й вершины ( $i=1, \dots, n$ ) определяется как  $w_i = l_{ii}$ . Обозначим  $L^0 = \|l_{ij}\|_n$  исходную матрицу дуг и вершин рассматриваемой сети.

Заметим, что эта матрица симметрична, имеет размерность  $n$ , а ее элементы принимают неотрицательные значения. В случае, если в рассматриваемой сети  $i$ -я вершина не со-



А.К. Еналеев

единена с  $j$ -й вершиной ребром, дополним сеть ребром  $(i, j)$  нулевой сложности, т.е.  $l_{ij} = l_{ji} = 0$ . Предположим, что выделенные вершины не соединены ребрами ненулевой длины.

Формирование полигонов представим как последовательное отнесение ребер и вершин к той или иной выбранной вершине, являющейся центром полигона, и формирования новой сети с меньшим числом вершин на од-



В.В. Цыганов

ну единицу (сжатие сети). При этом происходит преобразование матрицы  $L^0$  в матрицу  $L^1 = \|l_{ij}^1\|_{n-1}$  размерности  $n-1$  на первом шаге, а на втором шаге в  $L^2 = \|l_{ij}^2\|_{n-2}$  размерности  $n-2$  и так далее, пока не получим матрицу  $L^{n-N} = \|l_{ij}^{n-N}\|_N$  размерности  $N$  на  $(n-N)$ -м шаге. Это преобразование называется редукцией сети [2, 3]. В настоящей работе, в отличие

от процедуры редукции, описанной в [2, 3], на шаге редукции вместо допустимого присоединения нескольких смежных вершин и ребер допускается присоединение только одной вершины и, возможно, нескольких ребер, инцидентных присоединяемой вершине.

Рассмотрим первый шаг редукции. Пусть к выделенной вершине с номером  $i$  ( $i \leq N$ ) присоединяется невыделенная вершина с номером  $j = j^1$  ( $j > N$ ), соединенная с ребром  $(i, j)$ , причем  $l_{ij} > 0$ . Тогда преобразование сложностей вершин и ребер сети будет определяться следующими соотношениями  $w_i^1 = w_i + w_j + l_{ij} + l_{jk}$ ,  $l_{jk}^1 = 0$ , где  $k$  – номер невыделенной вершины такой, что  $l_{ik} > 0$ . Аналогично первому шагу осуществляются следующие шаги редукции. Формулы пересчета сложностей на  $m$ -том шаге имеют вид  $w_i^{m+1} = w_i^m + w_j^m + l_{ij}^m + l_{jk}^m$ ,  $l_{jk}^{m+1} = 0$ , где  $m=1, \dots, n-N$ .

Отметим, что формулы редукции отражают линейное преобразование матрицы  $L^m = \| \| l_{ij}^m \| \|_{n-m}$  в матрицу  $L^{m+1} = \| \| l_{ij}^{m+1} \| \|_{n-m-1}$ . Таким образом,  $m$ -тый шаг редукции можно представить в виде преобразования  $L^{m+1} = B^m L^m B^{mT}$ , где  $B^m$  – матрица преобразования на  $m$ -том шаге размерности  $n-m$  на  $n-m-1$ ,  $B^{mT}$  – ее транспонированная матрица. Рассматриваемое преобразование [7] переводит симметричную матрицу  $L^m = \| \| l_{ij}^m \| \|_{n-m}$  в симметричную матрицу  $L^{m+1} = \| \| l_{ij}^{m+1} \| \|_{n-m-1}$ , в которой отсутствует  $j$ -е строка и столбец в исходной нумерации строк и столбцов,  $j = j^m$ .

Таким образом, в результате выполнения всей последовательности описанных шагов можно записать конечную редукцию исходной матрицы  $L^0$  в  $L^{n-N}$  в виде  $L^{n-N} = B L^0 B^T$ , где  $B = B^{n-N} B^{n-N-1} \dots B^1$  и  $B^T = B^{n-N T} B^{n-N-1 T} \dots B^{1 T}$ . В результате по построению получаем диагональную матрицу  $L^{n-N}$ , причем величины, стоящие на диагонали, задают значения показателей сложности управления построенных полигонов  $w_i^* = w_i^{n-N}$ , где  $i=1, \dots, n$ . Описанная процедура редукции может быть использована в алгоритмах локально-оптимального разбиения, основанных на направленном выборе вариантов: алгоритме ближайшего центра, алгоритме ближайшей границы, алгоритме выравнивания порядка редукции [2, 3, 6].

**Формирование равносложных полигонов управления.** Сформулированный в [2, 3, 6] принцип равносложности полигонов управления определяется выражением  $\min_{g^N \in G^N} \max_{1 \leq i \leq N} w_i^{g^N}$ , где  $g^N$  обозначает разбиение сети на  $N$  полигонов,  $G^N$  обозначает множество допустимых разбиений, а  $w_i^{g^N}$  – сложность  $i$ -го полигона в данном разбиении. Это соответствует получению при выборе разбиения наименьшего различия величин диагональных элементов  $w_i^{n-N}$  матрицы  $L^{n-N}$ .

Этот вывод допускает следующую геометрическую интерпретацию. Как известно [7], симметричным матрицам  $L^0, \dots, L^{n-N}$  соответствуют квадратичные формы. Поскольку элементы матриц неотрицательны, эти формы определяют эллипсоиды в пространствах соответствующей размерности. Преобразование редукции на каждом шаге представляет собой проекцию этого эллипсоида в пространство, имеющего размерность, меньшую на единицу. В конечном итоге последовательность таких проекций формирует эллипсоид в пространстве размерности  $N$ . Эллипсоид в пространстве размерности  $N$  имеет каноническую форму. При такой интерпретации задача равносложности заключается в выборе таких преобразований, которые формируют этот эллипсоид максимально приближенным к шару.

**Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:**

- представлена процедура редукции сети, используемая в алгоритмах формирования полигонов управления в крупномасштабных сетевых структурах в матричной форме в виде последовательности преобразования симметричных матриц с уменьшением их размерности и приведения их в диагональную форму;

- дана геометрическая интерпретация обеспечения принципа равносложности управления полигонами на основе представления квадратичных форм.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки эффективных алгоритмов решения задачи оптимального разбиения сетевых структур на полигоны управления.

#### Литература

1. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Формирование границ полигонов железнодорожной сети // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы VII междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2013. Т. 2. С. 100-102.

2. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Полигоны информационного управления в больших социальных и экономических сетях // Информационные войны. 2013. № 4. С. 62-68.

3. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Формирование полигонов управления движением // Информационные технологии в науке, социологии и бизнесе: материалы XLI междунар. конф. – Гурзуф, 2013. С. 54-56.

4. 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. 2014. № 1. С. 7-16.

5. Белый О.В., Еналеев А.К., Цыганов В.В. Оценка показателей сложности управления движением // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2. С. 42-45.

6. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Полигоны управления в крупномасштабных сетевых организациях // XII Всероссийское совещание по проблемам управления. – М.: ИПУ РАН, 2014. С. 5159-5170.

7. Беллман Р. Введение в теорию матриц. – М.: Наука, 1976. С. 352.

#### Development of management polygons at organizational network structures

*Anver Kasimovich Enaleev, Candidate of Technical Sciences, senior research associate, Institute of problems of management of V.A.Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences*

*Vladimir Viktorovich Tsyganov, Dr. technical science, chief researcher, Institute of problems of management of V.A.Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences*

*Nikolay Ivanovich Kuznetsov, head of department,*

*Experimental plant of scientific instrument making of the Russian Academy of Sciences*

*The problem of the development of large-scale polygons management network structures, to provide uniform distribution of the load on the management centers of the polygons. The algorithms for solving the problem on the basis of the reduction of the network using the technique of transformation of symmetric matrices in the matrix of smaller dimension. Represented by a geometric interpretation of the procedure of forming polygons.*

*Keywords: organizational system, network structure, complexity of management, hierarchy, polygon, network reduction.*