

УДК004.942

DOI: 10.30987/article\_5d1085200de2d2.98342527

Т.Н. Ермакова, О.Н. Ромашкова, Л.А. Пономарева

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

С использованием традиционных методик, применяемых в теории графов, разработана математическая модель модернизированной (усовершенствованной с учетом современного состояния образовательной сферы) управленческой структуры образовательной системы (ОС), цель создания которой заключается в сокращении затрат различных видов ресурсов при слия-

нии разнородных организаций и предприятий сферы образования в территориальный образовательный комплекс (ОК).

**Ключевые слова:** образовательная система, процессный подход, матричная организационная структура, неориентированный граф, матрица смежности, открытая задача коммивояжера, гамильтонов путь, волновой алгоритм.

T.N. Yermakova, O.N. Romashkova, L.A. Ponomaryova

## ADVANCED STRUCTURE OF EDUCATIONAL SYSTEM CONTROL

The paper reports the aim of the work which with the use of common techniques used in the theory of graphs is applied in order to develop a simulator of an updated management structure for an educational system (improved one, taking into account a current state of an educational sphere), the purpose of its creation consists in costs reduction of different resources at the amalgamation of various companies and enterprises of an educational sphere into a local educational complex (EC).

As a result of an investigation there is developed a graph model of an updated organizational struc-

ture of the consolidated educational system (ES). The simulator developed and aimed for updating the created organizational structure of the EC allows analyzing the particulars of the available organizational structure and managing financial flows within the ES itself, and it also contributes to the growth of management process effectiveness in existing and updated educational institutions.

**Key words:** educational system, process approach, matrix organizational structure, non-oriented graph, adjacency matrix, open problem of travelling salesman, Hamilton way, wave algorithm.

### Введение

В современном мире общеизвестные методики, методы и средства управления становятся унифицированными независимо от специфики отраслей, где они будут использованы. Унификация процесса управления не сделала исключения и для организаций и комплекснообразовательной сферы деятельности. Образовательные организации (ОО), относящиеся к разным ступеням обучения, или ОК, объединяющий в себе несколько таких ОО, рассматриваются как объект, которым можно управлять, используя все модели, методы и подходы, применяемые раньше в процессе управления другими видами предприятий и организаций. Данные нововведения вынуждают руководителей адаптировать и совершенствовать современную теорию управления, учитывая специфику образовательной сферы [1; 2].

Также в данный момент проводится государственная реформа в системе образования, которая заключается в реоргани-

зации образовательных структур разных типов. Первыми участниками этого процесса стали крупные города нашей страны, особенно активно реорганизация ОО осуществляется в столичном регионе.

В такой ситуации крайне важной задачей является создание моделей, которые позволят наиболее эффективно управлять одними из сложнейших социально-экономических систем – крупными ОК. Процесс слияния ОО в объединенную ОС влечет за собой сокращение административного и педагогического персонала ОО, следствием которого становится изменение штатного расписания организации и возникновение проблемы совершенствования сложившейся модели управления ОС, а также необходимость создания информационных моделей и методов эффективного управления современными ОС [3; 4].

В работе объектом исследования выступили связи системы и правила органи-

зации процесса управления ВОК, а предметом исследования – методы, модели и алгоритмы управления, применяемые после

### Постановка задачи

В процессе адаптации существующих или при создании новых организационных управленческих структур любых видов организаций, в частности организаций сферы образования, могут быть использованы представленные ниже методы:

1) метод аналогий – используется для того, чтобы позаимствовать опыт управления у разных компаний и внедрить универсальную управленческую структуру в деятельность организаций различных сфер деятельности с учетом выдвигаемых требований, а также имеющихся возможностей ее внедрения;

2) экспертно-аналитический метод – основывается на анализе знаний экспертов в определенной сфере деятельности, далее на основе проведенного анализа предлагаются советы по внедрению в конкретной организации разных структур управления;

3) метод структуризации целей – заключается в разработке миссии предприятия и проведении оценки использующихся организационных структур, которые должны соответствовать выдвигаемым управленческим целям;

4) метод организационного моделирования – метод, позволяющий формализовать машинные, математические и другие представления распределяемых прав и ответственных за исполнение отдельных функций лиц;

5) метод реинжиниринга бизнес-процессов – метод коренного изменения вида организационной структуры, позволяющий тем самым увеличить показатели эффективности информационных управленческих процессов организаций [5-8].

Процесс реорганизации включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для постоянного совершенствования процесса управления организациями различных сфер деятельности, в том числе и сферы образования. Можно выделить три исторически существующих подхода к совершенствованию информационных деловых процессов организации:

проведенной реорганизации организационной структуры управления ОО.

Решению одной из описанных задач посвящена данная работа.

1) CPI (Continuous Process Improvement), TQM (Total Quality Management) – основной задачей организации, применяющей данный подход, является непрерывное совершенствование управленческих процессов при условии ориентации на запросы покупателя, который выступает в качестве потребителя оказываемых предприятием услуг;

2) BPR (Business Process Reengineering) – при использовании этого подхода также важен процесс постоянного повышения качества своей деятельности и внедрения новых технологий, в частности информационно-телекоммуникационных;

3) ТОП – подход, согласно которому все этапы выполнения работ по совершенствованию управленческой структуры организаций подробно задокументированы [9; 10].

Необходимость совершенствования управленческой структуры современных ОС вызвана тем, что в настоящий момент в Московском регионе заканчивается реорганизация системы образования. Дошкольные образовательные организации, средние общеобразовательные организации, организации среднего профессионального и высшего образования объединяются в крупные ОК разных профилей и ступеней обучения.

На рис. 1 представлена существующая структура управления объединенной ОС, созданной в результате реорганизации, включающая три уровня управления: стратегический, тактический и оперативный.

Деятельность любой системы управления можно рассматривать как сеть информационных управленческих процессов, а не простой набор выполняемых задач. Целью функционирования в этом случае становится задача достижения определенного результата, получение которого зависит от всех сотрудников организации. Весь процесс осуществления управленческих

действий должен регулироваться или быть официально закрепленным. За каждый процесс должно быть ответственное лицо в организации. Результат выполнения каждого процесса должен выражаться ключевыми параметрами деятельности организации.

С учетом приведенных выше принципов, характеризующих преимущества применения процессного подхода к со-

вершенствованию управленческой структуры, была предложена новая, более эффективная – матричная структура управления ОС. На рис. 2 можно увидеть, что по вертикали идет управление информационными процессами структурных подразделений (СП) реорганизованных ОС, а по горизонтали – управление методическими объединениями работающих в комплексе педагогов [11; 12].



Рис. 1. Организационная структура созданного в результате реорганизации ОК



Рис. 2. Матричная структура управления ОС (фрагмент)

Таким образом, одним из методов повышения эффективности управления

Осуществляется внедрение матричной организационной структуры.

**Разработка модели модернизированной структуры управления объединенными образовательными организациями**

Цель построения модели – найти наиболее эффективный (оптимальный) план управления по критерию минимизации финансовых затрат. Будем считать, что одна из составляющих оптимального плана – это минимальные затраты на управление ОК. Минимальных затрат можно достичь, если в процессе принятия управленческого решения принимают участие минимальное количество звеньев цепи управления или менее дорогостоящие ресурсы.

Блочную матрицу (рис.2) можно формализовать и представить в виде графа, вершинами которого будут процессы и ре-

сурсы, наиболее характерные для каждого блока.

Такая модель также будет включать три связанных между собой компонента: управленческую структуру созданного образовательного комплекса, модель управленческих процессов и сведения о ресурсном обеспечении деятельности организации. Конечный неориентированный невзвешенный граф (рис. 3) будет описан следующим образом:

$$G = (V, E),$$

где  $V$  – совокупность вершин графа;  $E$  – совокупность неупорядоченных пар различных элементов из  $V$  – ребра.

$V = \{N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, R_1, R_2, R_3\}$ ,  
 где  $V$  – множество вершин модели модернизированной структуры управления реорганизованными ОС;  $N_i$  – управленческие

действия;  $M_i$  – руководство и СПОК, другие организации;  $R_i$  – имеющиеся ресурсы ОК.

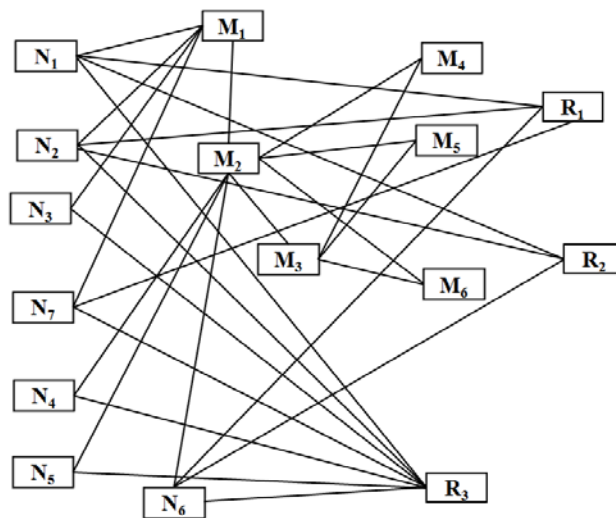


Рис. 3. Модель модернизации структуры управления ОС

В таблице описаны вершины, включенные в граф в результате слияния различных ООв единый ОК.

Для графа, изображенного на рис. 3, матрица смежности будет иметь вид, который представлен на рис. 4 (для простоты представления вершины пронумерованы).

Целевая функция имеет вид  $\sum \sum a_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, (1)$

где  $j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m; m = n; x_{ij} > 0$ ; элементы матрицы  $A = (a_{ij})$  – целые числа.

В конечном неориентированном невзвешенном графе под длиной пути понимают количество ребер в нем. Путь с минимальным количеством ребер – это кратчайший путь в графе. Для поиска кратчайшего пути движение по графу может начинаться из любой вершины, каждая

вершина посещается единожды (возврат в начальную вершину не предполагается). В этом случае конечные точки маршрута могут быть как произвольными, так и фиксированными. Такая задача может быть сведена к поиску кратчайшего пути в ациклическом графе (ориентированном графе, отражающем зависимости нескольких объектов друг от друга).

$$0, a^1, 2a^1, \dots, x_1a^1, x_1a^1+a^2, \dots, x_1a^1+x_2a^2, \dots, b.$$

Пусть  $p$  – ориентированный путь из вершины  $0$  в вершину  $b$ . Количеству дуг, длина которых равна  $a_j$ , в этом пути дадим обозначение  $x_j$ . Тогда длина этого пути

$$l(p) = \sum^n x_j a^j = A \times x.$$

Иными словами, в графе  $G$  имеется путь  $p$ , который проходит через вершины

Таблица

Характеристика вершин графа

№ п/п	Обозначение вершины	Описание вершины
1	$N_1$	Учреждение и регистрация ОК
2	$N_2$	Ликвидация ОО
3	$N_3$	Установление реквизитов
4	$N_4$	Утверждение устава
5	$N_5$	Создание штатного расписания
6	$N_6$	Формирование фонда материально-технических ресурсов
7	$N_7$	Контроль исполнения
8	$M_1$	Департамент образования
9	$M_2$	Администрация ОК
10	$M_3$	Дошкольные образовательные организации
11	$M_4$	Школы
12	$M_5$	Центры дополнительного образования
13	$M_6$	Колледжи
14	$R_1$	Материально-технические ресурсы
15	$R_2$	Финансовые ресурсы
16	$R_3$	Кадровые ресурсы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1								1						1	1	1
2								1						1	1	1
3								1								1
4									1							1
5									1							1
6									1					1	1	1
7								1						1		1
8	1	1	1				1	1								
9				1	1	1	1	1	1	1	1	1				
10									1		1	1	1			
11									1	1						
12									1	1						
13									1	1						
14	1	1					1	1								
15	1	1					1									
16	1	1	1	1	1	1	1	1								

Рис. 4. Матрица смежности

Таким образом, любому допустимому решению задачи (1) соответствует путь из вершины  $0$  в вершину  $b$  в графе  $G$ . Длина этого пути равна значению целевой

функции на этом решении. Обратное действие тоже верно. Кратчайший путь из

вершины  $0$  в вершину  $b$  и является оптимальным решением задачи (1).

### Применение волнового алгоритма для поиска кратчайшего пути в графовой модели модернизированной структуры управления объединенными образовательными организациями

Для поиска самого короткого пути в графе используется волновой алгоритм.

В начале работы алгоритма всем вершинам графа дана целочисленная метка  $A$ , значение которой равно нулю. Далее задаем вершину, которая будет стартом пути. Метка  $A$  этой вершины имеет значение 1. Волна начнет распространяться по меткам, имеющим нулевое значение. В момент времени  $T$ , равный единице, волна достигнет всех соседей вершины, которая является стартом, и переведет их метки в состояние, равное единице. В момент времени  $T$ , равный двум, будут помечены соседи соседних с вершиной, которая является стартовой, и значение их меток станет равным двум. Таким образом, будет размечен весь граф. Метки  $A$  будут фиксировать момент времени, когда волна будет проходить через вершину.

Метка  $A$  обладает следующими свойствами:

Утверждение 1. Максимальная величина значения  $(A(j)-1)$  является эксцентриситетом стартовой вершины.

Утверждение 2. Пусть  $A(j) = k$ . Тогда в графе найдется такая последовательность вершин, что для меток вершин будет верно:  $A(j) = k$ ;  $A(j_1) = k - 1$ ;  $A(j_2) = k - 2$ ; ...  $A(j_q) = k - 2$ ;  $A(j_s) = k - 1$  (обратный ход). При этом цепочка вершин  $(j, j_1, j_2, \dots, j_q, j_s)$  будет являться цепочкой минимальной длины.

В результате его работы был получен один из наилучших путей:  $R_3 - N_1 - M_1 - M_2 - M_4 - M_3$  («Кадровые ресурсы» – «Учреждение и регистрация ОК» – «Департамент образования» – «Администрация ОК» – «Школы» – «Дошкольные ОО»).

### Заключение

Выполнен анализ методов создания и проведения реорганизации структур управления ОС. С учетом принципов процессного подхода к созданию организационных структур разработана матричная организационная структура созданного в результате проведения реформы системы образования ОК.

Создана математическая графовая модель, с помощью которой можно определить оптимальный план, позволяющий свести к минимуму финансовые затраты на управление при объединении разнородных ООв единую ОС. Данная задача может решаться традиционными методами теории графов для каждого конкретного случая.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермакова, Т.Н. Методы и информационные модели эффективного управления образовательными системами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Т.Н. Ермакова. – М., 2017. – 18 с.
2. Ромашкова, О.Н. Совершенствование информационной технологии решения задач управления в экономических системах / О.Н. Ромашкова, С.В. Чискидов, П.А. Фролов // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 10. – С. 63-67.
3. Ермакова, Т.Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе / Т.Н. Ермакова, О.Н. Ромашкова // Вестник РГРТУ. – 2016. – № 57. – С. 82-87.
4. Ромашкова, О.Н. Модель эффективного управления объединенной образовательной системой (структурой) / О.Н. Ромашкова, Л.А. Пономарева // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXII всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2017. – С. 16-18.
5. Bobrikova, E. The application of a fluid-based model for the analysis of the distribution time of a file among users in peer-to-peer network / E. Bobrikova, Y. Gaidamaka, O. Romashkova // Selected papers of the II International Scientific Conference «Convergent Cognitive Information Technologies» (Convergent 2017). CEUR Workshop Proceedings. – Vol. 2064. – P. 55-61.

6. Romashkova, O.N. Application of information technology for the analysis of the rating of university / O.N. Romashkova, L.A. Ponomareva, I.P. Vasilyuk, Y.V. Gaidamaka // CEUR Workshop Proceedings 8. ITTMM 2018 - Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems». - 2018. - P. 46-53.
7. Gudkova, I.A. Determination of the range of the guaranteed radio communication in wireless telecommunication networks of IEEE 802.11 standard with the use of ping program / I.A. Gudkova, O.N. Romashkova, V.E. Samoylov // CEUR Workshop Proceedings 8. ITTMM 2018 - Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems». - 2018. - P. 54-59.
8. Orlov, Y. Time-dependent sir modeling for d2d communications in indoor deployments / Y. Orlov, D. Zenyuk, A. Samuylov, D. Moltchanov, Y. Gaidamaka, K. Samouylov, S. Andreev, O. Romashkova // Proceedings - 31st European Conference on Modelling and Simulation, ECMS. - 2017. - P. 726-731.
9. Ермакова, Т.Н. Роль информатики и информатизации в управлении образовательными комплексами / Т.Н. Ермакова // Информатика в школе: прошлое, настоящее и будущее: материалы всерос. науч.-метод. конф. по вопросам применения ИКТ в образовании (6-7 февр. 2014 г.) / отв. за вып. Ю.А. Аляев, И.Г. Семакин; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. - Пермь, 2014. - С. 156-159.
10. Пономарева, Л.А. Модель управления процессом освоения компетенций в образовательной организации / Л.А. Пономарева, В.Л. Коданев, С.В. Чискидов // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXII всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. - Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2017. - С. 20-22.
11. Ермакова, Т.Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом / Т.Н. Ермакова, О.Н. Ромашкова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». - 2014. - № 2. - С. 122-129.
12. Ермакова, Т.Н. Объединенная информационная модель управления образовательным комплексом / Т.Н. Ермакова, О.Н. Ромашкова // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем: материалы всерос. конф. с международ. участием. - Российский университет дружбы народов, 2015. - С. 128-130.
1. Yermakova, T.N. Methods and information models of educational system efficient management: Author's Abstract for Can. Sc. Tech. Degree: 05.13. 10. / T.N. Yermakova. - 2017. - pp. 18.
2. Romashkova, O.N. Information technology updating for solution of problems of control in economic systems / Information technology updating for solution of problems in economic system control / O.N. Romashkova, S.V. Chiskidov, P.A. Frolov // Modern Science Intensive Technologies. - 2017. - No.10. - pp. 63-67.
3. Yermakova, T.N. Effectiveness increase of information flow control in educational complex / T.N. Yermakova, O.N. Romashkova // Bulletin of RSRTU. - 2016. - No.57. - pp. 82-87.
4. Romashkova, O.N. Model of efficient control of associate educational system (structure) / O.N. Romashkova, L.A. Ponomaryova // New Information Technologies in Scientific Investigations: Proceedings of the XXII-nd All-Russian Scientif.-tech. Conf. of Students, Young Scientists and Experts. Ryazan State Radio Engineering University, 2017. - pp. 16-18.
5. Bobrikova, E. The application of a fluid-based model for the analysis of the distribution time of a file among users in peer-to-peer network / E. Bobrikova, Y. Gaidamaka, O. Romashkova // Selected Papers of the II International Scientific Conference «Convergent Cognitive Information Technologies» (Convergent 2017). CEUR Workshop Proceedings. - Vol. 2064. - P. 55-61.
6. Romashkova, O.N. Application of information technology for the analysis of the rating of university / O.N. Romashkova, L.A. Ponomareva, I.P. Vasilyuk, Y.V. Gaidamaka // CEUR Workshop Proceedings 8. ITTMM 2018 - Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems». - 2018. - P. 46-53.
7. Gudkova, I.A. Determination of the range of the guaranteed radio communication in wireless telecommunication networks of IEEE 802.11 standard with the use of ping program / I.A. Gudkova, O.N. Romashkova, V.E. Samoylov // CEUR Workshop Proceedings 8. ITTMM 2018 - Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems». - 2018. - P. 54-59.
8. Orlov, Y. Time-dependent sir modeling for d2d communications in indoor deployments / Y. Orlov, D. Zenyuk, A. Samuylov, D. Moltchanov, Y. Gaidamaka, K. Samouylov, S. Andreev, O. Romashkova // Proceedings - 31st European Conference on Modelling and Simulation, ECMS. - 2017. - P. 726-731.
9. Yermakova, T.N. Role of informatics and informatisation in educational process control / T.N. Yermakova // Informatics at School: Past, Present and Future: Proceedings of the All-Russian Scientif.-Method. Conf. on Problems of IDT Application in Education (February 6-7, 2014.) / responsible for

- issue: Yu.A. Alyaev, I.G. Semakin; Perm State National Research University. – Perm, 2014. – pp. 156-159.
10. Ponomaryova, L.A. Model of competence mastery control in educational institution / L. A. Ponomaryova, V.L. Kodanov, S.V. Chiskidov // New Information Technologies in Scientific Investigations: Proceedings of the XXII-nd All-Russian Scientific-Tech. Conf. of Students, Young Scientists and Experts. Ryazan State Radio Engineering University, 2017. – pp. 20-22.
11. Yermakova, T.N. Information process simulation of educational complex control / T.N. Yermakova, O.N. Romashkova // Bulletin of Russian University of Peoples Friendship. Series “Education Informatization”. – 2014. – No.2. – pp. 122-129.
12. Yermakova, T.N. Consolidated information model of educational complex control / T.N. Yermakova, O.N. Romashkova // Information-Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of Science Intensive Systems: Proceedings of the All-Russian Conf. with Inter. Participation. – Russian University of Peoples Friendship, 2015. – pp. 128-130.

*Статья поступила в редакцию 17.04.19*

*Рецензент: д.т.н., профессор Национального ядерного университета «МИФИ»*

*Гусева А.И.*

*Статья принята к публикации 27. 05. 19.*

#### Сведения об авторах:

**Ермакова Татьяна Николаевна**, к.т.н., ст. преподаватель Московского городского педагогического университета, e-mail: [ermaktat@bk.ru](mailto:ermaktat@bk.ru).

**Ромашкова Оксана Николаевна**, д.т.н., профессор Московского городского педагогического университета, e-mail: [ox-rom@yandex.ru](mailto:ox-rom@yandex.ru).

**Yermakova Tatiana Nikolaevna**, Can. Sc. Tech., Senior Lecturer, Moscow Municipal Pedagogical University, e-mail: [ermaktat@bk.ru](mailto:ermaktat@bk.ru).

**Romashkova Oksana Nikolaevna**, Dr. Sc. Tech., Prof., Moscow Municipal Pedagogical University, e-mail: [ox-rom@yandex.ru](mailto:ox-rom@yandex.ru).

**Пономарева Людмила Алексеевна**, к.физ.-мат.н., доцент Московского городского педагогического университета, e-mail: [ponomarevala@bk.ru](mailto:ponomarevala@bk.ru).

**Ponomaryova Lyudmila Alexeevna**, Can. Sc. Physic.-Math., Assistant Prof., Moscow Municipal Pedagogical University, e-mail: [ponomarevala@bk.ru](mailto:ponomarevala@bk.ru).