

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.32.1.029](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.32.1.029)

Оптимизационное моделирование процессов классификационной трансформации в сетевой организационной системе

М.А. Болгова

*Воронежский институт высоких технологий,
Воронеж, Российская Федерация*

Резюме: В статье рассматривается один из процессов, связанных с управлением в сетевой организационной системе на основе стратегии лидерства, процесс классификационной трансформации группирования объектов по условиям управляющего центра. Основная задача состоит в определении граничных значений параметров условий, заданных на дискретном множестве таким образом, чтобы распределить ресурсное обеспечение объектам с наибольшим потенциалом достижения целевых показателей. Показано, что такая задача при ее формализации является задачей булевого программирования. Предложены оптимизационные модели классификационной упорядоченности для двух условий отнесения объектов к топовым классам. Эти модели поддерживают процесс классификационной упорядоченности первого порядка. При решении задачи вторичной упорядоченности объектов, не вошедших в топовые классы, используется характерная особенность ступенчатого изменения интегральной функции в зависимости от нумерации объектов, соответствующей ранговой последовательности. Отдельные ступенчатые изменения идентифицируются как скачки функции и определяют оптимизационный характер их принадлежности заданному классу. Оптимизационная задача является задачей булевого программирования о минимальном покрытии. Для решения сформированных задач булевого программирования предложено использовать единую схему, основанную на комбинации рандомизированного поиска, генетического алгоритма и экспертного оценивания.

Ключевые слова: сетевая организационная система, классификационная трансформация, оптимизационное моделирование, булево программирование, интегральные оценки.

Для цитирования: Болгова М.А. Оптимизационное моделирование процессов классификационной трансформации в сетевой организационной системе. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(1). Доступно по: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1007>. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.029.

Optimization modeling of processes of classification transformation in a network organizational system

M.A. Bolgova

*Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation*

Abstract: The article examines one of the processes associated with management in a network organizational system based on a leadership strategy, the process of classification transformation of grouping objects according to the conditions of the management center. The main task is to determine the boundary values of the parameters of the conditions specified on a discrete set in such a way as to distribute resource provision to objects with the maximum potential for achieving target indicators. It is shown that such a problem, when formalized, is a Boolean programming problem. Optimization models of classification ordering are presented for two conditions for rating objects to top classes. These models support a first-order classification ordering process. For solving the task of the secondary sequences of

objects not included in the top class, a characteristic feature of the stepwise variation of the integral function is used depending on the numbering of objects corresponding to the rank sequence. Separate stepwise changes are identified as function jumps and determine the optimization nature of their belonging to a given class. An optimization problem is a minimal coverage Boolean programming problem. Using a unified scheme based on the patterns of randomized search, genetic algorithm, and expert estimation is proposed to solve the generated Boolean programming problems.

Keywords: network organizational system, classification transformation, optimization modeling, Boolean programming, integral estimates.

For citation: Bolgova M.A. Optimization modeling of processes of classification transformation in a network organizational system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(1). Available from: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1007>. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.029 (In Russ).

Введение

Многие организационные системы в социальной и экономической сферах (образование, банковский сектор, индустрия туризма, торговля и другие) представляют собой сетевую структуру, объединяющую однородные по своей основной деятельности объекты для выполнения заданных целей, которые определяются управляющим центром. Управляющий центр не только задает целевые установки, но контролирует их выполнение по итогам календарных периодов и за счет определенного механизма распределения ресурсного обеспечения добивается эффективности функционирования. При этом управление осуществляется путем распределения ресурсного обеспечения двух типов [1]:

на реализацию основной деятельности в зависимости от ее объемов (основное) [2];

на мотивацию лидерства объектов по эффективности достижения заданных целей (целевое).

Учитывая, что восходящим трендом развития сетевых организационных систем в последнее время становится стратегия лидерства объектов, объединенных в эту систему под руководством управляющего центра, все большую значимость в управлении ресурсным обеспечением приобретает необходимость ориентации на процессы структурной трансформации сети [3, 4].

Стратегия лидерства на первый план выдвигает реализацию механизма классификационной упорядоченности объектов по степени достижения амбициозных целей, выдвигаемых управляющим центром. Построение сети в соответствии с этим механизмом приводит к ряду дополнительных особенностей, влияющих на эффективность управления в исследуемых организационных системах. Эти особенности связаны с детализацией классификационной упорядоченности на первичную и вторичную, необходимостью сочетания текущего и прогностического оценивания изменений показателей объекта, многоканальностью управления при распределении целевого ресурсного обеспечения, вариативностью механизмов управления в зависимости от реализуемого процесса структурной трансформации [5, 6].

Первичным механизмом структурной трансформации, определяющим реализацию стратегии лидерства, является механизм классификационной трансформации. Для его выполнения управляющим центром задаются граничные условия классов.

Оценивание о включении в определенный класс осуществляется двумя способами:

- 1) задаются граничные значения показателей для m_1 –го класса

$$y_{jm_1}^{ep}, j = \overline{1, J}, m_1 = \overline{1, M_1}$$

так, чтобы для объектов $m_1 - \text{го}$ класса

$$O_{im_1}, i_{m_1} = \overline{1, I_{m_1}}$$

выполнялись условия

$$y_{im_1j}(t) \geq y_{jm_1}^{ep}, m_1 = \overline{1, M_1} \quad (1)$$

не менее, чем для $J_{m_1}^{ep} < J$ показателей;

2) вводится интегральная оценка эффективности функционирования объектов [7]

$$F_i(t) = F(y_{ij}(t)), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$$

и условие

$$F_{im}(t) \geq F_{m_1}^{ep}, m_1 = \overline{1, M_1}, i_{m_1} = \overline{1, I_{m_1}}, \quad (2)$$

где $F_{m_1}^{ep}$ – граничное значение интегральной оценки для включения объекта O_i в $m_1 - \text{й}$ класс.

С целью выполнения условий (1), (2) предлагается сформировать оптимизационные модели булевого программирования.

Оптимизационное моделирование выбора параметров граничных условий.

Для выбора параметров граничных условий (1) зададим $l = \overline{1, L}$ градаций по граничным значениям показателей

$$y_{jm_1l}^{ep}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}, m_1 = \overline{1, M_1}, l = \overline{1, L}$$

и одновременно по минимальному числу показателей, для которых должны выполняться условия (1)

$$J_{m_1l}^{ep}, m_1 = \overline{1, M_1}, l = \overline{1, L}.$$

Будем считать, что для класса с номером $m_1 - 1$ установлено граничное значение $y_{j(m_1-1)}^{ep}$ и требуется определить интервал изменения j_{m_1} -го показателя для m_1 -го класса за счет вариации по $l = \overline{1, L}$ градациям $y_{jm_1l}^{ep}$:

$$\left[y_{j(m_1-1)}^{ep}, y_{jm_1l}^{ep} \right], l = \overline{1, L}, j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}.$$

Ширина интервала вариации

$$\left(y_{j(m_1-1)}^{ep} - y_{jm_1l}^{ep} \right), l = \overline{1, L}, j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}} \quad (3)$$

должна отвечать двум условиям для показателей:

- быть достаточной для включения в $m_1 - \text{й}$ класс максимального числа объектов;
- число объектов, включаемый в $m_1 - \text{й}$ класс, ограничено выделенным объемом целевого ресурсного обеспечения $V_{m_1}^u$ для поддержки устойчивого тренда развития.

Для формализованной постановки задачи введем оптимизируемые булевы переменные:

$$x_{jm_1l} = \begin{cases} 1, \text{ если выбирается } l - \text{й вариант градации показателей } y_{jm_1l}^{ep}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}, \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (4)$$

Тогда величина ширины интервала (3) в зависимости от (4) определится

$$\left(y_{j(m_1-1)}^{ep} - y_{jm_1l}^{ep}(x_{jm_1l}) \right), j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}. \quad (5)$$

По первому условию, приведенному выше, сумма ширины интервалов по всем показателям, должна быть максимальной

$$\sum_{\substack{j_{(m_1-1)}=1 \\ j_{m_1}=1}}^{J_{m_1}} \left(y_{j_{(m_1-1)}}^{\text{rp}} - y_{j_{m_1}l}^{\text{rp}}(x_{j_{m_1}l}) \right) \rightarrow \max_{x_{j_{m_1}l}} \quad (6)$$

Экспертным путем определим объем ресурсного обеспечения, необходимый для поддержания значений показателей $j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}^{\text{ep}}}$ в границах интервалов (3)

$$V_{j_{m_1}l}^0, l = \overline{1, L}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}^{\text{ep}}}$$

При этом $J_{m_1l}^{\text{ep}} = J_{m_1}^{\text{ep}}(x_{j_{m_1}l})$.

Для выполнения второго условия, приведенного выше, необходимо обеспечить

$$\sum_{j_{m_1}=1}^{J_{m_1}^{\text{rp}}(x_{j_{m_1}l})} V_{j_{m_1}l}^0(x_{j_{m_1}l})x_{j_{m_1}l} \leq V_{m_1}^{\text{u}} \quad (7)$$

Объединяя экстремальное требование (6) и ограничения (4), (7) получаем следующую оптимизационную модель булевого программирования

$$\sum_{\substack{j_{(m_1-1)}=1 \\ j_{m_1}=1}}^{J_{m_1}} \left(y_{j_{(m_1-1)}}^{\text{rp}} - y_{j_{m_1}l}^{\text{rp}}(x_{j_{m_1}l}) \right) \rightarrow \max_{x_{j_{m_1}l}} \quad (8)$$

$$\sum_{j_{m_1}=1}^{J_{m_1}^{\text{rp}}(x_{j_{m_1}l})} V_{ij_{m_1}}^{\text{u}}(x_{j_{m_1}l})x_{j_{m_1}l} \leq V_{m_1}^{\text{u}}, \quad \sum_{j_{m_1}=1}^{J_{m_1}} x_{j_{m_1}l} = 1, \quad l = \overline{1, L},$$

$$x_{j_{m_1}l} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \quad l = \overline{1, L}.$$

В модель (8) добавлено ограничение, связанное с тем, что каждому показателю назначается только одна градация.

Решение задачи (8) [8] при $x_{j_{m_1}l}^* = 1$ позволяет выбрать номер градации для каждого показателя разделяющего классы m_1 и $m_1 + 1$.

В случае граничного условия (2) l градаций задаются для значений интегральной оценки

$$F_{m_1l}^{\text{rp}}, m_1 = \overline{1, M_1}, l = \overline{1, L}.$$

Аналогично с (4) вводятся оптимизируемые переменные

$$x_l = \begin{cases} 1, \text{ если выбирается } l - \text{й вариант градации интегральной оценки} \\ F_{m_1l}^{\text{rp}}, m_1 = \overline{1, M_1} \\ 0, \text{ в противном случае } l = \overline{1, L}. \end{cases} \quad (9)$$

Если определено значение $F_{m_1-1}^{\text{rp}}$, то экстремальное требование также, как (6) формируется следующим образом

$$F_{m_1-1}^{\text{rp}} - F_{m_1}^{\text{rp}}(x_l) \rightarrow \max_{x_l} \quad (10)$$

Далее экспертным путем определяем объем ресурсного обеспечения $V_{m_1 l}^0$ необходимый для поддержания значений интегральной оценки в интервале $[F_{m_1-1}^{gp}, F_{m_1}^{gp}]$

$$V_{m_1}^0(x_l) \leq V_{m_1}^u, \quad (11)$$

Объединяя экстремальное требование (10) с граничным требованием (11) и условием булевости оптимизируемых переменных (9) получаем оптимизационную модель

$$\begin{aligned} F_{m_1-1}^{gp} - F_{m_1}^{gp}(x_l) &\rightarrow \max_{x_l}, \\ V_{m_1}^0(x_l) &\leq V_{m_1}^u, \\ \sum_{l=1}^L x_l &= 1, \\ x_l &= \begin{cases} 1, & l = \overline{1, L}. \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

В модель (12) добавлено ограничение, связанное с тем, что интегральной оценке в классе m_1 назначается только одна градация.

Решение задачи (12) $x_l^* = 1$ позволяет выбрать значения $F_{m_1}^{gp}$, разделяющие классы m_1 и $m_1 + 1$.

Оптимизационное моделирование упорядоченности объектов при разделении на классы.

Упорядочение объектов, не вошедших в топовые классы, осуществляется по убыванию величины интегральной оценки. В соответствии с этим упорядочением введем новую нумерацию объектов

$$i' = \overline{1, I'}, \quad (13)$$

которая является сквозной при разделении множества (13) на классы $m = \overline{M_1 + 1, M}$.

Изменение значений интегральной оценки $F_{i'}$ в зависимости от новой нумерации объектов имеет характерный ступенчатый график, приведенный на рис. 1.

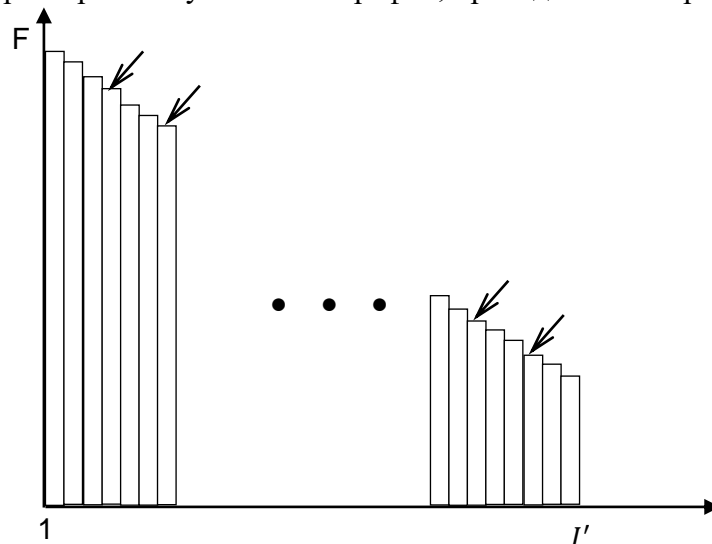


Рисунок 1 – Характерная функция изменения значений интегральной оценки при ранговой упорядоченности объектов

Figure 1 – The characteristic function of the change in the values of the integral estimate for the rank ordering of objects

Стрелками на рис.1 обозначены изменения интегральной оценки

$$\delta_{i'} = F_{i'-1} - F_{i'}. \quad (14)$$

Их будем называть скачками и подразумевать такие изменения, которые по своей величине с одной стороны больше предыдущих изменений, а с другой – больше последующих изменений.

Введем нумерационное множество скачков на графике функции (14)

$$j' = \overline{1, J'}. \quad (15)$$

Экспертным путем определим для элементов нумерационное множество их возможную принадлежность к одному из классов $m = \overline{M_1 + 1, M}$.

$$b_{j'm} = \begin{cases} 1, \text{ если эксперт считает возможной принадлежность} \\ j' - \text{го элемента } m - \text{му классу} \\ 0, \text{ в противном случае,} \\ j' = \overline{1, J'}, m = \overline{M_1 + 1, M}. \end{cases} \quad (16)$$

Введем булевы оптимизируемые переменные

$$x_{j'm} = \begin{cases} 1, \text{ если элемент } j' \text{ включается в } m - \text{й класс,} \\ 0, \text{ в противном случае,} \\ j' = \overline{1, J'}, m = \overline{M_1 + 1, M}. \end{cases} \quad (17)$$

В качестве экстремального требования будем рассматривать необходимость минимизации числа скачков, задействованных при определении объектов, принадлежащих всем классам, $m = \overline{M_1 + 1, M}$

$$\sum_{j'=1}^{J'} \sum_{m=M_1+1}^M x_{j'm} \rightarrow \min_{x_{j'm}}. \quad (18)$$

Ограничения учитывают экспертные оценки (16) и необходимость включения в каждый класс не менее одного элемента j'

$$\sum_{j'=1}^{J'} b_{j'm} x_{j'm} \geq 1, m = \overline{M_1 + 1, M}. \quad (19)$$

Объединяя экстремальное требование (18), граничные условия (19) и требование булевости оптимизируемых переменных (17) получаем задачу булевого программирования о минимальном покрытии [9].

$$\begin{aligned} & \sum_{j'=1}^{J'} \sum_{m=M_1+1}^M x_{j'm} \rightarrow \min \\ & \sum_{j'=1}^{J'} b_{j'm} x_{j'm} \geq 1, m = \overline{M_1 + 1, M}, \\ & x_{j'm} = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} j' = \overline{1, J'}, m = \overline{M_1 + 1, M}. \end{aligned} \quad (20)$$

Решение (20) $x_{j'm}^* = 1$ определяет номера элементов j'_m , включаемых в $m - й$ класс. Оно позволяет определить нумерационные множества объектов каждого класса, которые находятся до скачка с номером

$$\max_{j'_m} j'_m / x_{j'_m}^* = 1. \quad (21)$$

Заключение

Таким образом, оптимизационное моделирование процесса классификационной трансформации целесообразно разделить в соответствии с задачами первичной и вторичной упорядоченности объектов. В случае первичной упорядоченности экстремальные и граничные требования связаны с выбором из множества градаций значений ключевых показателей интегральной оценки, по которым определяется принадлежность объекта к определенному топовому классу. При определении принадлежности объектов к классам вторичной упорядоченности основой является скачкообразная зависимость интегральной оценки от номеров объектов, соответствующих их ранговой последовательности. Множество объектов, включаемых в класс, выбирается с учетом скачков значений интегрального показателя при анализе указанной зависимости.

В результате получаем комплекс оптимизационных задач булевого программирования, для решения которых целесообразно использовать комбинированную схему, основанную на интеграции схемы рандомизированного поиска, генетического алгоритма и процедуры экспертного оценивания [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов Б.А., Чопоров О.Н. Рейтинговое управление распределением ресурсного обеспечения в организационных системах на основе оптимизации экспертного выбора. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2018;6(3). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wpcontent/uploads/2018/07/ChernyshovChoporov_3_18_1.pdf
2. Бурков В.Н., Кузнецов Н.А., Новиков Д.А. Механизмы управления в сетевых структурах. *Автоматика и телемеханика*. 2002;12:96-115.
3. Болгова М.А., Евдокимов Е.А. Принятие управленческих решений в условиях трансформации высшего образования. *Вестник университета*. 2016(3):195-197.
4. Болгова М.А., Подлегаев А.В. Трансформация высшего образования в рамках создания опорных университетов: социально-экономический анализ. *Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса*. 2016;10(1):44-50.
5. Болгова М.А. Особенности управления сетевыми организационными системами в условиях их структурной трансформации. *Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы»: модели, анализ и управление*. 2020(4):-49-55.
6. Болгова М.А., Чопоров О.Н. Алгоритмизация управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения в условиях структурной трансформации сетевых организационных систем. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(4). Доступно по: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=879> DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.033.
7. Каширина И.Л., Львович Я.Е., Сорокин С.О. Интегральное оценивание эффективности сетевых систем с кластерной структурой. *Экономика и менеджмент систем управления*. 2015;15(1.3):330-337.
8. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. Воронеж:

- Издательский дом «Кварта». 2006:428.
9. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2016:444.
 10. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2010:140.

REFERENCES

1. Chernyshov B.A., Choporov O.N. Rating management of resource allocation software in organizational systems based on expert selection optimization. *Modeling, optimization and information technology*. 2018;6(3). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2018/07/ChernyshovChoporov_3_18_1.pdf
2. Burkov V.N., Kuznecov N.A., Novikov D.A. Mekhanizmy upravleniya v setevykh strukturah. *Avtomatika i telemekhanika*. 2002;12:96-115.
3. Bolgova M.A., Evdokimov E.A. Management decision-making in the transformation of higher education. *Vestnik Universiteta*. 2016(3):195-197.
4. Bolgova M.A., Podlegaev A.V. Transformation of higher education in the context of the supporting university creation: the social and economic analysis. *Vestnik Associacii vuzov turizma i servisa*. 2016;10(1):44-50.
5. Bolgova M.A. Features of managing network organizational systems under the conditions of their structural transformation. *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya «Slozhnye sistemy»: modeli, analiz i upravlenie»*. 2020(4):49-55.
6. Bolgova M.A., Choporov O.N. Algorithmization of intra-object management of resource allocation in the context of structural transformation of network organizational systems. *Modeling, optimization and information technology*. 2020;8(4). Available from: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=879>. DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.033.
7. Kashirina I.L., Lvovich Y.E., Sorokin S.O. Integral'noe ocenivanie effektivnosti setevykh sistem s klasternoj strukturoj. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*. 2015;15(1.3):330-337.
8. Lvovich Y.E. Mnogoal'ternativnaya optimizaciya: teoriya i prilozheniya. Voronezh: Izdatel'skij dom «Kvarta». 2006:428.
9. Lvovich I.Y., Lvovich Y.E., Frolov V.N. Informacionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizacii: kratkaya teoriya i prilozheniya. Voronezh: IPC «Nauchnaya kniga». 2016:444.
10. Lvovich Y.E., Lvovich I.Y. Prinyatie reshenij v ekspertno-virtual'noj srede. Voronezh: IPC «Nauchnaya kniga». 2010:140.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Болгова Мария Алексеевна, аспирант,
Воронежский институт высоких технологий,
Воронеж, Российская Федерация
e-mail: office@vivt.ru

Maria A. Bolgova, graduate student, Russian
Voronezh Institute of High Technologies,
Voronezh, Russian Federation.