

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.026](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.026)

Алгоритмизация принятия решений при управлении образовательной системой дуального обучения персонала инфокоммуникационных комплексов

К.И. Львович, Ю.П. Преображенский
*Воронежский институт высоких технологий,
Воронеж, Российская Федерация*

Резюме: Статья ориентирована на одну из актуальных проблем, возникающих в ходе активной цифровизации производственных, социальных и экономических систем, – увеличение количества и объема решаемых задач в рамках инфокоммуникационных систем. Эти задачи связаны с цифровой трансформацией больших данных и переноса цифрового ресурса в управленческую и физическую среды. При этом значимость персонала при решении указанных задач в рамках человеко-машинной системы существенно возрастает. Для обеспечения высокой производительности, безошибочности задач требуется практико-ориентированный механизм подготовки кадров. Формирование такого механизма требует оптимизационного подхода при управлении эффективностью системы обучения персонала. Рассматривается формирование алгоритмического обеспечения принятия решений при управлении образовательной системой дуального обучения персонала инфокоммуникационных систем. Показано, что структура алгоритмической процедуры определяется последовательностью задач оптимизации, связанных с управлением при разработке образовательной программы на множестве тематических модулей, которые обеспечивают выполнение образовательного и профессионального стандартов, и форм реализации дуального обучения. Особенностью экстремальных задач является их принадлежность к классу дискретного программирования. Предложена интегрированная многошаговая схема рандомизированного поиска с определенными условиями перехода итерационного решения оптимизационных задач в последовательности получения оптимального варианта образовательной программы. Окончательное управленческое решение определяется оценкой, которая проводится путем поиска согласованного мнения группы экспертов.

Ключевые слова: управление, образовательная система, дуальное обучение, оптимизация, дискретное программирование, рандомизация, экспертное оценивание.

Для цитирования: Львович К.И., Преображенский Ю.П. Алгоритмизация принятия решений при управлении образовательной системой дуального обучения персонала инфокоммуникационных комплексов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2020;8(2). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/LvovichK_PreobrazhenskyY_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.026

Decision-making algorithmization in the management of the educational system of dual training of information and communication complexes' personnel

K.I. Lvovich, Y.P. Preobrazhensky
Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation

Abstract: The article is focused on one of the urgent problems arising in the course of active digitalization in production, social and economic systems – the increase of the number and volume of

tasks within the framework of infocommunication systems. These tasks are related to the digital transformation of big data and the transfer of digital resources in the management and physical environment. The importance of staff in achieving these goals within the framework of human-machine system is significantly increased. A practice-oriented training mechanism is required to ensure high performance and error-free tasks. The formation of such a mechanism requires an optimization approach in managing the effectiveness of the personnel training system. Thesis discusses the formation of the algorithmic support of decision-making in the management of the educational system of dual training of staff information and communication systems. It is shown that the structure of the algorithmic procedure is determined by the sequence of optimization problems associated with the management in the development of the educational program on a variety of thematic modules that ensure the implementation of educational and professional standards, and forms of implementation of dual training. The peculiarity of extreme problems is their belonging to the class of discrete programming. The integrated multistage scheme of randomized search with certain conditions of transition of the iterative decision of optimization problems in sequence of reception of the optimum variant of the educational program is offered. The final management decision is determined by the evaluation, which is carried out by seeking the agreed opinion of the expert group.

Keywords: management, educational system, dual training, optimization, discrete programming, randomization, expert evaluation.

For citation: Lvovich K.I., Preobrazhensky Yu.P. Decision-making algorithmization in the management of the educational system of dual training of information and communication complexes' personnel. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(2). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/LvovichK_PreobrazhenskyY_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.026 (In Russ).

Введение

В условиях активной цифровизации в реальном секторе экономики, государственном управлении и социальной сфере усиливается значимость персонала в обеспечении эффективности, качества и надежности функционирования инфокоммуникационных систем. Уровень владения персоналом компетенциями взаимодействия с техническими средствами, программами и информационными результатами влияет на время и вероятность безошибочного решения задач. Одним из механизмов подготовки кадров, участвующих в реализации цифровых проектов, является дуальное обучение, которое объединяет возможности образовательной структуры и работодателей при организации обучения персонала практическим навыкам. Повышение эффективности такого рода интеграционного подхода требует применения формализованных методов моделирования и оптимизации, позволяющих принимать обоснованные решения, которые обеспечивают рациональное управление образовательным процессом подготовки персонала инфокоммуникационных систем.

Оптимизационные модели принятия управленческих решений

В [1] обоснована совокупность задач и соответствующих моделей оптимизации управления образовательной системой путем повышения уровня владения персоналом инфокоммуникационного комплекса знаниями и умениями в рамках требуемых компетенций в процессе дуального обучения. Необходимо последовательно решить 3 задачи дискретного программирования, обеспечивающих управление за счет формирования тематических модулей $\mu_v, v = \overline{1, V}$ – образовательной программы и форм их реализации $d_r, r = \overline{1, R}$. Первая о минимальном покрытии [2]

$$\begin{aligned}
 & \sum_{m=1}^M x_m + \sum_{n=1}^N x_n \rightarrow \min, \\
 & \sum_{m=1}^M c_{mi} x_m \geq 1, i = \overline{1, I}, \\
 & \sum_{n=1}^N c_{nj} x_n \geq 1, j = \overline{1, J}, \\
 & x_m = \begin{cases} 1, & m = \overline{1, M}, \\ 0, & m = \overline{1, M}, \end{cases} x_n = \begin{cases} 1, & n = \overline{1, N}, \\ 0, & n = \overline{1, N}, \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

где

$$x_m = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_m, \text{ соответствующий образовательному} \\ & \text{стандарту, включается в редуционное множество } \mu_s, s = \overline{1, S}, \\ 0, & \text{в противном случае, } m = \overline{1, M}; \end{cases}$$

$$x_n = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_n, \text{ соответствующий профессиональному} \\ & \text{стандарту, включается в редуционное множество } \mu_s, s = \overline{1, S}, \\ 0, & \text{в противном случае, } n = \overline{1, N}; \end{cases}$$

$$c_{mi} = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_m, \text{ поддерживает формирование } i - \text{й} \\ & \text{компетенции персонала,} \\ 0, & \text{в противном случае, } m = \overline{1, M}, i = \overline{1, I}; \end{cases}$$

$$c_{nj} = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_n, \text{ поддерживает формирование } j - \text{й} \\ & \text{трудовой функции персонала,} \\ 0, & \text{в противном случае, } n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}; \end{cases}$$

Вторая о ранце [2]

$$\begin{aligned}
 & \sum_{s=1}^S a_s x_s \rightarrow \max, \\
 & \sum_{s=1}^S t_s x_s \leq T, \\
 & x_s = \begin{cases} 1, & s = \overline{1, S}, \\ 0, & s = \overline{1, S}, \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2}$$

где

$$x_s = \begin{cases} 1, & \text{если модуль } \mu_s, \text{ входящий в решение задачи (1), включается} \\ & \text{в множество модулей образовательной программы } \mu_v, v = \overline{1, V}, \\ 0, & \text{в противном случае, } s = \overline{1, S}, \end{cases}$$

a_s – экспертная оценка значимости модуля μ_s ,

t_s – трудоемкость изучения тематического модуля μ_s ,

T – трудоемкость образовательной программы.

Третья – о назначениях [2]

$$\begin{aligned} \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R z_{vr} x_{vr} &\leftarrow \min, \\ \sum_{r=1}^R x_{vr} &= 1, v = \overline{1, V}, \\ x_{vr} &= \begin{cases} 1, & v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}, \\ 0, & \text{в противном случае, } v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}, \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$x_{vr} = \begin{cases} 1, & \text{если для реализации модуля } \mu_v \text{ в системе дуального обучения} \\ & \text{выбирается форма } d_r, r = \overline{1, R}, \\ 0, & \text{в противном случае, } v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}, \end{cases}$$

z_{vr} – затраты на реализацию модуля μ_v с использованием формы d_r , в отличие от классической задачи о назначениях не требуется ограничение $\sum_{v=1}^V x_{vr} = 1, r = \overline{1, R}$.

Алгоритмизация решения оптимизационных задач

Для решения оптимизационных задач (1) – (3) предлагается построить интегрированную процедуру направленного рандомизированного поиска [3], включающую следующие шаги.

1) Введение рандомизированных переменных задач (1) – (3) и задание начальных значений вероятностей для $k = 1$, где $k = 1, 2, \dots$ – номера итераций процедуры поиска принятия этими переменными определенных дискретных уровней:

для задачи (1)

$$\tilde{x}_m = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{x_m} \leq \tilde{\xi}, \\ 0, & \text{в противном случае, } m = \overline{1, M}, \end{cases} \quad (4)$$

где p_{x_m} – вероятность принятия переменной \tilde{x}_m значения 1,

$\tilde{\xi}$ – значение псевдослучайного числа, последовательность которых генерируются в соответствии с равномерным законом распределения на интервале $[0, 1]$, [4];

$$\tilde{x}_n = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{x_n} \leq \tilde{\xi}, \\ 0, & \text{в противном случае, } n = \overline{1, N}, \end{cases} \quad (5)$$

где p_{x_n} – вероятность принятия переменной \tilde{x}_n значения 1;

\tilde{m} – дискретное случайное число, принимающее значения $\overline{1, M}$ с вероятностями

$$p_m, \sum_{m=1}^M p_m = 1;$$

\tilde{n} – дискретное случайное число, принимающее значения $\overline{1, N}$ с вероятностями

$$p_n, \sum_{n=1}^N p_n = 1;$$

$$p_{x_m}^1 = 0,5; p_{x_n}^1 = 0,5; p_m^1 = \frac{1}{M}; m = \overline{1, M}; p_n^1 = \frac{1}{N}; n = \overline{1, N};$$

для задачи (2)

$$\tilde{x}_s = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{x_s} \leq \tilde{\xi}, \\ 0, & \text{в противном случае, } s = \overline{1, S}, \end{cases}$$

где p_{x_s} – вероятность принятия переменной \tilde{x}_s значения 1;

\tilde{s} – дискретное случайное число, принимающее значения $\overline{1, S}$ с вероятностью

$$p_s, \sum_{s=1}^S p_s = 1;$$

$$p_{xs}^1 = 0,5; p_s^1 = \frac{1}{S}; s = \overline{1, S};$$

для задачи (3)

$$\tilde{x}_{vr} = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{vr} \leq \tilde{\xi}, \\ 0, & \text{в противном случае, } v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}, \end{cases}$$

где p_{xvr} – вероятность принятия переменной \tilde{x}_{vr} значения 1 при условии

$$\sum_{r=1}^R \tilde{x}_{vr} = 1 \text{ или } \sum_{r=1}^R p_{xv} = 1;$$

\tilde{v} – дискретное случайное число, принимающее значения $\overline{1, V}$ с вероятностью

$$p_v, \sum_{v=1}^V p_v = 1;$$

$$p_{xvr}^1 = \frac{1}{R}, v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}; p_v^1 = \frac{1}{V}, v = \overline{1, V}.$$

2) Случайный выбор номера m оптимальной переменной x_m и n оптимизируемой переменной x_n в задаче (1):

на k –й итерации поиска

генерируется число $\tilde{\xi}$,

если $p_{x_{m=1}}^k \leq \tilde{\xi}, p_{x_{n=1}}^k \leq \tilde{\xi}$, то $m = 1, n = 1$,

в противном случае,

если $p_{x_{m=1}}^k + p_{x_{m=2}}^k \leq \tilde{\xi}, p_{x_{n=1}}^k + p_{x_{n=2}}^k \leq \tilde{\xi}$, то $m = 2, n = 2$ и т. д.

3) Генерация случайных реализаций \tilde{x}_m, \tilde{x}_n по правилам (4), (5) в соответствии со значениями вероятностей на k –й итерации $p_{x_m}^k, p_{x_n}^k$.

4) Коррекция значений вероятностей $p_{x_m}^k, p_{x_n}^k, p_m^k, p_n^k$ для $(k + 1)$ итерации

$$p_{x_m}^{k+1} = p_{x_m}^k + \alpha_1 (\tilde{\Delta}F(\tilde{x}_m^k)), \quad (6)$$

$$p_{x_n}^{k+1} = p_{x_n}^k + \alpha_1 (\tilde{\Delta}F(\tilde{x}_n^k)), \quad (7)$$

$$p_m^{k+1} = p_m^k + \alpha_2 (\tilde{\Delta}F(\tilde{x}_m^k)), \quad (8)$$

$$p_n^{k+1} = p_n^k + \alpha_2 (\tilde{\Delta}F(\tilde{x}_n^k)), \quad (9)$$

где $\tilde{\Delta}F$ – случайная вариация оптимизируемой функции при случайных реализациях переменных на k –й итерации,

$$\tilde{\Delta}F = F(\tilde{x}^k/x_m^k = 1) - F(\tilde{x}^k/x_m^k = 0),$$

$\tilde{x}^k = \{\tilde{x}_{m_1}\}$ – вектор случайных реализаций переменных в соответствии с правилом (4) и значениями вероятностей $p_{x_{m_1}}^k, p_{m_1}^k$ для номеров переменных $m_1 \neq m, m_1 \in \overline{1, M}$;

α_1, α_2 – функции вычисления корректирующего слагаемого в алгоритмических схемах (6) – (9), детально рассмотренные в [3];

аналогично для переменных $\tilde{x}_n, n = \overline{1, N}$.

5) Проверка условия перехода от рандомизированного поиска по оптимизируемой функции задачи (1) к поиску по оптимизируемой функции задачи (2):

определяется число переменных $\hat{m} = \overline{1, \hat{M}}$ и $\hat{n} = \overline{1, \hat{N}}$ для которых на k –й итерации

$$p_{x_{\hat{m}}}^k \geq 1 - \varepsilon, p_{x_{\hat{n}}}^k \geq 1 - \varepsilon, \hat{m} = \overline{1, \hat{M}} \text{ и } \hat{n} = \overline{1, \hat{N}},$$

где

$\varepsilon > 0$ – задается экспертом в диапазоне $[0,3 \div 0,1]$, начиная с левого значения указанного интервала;

проверяется условие

$$\hat{M} \geq \alpha M, \hat{N} \geq \alpha N, \quad (10)$$

где $\alpha > 0$ – задается экспертом в диапазоне $[0,3 \div 0,5]$, начиная с левого значения указанного интервала;

если условие (10) выполняется, то переходят к рандомизированному поиску по оптимизируемой функции задачи (2).

6) Случайный выбор номера s оптимизируемой переменной x_s задачи (2) из случайных реализаций числа \tilde{s} с вероятностями $p_s^k, s = \overline{1, S} = \hat{M} + \hat{N}$ аналогично п.2.

7) Генерация случайных значений \tilde{x}_s в соответствии со значениями вероятностей на k –й итерации p_{xs}^k .

8) Коррекция значений вероятностей p_{xs}^k, p_s^k для k –й итерации аналогично п.4.

9) Проверка условия перехода от рандомизированного поиска по оптимизируемой функции (2) к поиску по оптимизируемой функции задачи (3):

определяется число переменных $\hat{s} = \overline{1, \hat{S}}$, для которых на k –й итерации

$$p_{x_s}^k \geq 1 - \varepsilon, \hat{s} = \overline{1, \hat{S}};$$

проверяется условие

$$\hat{S} \geq \alpha S; \quad (11)$$

если условие (11) выполняется, то переходят к рандомизированному поиску по оптимизируемой функции задачи (3) при $V = \hat{S}$.

10) Случайный выбор номеров v и r для оптимизируемой переменной x_{vr} задачи (3) из случайных реализаций чисел \tilde{v} и \tilde{r} с вероятностями p_v^k и p_r^k аналогично п.2.

11) Генерация случайных значений \tilde{x}_{vr} в соответствии со значениями вероятностей $p_{xvr}^k, v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}$.

12) Коррекция значений вероятностей p_v^k, p_r^k, p_{xvr}^k

$$p_{xvr}^{k+1} = p_{xvr}^k + \alpha_1 (\tilde{\nabla} F(\tilde{x}_{vr})),$$

$$p_v^{k+1} = p_v^k + \alpha_2 (\tilde{\nabla} F(\tilde{x}_{vr})),$$

$$p_r^{k+1} = p_r^k + \alpha_2 (\tilde{\nabla} F(\tilde{x}_{vr})),$$

где $\tilde{\nabla} F$ – случайная вариация оптимизируемой функции задачи (3) при выбранных в п.10 значениях \tilde{r} и \tilde{v} и алгоритмическом выполнении условия $\sum_{r=1}^R x_{vr} = 1$

$$\tilde{\nabla} F = F \left(\begin{array}{l} \tilde{x}_{v_1}, \dots, \tilde{x}_{v_{(r-1)}}, \tilde{x}_{v_{(r+1)}}, \dots, \tilde{x}_{VR} / \tilde{x}_{11}, \dots, \tilde{x}_{12} = 0, \dots, \tilde{x}_{1R}, \dots; \\ \tilde{x}_{v_1}, \dots, \tilde{x}_{vr=1}, \dots, \tilde{x}_{vR}; \dots; \tilde{x}_{v_1}, \dots, \tilde{x}_{vR} = 0, \dots, \tilde{x}_{vR} \end{array} \right) - \\ - F \left(\begin{array}{l} \tilde{x}_{v_1}, \dots, \tilde{x}_{v_{(r-1)}}, \tilde{x}_{v_{(r+1)}}, \dots, \tilde{x}_{VR} / \tilde{x}_{11}, \dots, \tilde{x}_{12} = 1, \dots, \tilde{x}_{1R}, \dots; \\ \tilde{x}_{v_1}, \dots, \tilde{x}_{vr=0}, \dots, \tilde{x}_{v1}; \dots; \tilde{x}_{vR} = 0, \dots, \tilde{x}_{vR} \end{array} \right).$$

Проверка условия перехода к экспертному оцениванию оптимизированной на множестве тематических модулей и форм дуального обучения образовательной программы:

проверяется условие

$$p_{xvr}^k \geq \frac{1}{R} \forall v = \overline{1, V}; \quad (12)$$

если условие (12) выполняется то переходят к экспертному оцениванию;

в противном случае продолжают рандомизированный поиск по оптимизируемой функции задачи (3).

13) Экспертное оценивание с использованием одного из методов, изложенных в [5]:

если группа экспертов имеет согласованное решение об оптимальности образовательной программы, то ее применяют при дуальном обучении персонала инфокоммуникационных комплексов;

в противном случае повторяют шаги 2-12 интегрированной процедуры рандомизированного поиска, в зависимости от характеристики образовательной программы, вызвавшей несогласованность экспертов;

если несогласованность экспертов связана с количеством тематических модулей V , то меняют значения параметров условий перехода ε, α в пределах заданных диапазонов;

если несогласованность экспертов связана с наименованием тематических модулей $\mu_v, v = \overline{1, V}$, то в качестве начальных значений вероятностей в задачах (1), (2) используют значения p_{xm}, p_{xn}, p_m, p_n , вычисленные на шаге 4; p_{xs}, p_s , полученные на шаге 8;

если несогласованность экспертов связана с распределением форм дуального обучения между тематическими модулями, то в качестве начальных значений вероятностей в задаче (3) используют значения p_{xvr}, p_v, p_r , полученные на шаге 12.

Заключение

Таким образом, алгоритмизация принятия решений при управлении образовательной системой персонала инфокоммуникационных комплексов полностью определяется структурой оптимизационных задач, сформированных в виде задач дискретного программирования на множествах тематических модулей образовательной программы и форм дуального обучения.

Единообразная формализация оптимизируемых переменных в этих задачах позволяет организовать поиск оптимального решения на основе многошаговой интегрированной алгоритмической процедуры. Базовым компонентом этой процедуры является итерационная схема направленного рандомизированного поиска. В качестве механизма интеграции решений отдельных задач в единый цикл управления выступают условия перехода, основанные на оценке количества переменных, значения вероятностей принятия которыми значения 1 приближаются к 1. Для принятия окончательного решения привлекается группа экспертов. В зависимости от степени их согласованности осуществляются изменения параметров поиска при инициализации повторных итерационных циклов до получения согласованного решения в виде образовательной программы дуального обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львович К.И., Преображенский Ю.П. Управление функционированием человеко-машинной информационной системы на основе многоальтернативной оптимизации компетенцией персонала. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2018;6(2).
2. Корбут А.А., Финкельштейн Е.Ю. *Дискретное программирование*. М.: Наука. 1969.
3. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения*. Издательский дом «Кварта». 2006.
4. Соболев И.М. *Численные методы Монте-Карло*. М.: Наука. 1973.

5. Львович Я.Е., Львович И.Я. *Принятие решений в экспертно-виртуальной среде*. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2010.

REFERENCES

1. Lvovich K.I., Preobrazhensky Y.P. Management of the functioning of the man – machine information system on the basis of multi-alternative optimization of personnel competencies *Modeling, optimization and information technology*. 2018;6(2).
2. Korbut A.A., Finkelstein E.Yu. Discrete programming. M.: Science. 1969.
3. Lvovich Ya.E. Multi-alternative optimization: theory and applications. Publishing house «Quarta». 2006.
4. Sobol I.M. Monte Carlo numerical methods. M.: Science. 1973.
5. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya. Making decisions in an expert virtual environment. Voronezh: CPI «Scientific Book». 2010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATIONS ABOUT AUTHORS

Львович Ксения Игоревна, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

Ksenia I. Lvovich, graduate student, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

Преображенский Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент, проректор по информационным технологиям, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: hekwin@yandex.ru

Yuriy P. Preobrazhensky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Information Technologies, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.