

УДК 681.3 | **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДУАЛЬНОГО
ОБУЧЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОДГОТОВКОЙ
КАДРОВ ПО ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫМ ПРОФЕССИЯМ**

Ксения Игоревна Львович
аспирант
office@vivt.ru
г. Воронеж

Воронежский институт
высоких технологий – АНОО ВО

Юрий Петрович Преображенский
к.т.н., доцент
office@vivt.ru
г. Воронеж

Воронежский институт
высоких технологий – АНОО ВО

Аннотация. Рассматривается проблема управления подготовкой кадров по высокотехнологичным профессиям с использованием многоальтернативной модели дуального обучения. Дано представление в виде нумерационных множеств основных компонентов образовательных и профессиональных стандартов и форм реализации дуального обучения. Показано, что математическое описание многоальтернативных характеристик проявляется при решении ряда оптимизационных задач: редукционной, балансовой и ресурсной. Для каждой задачи введены альтернативные переменные, критерии оптимизации и ограничения. В результате сформированы оптимизационные модели, относящиеся к типовым задачам булевого программирования: о минимальном покрытии, о ранце, о назначениях. Совокупность решений перечисленных задач позволяет разработать образовательную программу дуального обучения, сбалансированную по плановой трудоемкости, кадровым и материально-техническим ресурсам образовательной организации и работодателей.

Ключевые слова: дуальное обучение, управление подготовкой кадров, многоальтернативная оптимизационная модель, нумерационное множество.

Одним из современных и эффективных механизмов управления подготовкой кадров по высокотехнологичным профессиям является механизм дуального обучения, основанный на рациональном балансировании образовательных ресурсов теоретической и практико-ориентированной направленности [Борзова, 2017;193].

Дуальное обучение – это такой вид обучения, при котором теоретическая часть подготовки проходит на базе образовательной организации, а практическая — на рабочем месте.

Предприятия делают заказ образовательным учреждениям на конкретное количество специалистов, работодатели принимают участие в составлении учебной программы. Студенты проходят практику на предприятии без отрыва от учебы.

В дуальной системе обучения усиливается и качественно меняется роль работодателя. На территории предприятия создаются учебные рабочие места для студентов, которые могут отличаться от обычного рабочего места наличием виртуального симуляционного оборудования. Важнейший компонент – наличие подготовленных кадров, которые выступают в качестве наставников.

Традиционно использование дуального обучения при реализации образовательных программ заключается в экспертном согласовании с основными потребителями

выпускников их компонентов, распределения плановой трудоемкости их изучения, кадрового обеспечения и материально-технической базы проведения занятий. При этом опираются как на качественные оценки представителей образовательных организаций и работодателей. Однако, такой подход не позволяет в полной мере учесть целый ряд аспектов нормативного и реализационного характера:

обеспечение сбалансированности в рамках образовательной программы дуального обучения компетентностных характеристик образовательного и профессионального стандартов;

ориентацию на опережающие требования развития знаневых и практических компонентов высокотехнологичной профессии;

разнообразие форм реализации модели дуального обучения, приводящее к необходимости многоальтернативного выбора.

При этом разнообразии форм реализации модели дуального обучения (многоальтернативность) при подготовке кадров по высокотехнологичным профессиям определяется возможностями организации классических учебных занятий, занятий на рабочих местах, занятий в вузе с приглашенными наставниками, практики на предприятиях, введение параллельных вендорных спецкурсов с последующей вендорной сертификацией, формирование учебных программ с учетом стандартов Worldskills.

Предлагается повысить степень учета перечисленных аспектов и на этой основе эффективность управления подготовкой кадров путем разработки математического описания компонентов модели дуального обучения.

Прежде всего дадим описание в виде нумерационных множеств [Ершов, 1977;18] основным компонентам, определяющим ресурсы дуального обучения:

компетенции

$$\mathfrak{a}_1, \dots, \mathfrak{a}_i, \dots, \mathfrak{a}_I, \quad 1)$$

где $i = \overline{1, I}$ – нумерационное множество компетенций, определенных образовательным стандартом;

тематические модули

$$\mu_1, \dots, \mu_m, \dots, \mu_M, \quad 2)$$

где $m = \overline{1, M}$ – нумерационное множество тематических модулей, входящих в структуру дисциплин образовательной программы и позволяющих обеспечить формирование знаний и умений по $\mathfrak{a}_i, i = \overline{1, I}$ компетенциям;

трудоовые функции

$$\tau_1, \dots, \tau_j, \dots, \tau_J, \quad 3)$$

где $j = \overline{1, J}$ – нумерационное множество трудовых функций, определенных профессиональным стандартом;

$$\mu_1, \dots, \mu_n, \dots, \mu_N, \quad 4)$$

где $n = \overline{1, N}$ – нумерационное множество тематических моделей, входящих в структуру дисциплины образовательной программы и позволяющих обеспечить формирование знаний и умений для выполнения $\tau_j, j = \overline{1, J}$ трудовых функций;

$$d_1, \dots, d_r, \dots, d_R, \quad 5)$$

где $r = \overline{1, R}$ – нумерационное множество альтернативных форм реализации тематических модулей в системе дуального обучения по высокотехнологичным профессиям.

На основе перечисленных нумерационных множеств предлагается сформировать математическое описание компонентов модели дуального обучения, обеспечивающих решение следующих задач, ориентированных на управление подготовкой кадров:

Задача 1. (Редуционная). Обеспечение потенциальной возможности реализации образовательной программы в рамках плановой трудоемкости за счет редукации исходных множеств (тематических модулей (2), (4)) до множества $\mu_s, s = \overline{1, S}$, соответствующего минимальному покрытию множества компетенций (1) и множества трудовых функций (3).

Задача 2. (Балансовая). Окончательное формирование множества тематических модулей $u_v, v = \overline{1, V}$ для объединения в образовательную программу дуального обучения с учетом их значимости при формировании знаний и умений, предусмотренных образовательным и профессиональным стандартом, и обеспечения сбалансированности по плановой трудоемкости обучения.

Задача 3. (Ресурсная). Управление формами реализации тематических модулей $\mu_v, v = \overline{1, V}$ в системе дуального обучения путем назначения каждому модулю формы реализации (5), с учетом ограниченных кадровых и материально-технических ресурсов.

Адекватной формой математического описания перечисленных задач являются модели многоальтернативной оптимизации [Львович, 2006; 24], совокупность которых образует многоальтернативную модель дуального обучения, ориентированную на управление подготовкой кадров по высокотехнологичным профессиям.

Трансформация содержательной постановки задач в оптимизационные модели состоит из следующих этапов:

- 1) введение альтернативных переменных, принимающих значения 1 или 0 и характеризующих механизм выбора оптимального решения;
- 2) определение экстремального требования в виде функции, зависящей от значений альтернативных переменных и характеризующей цель выбора оптимального решения;
- 3) определение граничных требований в виде функций, зависящих от альтернативных переменных и характеризующих множество ограничений при выборе оптимального решения;
- 4) объединение введенных требований в единую экстремальную задачу.

Для формализации механизма выбора оптимального решения в задаче 1 введем следующие альтернативные переменные

$$x_m = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_m \text{ включается в редуционное множество модулей} \\ & \mu_s, s = \overline{1, S}, \\ 0, & \text{в противном случае, } m = \overline{1, M}; \end{cases} \quad 6)$$

$$x_n = \begin{cases} 1, & \text{если тематический модуль } \mu_n \text{ включается в редуционное множество модулей} \\ & \mu_s, s = \overline{1, S}, \\ 0, & \text{в противном случае, } n = \overline{1, N}. \end{cases} \quad 7)$$

Экстремальное требование в задаче редукции состоит в минимизации множества модулей $\mu_s, s = \overline{1, S}$

$$\sum_{m=1}^M x_m + \sum_{n=1}^N x_n \rightarrow \min. \quad (8)$$

Формирование множества ограничений требует предварительного экспертного оценивания [Львович, 2010; 11] для определения булевых коэффициентов:

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

$$c_{nj} = \begin{cases} 1, \text{ если тематический модуль } \mu_n \text{ поддерживает формирование компетенции } \tau_j, \\ 0, \text{ в противном случае, } n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}. \end{cases}$$

Тогда ограничения определяют включение тематических модулей в минимальное покрытие таким образом, чтобы каждой компетенции и трудовой функции соответствовало не менее одного элемента

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M c_{mi} x_m &\geq 1, i = \overline{1, I}, \\ \sum_{n=1}^N c_{nj} x_n &\geq 1, j = \overline{1, J}. \end{aligned} \quad (9)$$

Объединяя экстремальное требование (8) с функциональными ограничениями (9) и требованиями к альтернативности переменных (6), (7), имеем оптимизационную модель, относящуюся к задаче булевого программирования [Львович, 2010, 33] о минимальном покрытии.

В задаче 2 альтернативные переменные характеризуют механизм преобразования редуцированного множества $\mu_s, s = \overline{1, S}$ в множество модулей образовательной программы $\mu_v, v = \overline{1, V}$, сбалансированной в рамках трудоемкости обучения

$$x_s = \begin{cases} 1, \text{ если модуль } \mu_s \text{ включается в множество } \mu_v, v = \overline{1, V}, \\ 0, \text{ в противном случае, } s = \overline{1, S}. \end{cases} \quad (10)$$

Для формализации экстремального требования предварительно проведем экспертное оценивание значимости тематических модулей $\mu_s, s = \overline{1, S}$ при формировании знаний умений определенных образовательным и профессиональным стандартам в виде коэффициентов $a_s, s = \overline{1, S}, 0 \leq a_s \leq 1$. Тогда целевая функция имеет вид

$$\sum_{s=1}^S a_s x_s \rightarrow \max. \quad (11)$$

Ограничение связано с временным ресурсом, установленным для реализации образовательной программы дуального обучения

$$\sum_{s=1}^S t_s x_s \leq T, \quad (12)$$

где t_s – трудоемкость изучения тематического модуля μ_s ,
 T – трудоемкость образовательной программы.

Объединение в рамках оптимизационной модели (11), (12), (10) приводит к задаче булевого программирования о ранце.

С целью математического описания задачи 3 введем следующие альтернативные переменные

$$x_{v2} = \begin{cases} 1, & \text{если для реализации модуля } \mu_v \text{ в системе дуального обучения выбирается } d_r, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (13)$$

$$v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}.$$

Каждая форма реализации дуального обучения d_r требует определенных затрат для кадрового и материально-технического обеспечения тематического модуля $\mu_v - z_{vr}$. При этом имеем следующую целевую функцию

$$\sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R z_{vr} x_{vr} \rightarrow \min. \quad (14)$$

В отличие от классической задаче булевого программирования о назначениях в данном случае накладывается только ограничение, связанное с тем, что каждый тематический модуль μ_v реализуется с использованием определенной формы d_r :

$$\sum_{r=1}^R x_{vr} = 1, \quad v = \overline{1, V}. \quad (15)$$

В оптимизационную модель включается экстремальное требование (14), ограничение (15) и требование к альтернативным переменным (13).

Совокупность перечисленных оптимизационных моделей определяет математическое описание многоальтернативной модели дуального обучения с ориентацией на управление подготовкой кадров по высокотехнологичным профессиям.

Список литературы

1. Борзова А.С. Концептуальные основы модель-ориентированного подхода к прогнозированию и оптимизации системы подготовки транспорта / А.С.Борзова // Экономика и менеджмент систем управления, №2.1(24). 2017. С.188-194.
2. Ершов Ю.П. Теория нумераций. М.: Наука. 1977. 416 с.
3. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Я.Е.Львович. Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2006. 426 с.
4. Львович Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде: монография / Я.Е.Львович, И.Я.Львович. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2010. 140 с.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE MULTIALTERNATIVE MODEL OF DUAL EDUCATION IN MANAGEMENT OF PERSONNEL TRAINING IN HIGH-TECH PROFESSIONS

Kseniia I. Lvovich
post-graduate student
office@vivt.ru
Voronezh

Voronezh Institute of High
Technologies - ANOO VO

Iurii P. Preobrazhenskii
Cand. Sci. (Engineering), associate professor
office@vivt.ru
Voronezh

Voronezh Institute of High
Technologies - ANOO VO

Abstract. The problem of management of personnel training in high-tech professions with the use of the multi-alternative dual education model is considered. The representation in the form of numerical sets of the main components of educational and professional standards and forms of dual training realization is provided. The mathematical description of multialternative characteristics appears when solving a number of optimization problems: reduction, balance and resource. Alternative variables, optimization criteria and constraints are introduced for each task. As a result, optimization models related to the typical problems of Boolean programming are developed: about the minimum coverage, the knapsack, and the assignments. The set of solutions to these problems allows developing an educational program of dual training which is balanced in terms of planned labor input, personnel, material and technical resources of an educational organization and employers.

Key words: dual training, management of personnel training, multialternative optimization model, numerical set.

References.

1. Borzova, A.S. (2017) Kontseptual`ny`e osnovy` model`-orientirovannogo podhoda k prognozirovaniiu i optimizatsii sistemy` podgotovki transporta [Conceptual foundations of the model-oriented approach to forecasting and optimization of the transport preparation system] / A.S. Borzova A.S. / Economics and management of managerial systems, № 2.1 (24). P.188-194.
2. Ershov, I.P. (1977) Teoriia numeratsii` [Number theory]. M.: Nauka. 416 p.
3. Lvovich, I.E. (2006) Mnogoal`ternativnaia optimizatsiia: teoriia i prilozheniia [Multi-alternative optimization: theory and applications] / I.E. Lvovich. Voronezh: Publishing house "Kvarta". 426 p.
4. Lvovich, I.E. (2010) Priniatie reshenii` v e`kspertno-virtual`noi` srede [Decision-making in expert-virtual environment: monograph] / I.E. Lvovich, I.I. Lvovich. Voronezh: PC Nauchnaia kniga. 140 p.