

УДК 681.3

К.И. Львович, Ю.П. Преображенский
**УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ЧЕЛОВЕКО-
МАШИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ
МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЕТЕНЦИЙ
ПЕРСОНАЛА**

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия

В статье информационная система исследуется, как человеко-машинная система, эффективность, качество и надежность функционирования которой в существенной степени определяется уровнем владения персоналом необходимыми знаниями и умениями, формируемые с использованием образовательных ресурсов. В этом случае управление функционированием информационной системы состоит в достижении ключевых показателей ее эффективности за счет оптимизации компетенций персонала. Предложена реализация такого подхода к управлению в рамках концепции дуального обучения персонала информационных систем. Определены нумерационные множества компонентов, определяющих соответствие компетенций опережающим требованиям развития информационных систем. Сформирована последовательность задач оптимизации, позволяющая обеспечить этот уровень. Разработано математическое описание постановки указанных задач на основе метода многоальтернативной оптимизации.

Ключевые слова: информационная система, человеко-машинная система, дуальное обучение персонала, образовательный ресурс, многоальтернативная оптимизация.

Поскольку информационные системы (ИС) являются человеко-машинными системами [1], то эффективность, качество и надежность их функционирования зависит не только от соответствующих характеристик программно-аппаратных средств, но и от уровня владения персоналом знаниями и умениями в рамках требуемых компетенций. В этом случае одним из ключевых подходов к повышению эффективности управления функционированием ИС является использованием для подготовки и повышения квалификации персонала таких образовательных ресурсов, которые обеспечивают формирование компетенций знаний и умений, определяемых профессиональными и образовательными стандартами [2]. Рассмотрим возможность реализации такого подхода на основе концепции дуального обучения в рамках образовательных программ профессионального высшего и дополнительного образования.

Дуальное обучение позволяет организовать взаимодействие системы образования и работодателей при создании образовательных ресурсов и форм их реализации, ориентированных на опережающие требования развития ИС, в рамках схемы, приведенной на Рисунке 1

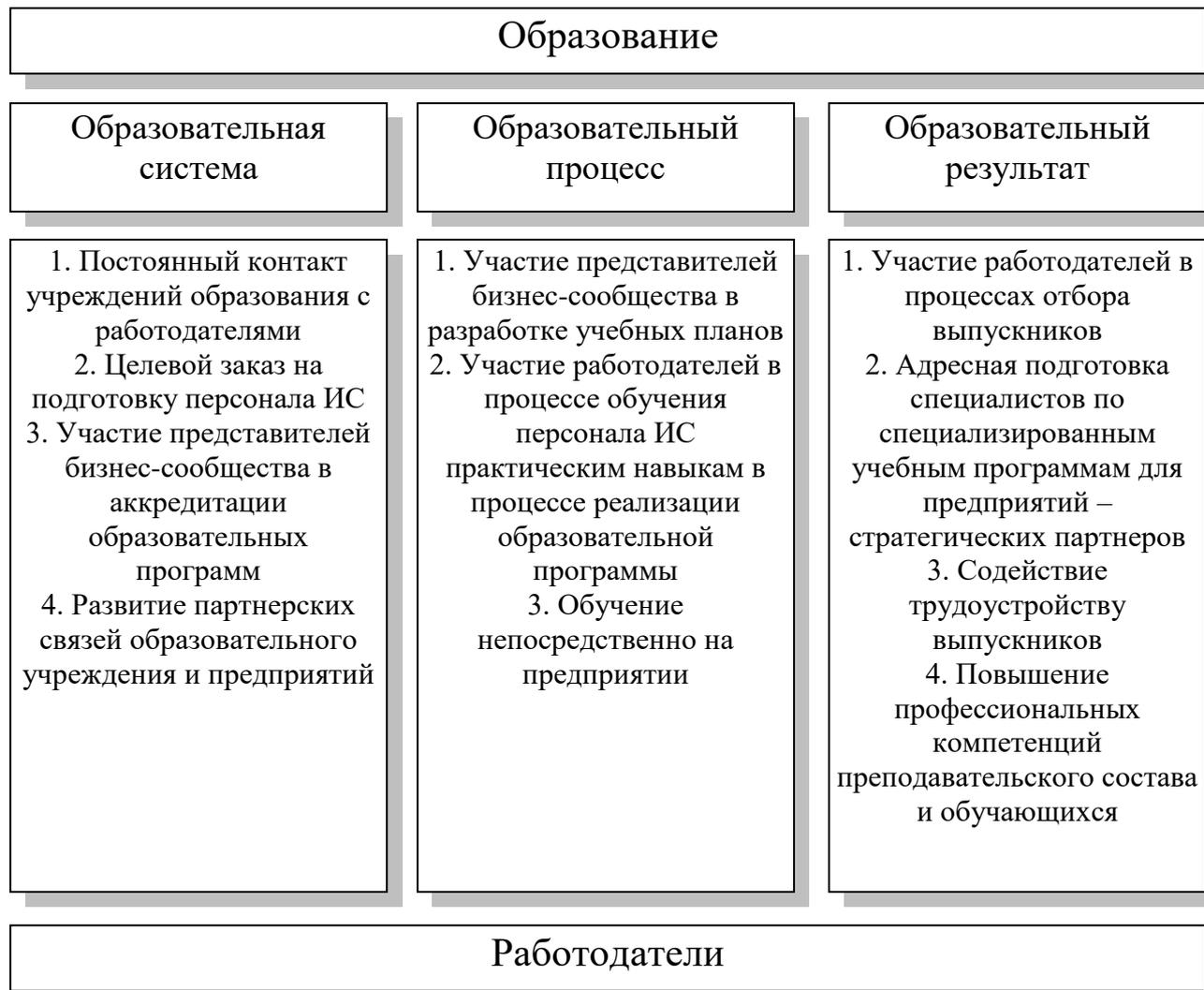


Рисунок 1 - Схема взаимодействия системы образования и работодателей при создании образовательных ресурсов и форм их реализации в рамках дуального обучения персонала

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 знаниевых и практических компонентов высокотехнологичной профессии;
- разнообразие форм реализации модели дуального обучения, приводящее к необходимости многоальтернативного выбора.

При этом разнообразие форм реализации модели дуального обучения (многоальтернативность) для персонала ИС 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, схема формирования образовательных ресурсов для подготовки и повышения квалификации персонала ИС приобретает вид, показанный на Рисунке 2.

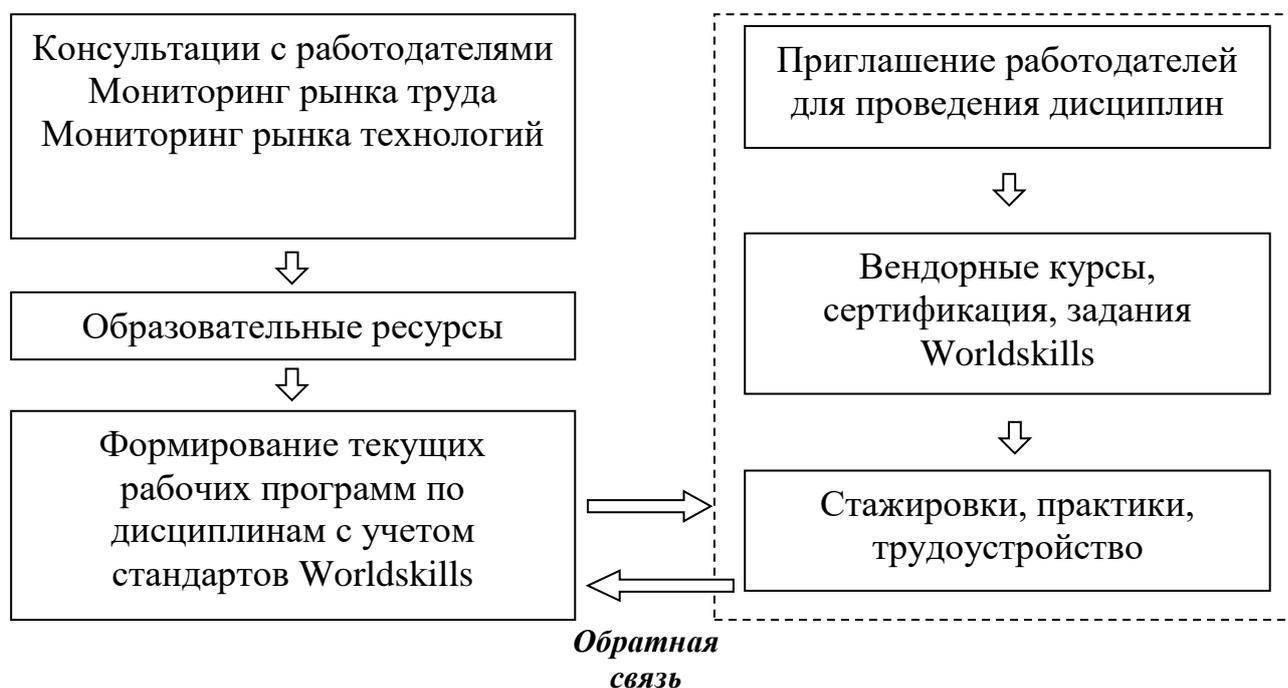


Рисунок 2 - Схема формирования образовательных ресурсов для оптимизации компетенции персонала ИС

Предлагается повысить эффективность управления функционированием ИС за счет реализации схемы на Рисунке 2, предложенной на основе многоальтернативной оптимизации образовательных ресурсов и форм их реализации.

Прежде всего, дадим описание в виде нумерационных множеств [3] основным компонентам, определяющим образовательные 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 $\mathfrak{a}_1, i = \overline{1, I}$ 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;

тематические модули

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

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.

Оптимизация управления функционированием ИС за счет повышения уровня владения персоналом знаниями и умениями в рамках требуемых компетенций на основе образовательной программы дуального обучения достигается путем последовательного принятия следующих решений.

Задача 1. (Редуционная). Обеспечение потенциальной возможности реализации образовательной программы в рамках плановой трудоемкости за счет редукции 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 в области ИС, 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.

Для формализованной постановки и решения перечисленных задач используем метод многоальтернативной оптимизации [4].

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

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

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

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

$$\sum_{m=1}^M c_{mi} x_m \geq 1, i = \overline{1, I},$$

$$\sum_{n=1}^N c_{nj} x_n \geq 1, j = \overline{1, J}. \quad (9)$$

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

$$\sum_{m=1}^M x_m + \sum_{n=1}^N x_n \rightarrow \min,$$

$$\sum_{m=1}^M c_{mi} x_m \geq 1, i = \overline{1, I},$$

$$\sum_{n=1}^N c_{nj} x_n \geq 1, j = \overline{1, J},$$

$$x_m = \begin{cases} 1, & m = \overline{1, M}, \\ 0, & m = \overline{1, N}. \end{cases}$$

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:

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

$$x_s = \begin{cases} 1, & s = \overline{1, S}. \end{cases}$$

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 $\mu_v - z_{vz}$. 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 задачи 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):

$$\sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R z_{vr} x_{vr} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{z=1}^R x_{vr} = 1, v = \overline{1, V}$$
$$x_{vr} = \begin{cases} 1, & v = \overline{1, V}, r = \overline{1, R}. \\ 0, & \end{cases}$$

Совокупность перечисленных оптимизационных задач определяет математическое описание многоальтернативной модели оптимизации компетенций за счет формирования образовательного ресурса дуального обучения персонала информационных систем с целью повышения эффективности, качества и надежности их функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борзова А.С. Концептуальные основы модель-ориентированного подхода к прогнозированию и оптимизации системы подготовки транспорта/А.С.Борзова А.С.//Экономика и менеджмент систем управления, №2.1(24). –2017.– С.188-194.
2. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания. Справочник/ Под общ.ред. А.И.Губинского и В.Г. Евграфова. –М.:Машиностроение, 1993.–528с.
3. Ершов Ю.П. Теория нумераций. –М.: Наука, 1977.–416 с.
4. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения/Я.Е.Львович. – Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2006.–426 с.
5. Львович Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде: монография/Я.Е.Львович, И.Я.Львович.– Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2010.–140 с.

K.I. Lvovich, Y.P. Preobrazhensky

MANAGEMENT OF THE FUNCTIONING OF THE MAN - MACHINE INFORMATION SYSTEM ON THE BASIS OF MULTI-ALTERNATIVE OPTIMIZATION OF PERSONNEL COMPETENCIES

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

The information system is examined in the article as a man-machine system, the effectiveness, quality and reliability of its functioning is largely determined by the personnel level of necessary knowledge and skills, developed with the use of educational resources. In this case, the management of the information system functioning consists in the achievement of key indicators of its effectiveness through the personnel competencies optimization. The implementation of this approach to management within the framework of the concept of dual personnel training of information systems is proposed. The numeric sets of components that determine a compliance of competences with advanced requirements for the development of

information systems are defined. A sequence of optimization tasks enabling to provide this level is created. A mathematical description of the mentioned objectives setting on the basis of the multi-alternative optimization method is developed.

Keywords: information system, man-machine system, dual personnel training, educational resource, multi-alternative optimization.

REFERENCES

1. Borzova A.S. Kontseptual'nye osnovy model'-orientirovannogo pod-khoda k prognozirovaniyu i optimizatsii sistemy podgotovki transporta/A.S.Borzova A.S.//*Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*, No.2.1(24). –2017.– pp.188-194.
2. *Informatsionno-upravlyayushchie cheloveko-mashinnye sistemy: Issledovanie, proektirovanie, ispytaniya. Spravochnik/ Pod obshch.red. A.I.Gubinskogo i V.G.Evgrafova.*–M.:Mashinostroenie, 1993.–528p.
3. Ershov Yu.P. *Teoriya numeratsiy.*–M.:Nauka,1977.–416 p.
4. L'vovich Ya.E. *Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya*/Ya.E.L'vovich.– Voronezh: Izdatel'skiy dom «Kvarta», 2006.–426 p.
5. L'vovich Ya.E. *Prinyatie resheniy v ekspertno-virtual'noy srede: monografiya*/Ya.E.L'vovich, I.Ya.L'vovich.– Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga». 2010.–140 p.