УДК 681.3

Я.Е. Львович, А.Н.Швиндт

МОДЕЛИ И ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ КАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ

Воронежский институт высоких технологий,
Министерство образования и науки РФ

В статье обоснована необходимость формирования моделей и процедур альтернативной поддержки административных решений для повышения эффективности управления качеством образования в вузе. В качестве информационных ресурсов такого подхода рассматриваются результаты ряда мониторингов эффективности деятельности вузов, трудоустройства выпускников, анкетирования студентов, структуризация которых осуществляется на основе теории нумераций. С целью реализации многоэтапной процедуры принятия управленческих решений осуществляются обработка и анализ данных мониторинга путем интегрального оценивания, построение ранговых последовательностей и кластеризации образовательных организаций, нейросетевого моделирования зависимости показателей качественного образования от факторов, характеризующих условия и ресурсы. Разработаны оптимизационные модели и численные процедуры поиска решений, обеспечивающих компенсацию выявленных в процессе контроля отклонений от нормативных требований.

Ключевые слова: качество образования, управление, мониторинг, оптимизация, нейросетевое моделирование.

Качественное образование в вузе рассматривается как результат соответствия определенным требованиям к качеству образования и условиям его обеспечения [1]: лицензионным, аккредитационным, образовательных и профессиональных стандартов. Государственные требования дополняются общественно-профессиональными и международными. Степень выполнения этих требований оценивается путем проведения внутривузовского аудита, государственных контрольно-надзорных процедур, независимого контроля. Выявленные отклонения служат основой принятия административных управленческих решений по распределению ресурсного обеспечения вуза для изменения условий качественного образования, сбалансированных нормативными требованиями. В традиционной системе управления по отклонениям анализ и выработка решений осуществляются экспертами, которые ориентируются на свой опыт, логические рассуждения. Отсутствие количественных оценок в ряде случаев приводит с одной стороны к выбору изменения тех условий, которые не оказывают существенного влияния на компенсацию отклонений, а с другой – к запаздыванию в реализации экстренных мер. В связи с развитием государственных форм мониторинга деятельности вузов [2] и студентоориентированного мониторинга удовлетворенностью результатами и условиями обучения [3] возникает возможность количественного оценивания мониторинговой информации. Наличие данных о значениях мониторируемых показателей создает предпосылки для формирования информационного обеспечения, направленного на возможность проведения процедур анализа и принятия решений с применением информационных технологий моделирования и оптимизации [4].

Предлагается объединить традиционные управленческие механизмы, информационную среду мониторингового оценивания, процедуры анализа и выбора вариантов решений в двухконтурную систему управления формированием условий качественного образования в вузе.

первый контур – традиционная система административного образования;

второй контур – подсистема интеллектуальной поддержки административного управления. Целесообразно построить второй контур путем объединения следующих компонентов математического обеспечения:

структуризация информационных массивов формируемых по результатам мониторингов;

обработка и анализ результатов мониторингов;

принятие решений по оптимизации управления условиями и ресурсами достижения требований качественного образования. Данные компоненты сопрягаются таким образом с контуром административного управления за счет формирования нескольких вариантов управленческих решений, экспертное оценивание которых администрацией вуза позволяет выбрать окончательный вариант.

Для структуризации информационных массивов представим данные мониторингов в рамках нумерационных множеств [11]. Введем следующие нумерационные множества:

нумерационное множество вузов, для которых известны в течение $t = \overline{1,T}$ календарных периодов данных трех мониторингов $i = \overline{1,I}$;

нумерационное множество направлений деятельности образовательной организации, определяющих условия качественного образования $l = \overline{1,L}$;

нумерационное множество факторов, характеризующих реализацию условий качественного образования в рамках l −го направления $j_l = \overline{1,J_l}$;

нумерационное множество показателей трудоустройства выпускников вузов $n_1 = \overline{1,N_1}$;

нумерационное множество студентов i −го вуза, участвующих в анкетировании $v_l = \overline{1,V_l}$;

нумерационное множество направлений, по которым выявляется удовлетворенность студентов результатами и условиями реализации образовательного процесса в вузе $m = \overline{1, M}$;

нумерационное множество вопросов, предлагаемых студентам для выбора варианта ответа по $m -$ м направлениям анкетирования $n_{2m} = \overline{1, N_{2m}}$.

В соответствии с перечисленными нумерационными множествами сформируем массивы данных мониторинга:

массив количественных оценок факторов, характеризующих реализацию условий качественного образования

$$x_{ijl}(t_1), i = \overline{1, I}, j_l = \overline{1, J_l}, l = \overline{1, L};$$

массив количественных оценок показателей трудоустройства выпускников, характеризующий результативно-потребительский аспект

$$y_{in_1}(t), i = \overline{1, I}, n_1 = \overline{1, N_1}.$$

Отдельно остановимся на формировании массива данных по результатам студентоориентированного мониторинга. В анкетах каждый вопрос имеет 5 градаций ответов $g = \overline{1, G}$.

Градации ответов расположены для всех вопросов так, что варианту $g = 1$ соответствует наихудшая ситуация удовлетворенности обучающихся, а варианту $g = 5$ - наилучшая. По результатам анкетирования $g -$я градация получает $v_i n_{2m_g}$ голосов студентов, что позволяет определить оценки вероятностей значимости вариантов ответов в виде распределений случайных дискретных величин $g_i n_{2m}$, принимающей значения 1,2,3,4,5:

$$P_{g_i} n_2 m = \frac{V_{g_{in_{2m}}}}{V_i}, i = \overline{1, I}, n_{2m} = \overline{1, N_{2m}}, m = \overline{1, M}, g = \overline{1,5}.$$

Значения $y_i n_{2m}(t) = P_{g_i} n_{2m}(t)$представляют собой массив количественных оценок удовлетворенности студентов $i -$го вуза результатами условиями обучения для $t -$го периода проведения анкетирования и характеризуют процессуально-потребительский аспект качества образования.

Среди факторов $j_l = \overline{1, J_l}, l = \overline{1, L}$ в отдельную группу выделим показатели, характеризующие ресурсное обеспечение вуза и сформируем соответствующий массив данных $x_{ij}^p, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$, где $J -$ общее количество показателей ресурсного обеспечения.

Результаты анализа нацелены на формирование информации, необходимой для интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений:

ранговых последовательностей вузов по величинам интегральных оценок y_{im}^2;

кластеризации вузов на $u = \overline{1,U}$ классов по величинам интегральных оценок y_i', y_{im}^2;

моделей взаимосвязи интегральных оценок качества образования y_i', y_{im}^2 с интегральными оценками факторов, характеризующих условия качественного образования x_{il} и ресурсное обеспечение x_i^p.

Ранговые последовательности формируются для каждой интегральной оценки в виде следующих нумерационных множеств

$$i'_{y_i^1} = \overline{1, I'_{y_i^1}};\ i''_{y_{im}^2} = \overline{1, I''_{y_{im}^2}}, m = \overline{1,M}.$$

Сформированная информация используется при реализации многоэтапной процедуры интеллектуальной поддержки администрации вуза:

формирование множества перспективных вариантов управленческих решений для кластера, к которому относится $i-$й вуз, по интегральным оценкам;

выбор граничных требований для построения оптимизационной модели принятия решений на основе ранговых последовательностей по переходу $i-$го вуза на более высокую позицию;

оптимальная трансформация кластерных решений по интегральным оценкам варианта условий качественного образования в вузе;

определение оптимального уровня ресурсного обеспечения $i-$го вуза и его распределение для формирования условия качественного образования.

Первый этап направлен на редукцию нумерационного множества $l = \overline{1,L}$ для $u-$го кластера $(u = \overline{1,U})$. Выделение редуцированного подмножества свяжем с альтернативными булевыми переменными

$$z_{lu} = \begin{cases} 1, \text{ если для обеспечения требований качественного образования в вузах } u\text{-го} \\ \text{кластера целесообразно вносить изменения в } l\text{-е направление деятельности;} \\ 0, \text{ в противном случае, } l = \overline{1,L},\ u = \overline{1,U}. \end{cases} \quad (1)$$

Принятие переменными (1) значениями 1 или 0 приводит к тому, что значениям $z_{lu} = 1$ соответствует нумерационное множество $l_{1u} = \overline{1, L_{1u}}$ направлений деятельности, требующих изменений для обеспечения требований качественного образования в вузах $u-$го кластера. Поскольку эти изменения определяются уровнем ресурсного обеспечения, целесообразным является экстремальное требование минимизации

$$\sum_{l=1}^{L} z_{lu} \to min. \tag{2}$$

С другой стороны минимизация направлений деятельности не должна сказаться на снижении достигнутого максимального уровня в рамках u –го кластера интегральных оценок

$$y_u^1 = \max_{iu} y_{iu}^1, \quad y_{um}^2 = \max_{iu} y_{iu}^2, \tag{3}$$

где $i_u = \overline{1, I_u}$ – нумерационное множество вузов, входящих в u – й кластер.

С использованием нейросетевой модели [6], обученной на информационных массивах интегральных оценок по l – му направлению деятельности x_{il}, возможна имитация значений y^1, y_m^2 при любом наборе направлений, определяемом значениями $z_{lu} = 1$, и значениях переменных x_{lu}

$$y_u^1 = \varphi^1(x_{lu} \cdot z_{lu}), y_m^2 = \varphi_m^2(x_{lu} \cdot z_{lu}) \tag{4}$$

Обозначение x_{lu} характеризует интервал изменения переменных x_l для x_l для u – го кластера

$$\min_{iu} x_{ilu} \le x_{lu} \le \max_{iu} x_{ilu}, \quad l = \overline{1, L}. \tag{5}$$

Объединяя критерий оптимизации (2) с ограничениями на булевые (1), непрерывные (5) оптимизируемые переменные и вводя граничные условия с учетом зависимости (4) и оценок (3) получаем следующую оптимизационную модель:

$$\sum_{l=1}^{L} z_{lu} \to min,$$

$$\varphi^1(x_{lu} \cdot z_{lu}) \ge y_u^1,$$
$$\varphi_m^2 = (x_{lu} \cdot z_{lu}) \ge y_u^1, \tag{6}$$

$$\min_{iu} x_{ilu} \le x_{lu} \le \max_{iu} x_{ilu}, \quad l = \overline{1, L},$$

$$z_{lu} = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} l = \overline{1, L}.$$

Для решения оптимизационной задачи (6) перейдем к эквивалентной форме [4]

$$\psi(x_{lu}, z_{lu}, \lambda^1, \lambda^2_m) = -\sum_{l=1}^{L} z_{lu} + \lambda^1 [\varphi^1(x_{lu} \cdot z_{lu}) - y^1_u] + \\ + \sum_{m=1}^{M} \lambda^2_m [\varphi^2_m(x_{lu} \cdot z_{lu}) - y^2_{um}], \quad (7)$$

где $\lambda^1 \geq 0, \lambda^2_m \geq 0, m = \overline{1, M}$.

Выражение (7) используем при построении итерационного процесса численной оптимизации [4], который заключается в определении значений переменных $x_{lu}, z_{lu}, \lambda^1, \lambda^2_m$ на $(k+1)-$й итерации, если известны значения этих переменных на $k-$й итерации $(k = 1,2, \ldots)$. В [7] рассмотрены рандомизированные схемы поиска отдельно для непрерывных и булевых переменных. Предлагается их объединить в едином поисковом цикле путем замены x_{lu}, z_{lu} в $k-$й точке поиска на случайные реализации величин с определенными распределениями и последующего вычисления поисковой вариации [8]. Переменные x_{lu} заменим на случайные величины $\tilde{x}_{lu}$, имеющие равномерный закон распределения [4] с математическим ожиданием x^k_{lu} на интервале

$$\min_{iu} x_{ilu} \leq x^k_{lu} - \varepsilon^{k+1} \leq \tilde{x}_{lu} \leq x^k_{lu} + \varepsilon^{k+1} \leq \max_{iu} x_{ilu}.$$

Тогда поисковая вариация при $z^{iu}_{lu} = 1, l = \overline{1, L}$ определяется [7]:

$$\pi^k_{lu} = \frac{\psi\left[\left(x^k_{lk} + \varepsilon^{k+1}\right) \cdot \tilde{x}_{vu}\right] - \psi\left[\left(x^k_{lu} - \varepsilon^{k+1}\right) \cdot \tilde{x}_{vu}\right]}{2\varepsilon^{k+1}},$$

где $\tilde{x}_{vu}, v = \overline{1, L}, v \neq l -$ случайные реализации переменных x_{vu} с математическим ожиданием x^k_{vu}, а значения переменным на $(k+1)-$ итерации:

$$x^{k+1}_{lu} = x^k_{lu} + \gamma^{k+1} \pi^k_{lu},$$

$$\gamma^{k+1} = \gamma^k exp\left[\frac{1}{k} sign\left(\pi^k_{lu} \cdot \pi^{k-1}_{lu}\right)\right].$$

Булевые переменные z_{lu} заменяются на случайные дискретные переменные $\tilde{z}_{lu}$, имеющие распределения

$$P_{zlu} = P(\tilde{z}_{lu} = 1), q_{zlu} = P(\tilde{z}_{lu} = 1), p_{zlu} + q_{zlu} = 1.$$

Поисковая вариация определяется:

$$\Delta_{lu}^{k} = \psi(\tilde{x}_{vu} \cdot \tilde{z}_{lu}) - \psi\left(x_{lu}^{k} \cdot z_{lu} = 1,\ \tilde{x}_{vu} \cdot \tilde{z}_{vu}\right),$$

где $\tilde{z}_{vu}, v = \overline{1, L}, v \neq l -$ значения случайных булевых переменных

$$\tilde{z}_{vu} = \begin{cases} 1, \text{если } p_{zlu} \leq \tilde{\xi}, \\ 0, \text{в противном случае}, \end{cases}$$

$\tilde{\xi} -$ значения псевдослучайной величины [9], равномерно распределенной на интервале [0,1].

Алгоритм настройки вероятностей p_{zlu} на $(k+1)-$й итерации с использованием поисковых вариаций Δ_{lu}^{k} приведен в [10].

Поисковую вариацию по переменным $\lambda^1 \geq 0, \lambda_m^2 \geq 0, m = \overline{1, M}$ вычислим на основе частных производных оптимизируемой функции (7) в $k -$й точке поиска

$$\pi_{\lambda^1}^{k} = \varphi^1\left(x_{lu}^{k} \cdot z_{lu}^{k}\right) - y_u^1,$$
$$\pi_{\lambda_m^2}^{k} = \varphi_m^2\left(x_{lu}^{k} \cdot z_{lu}^{k}\right) - y_u^2, m = \overline{1, M}.$$

Значения этих переменных на $(k+1)-$й итерации определим следующим образом с учетом условия $\lambda^1, \lambda_m^2 \geq 0, m = \overline{1, M}$ [4]:

$$\lambda^{1^{(k+1)}} = max\left\{0, \lambda^{1^{(k)}} - \beta_{\lambda 1}\pi_{\lambda^1}^{k}\right\},$$
$$\lambda_m^{2^{(k+1)}} = max\left\{0, \lambda^{2^{(k)}} - \beta_{\lambda m}\pi_{\lambda^2 m}^{k}\right\}, m = \overline{1, M},$$

где величина шагов $\beta_{\lambda 1}, \beta_{\lambda m}, m = \overline{1, M}$ устанавливается экспертным путем.

Используя перечисленные поисковые процедуры получаем кластерное решение

$$l_{1u} = \overline{1, L_{1u}};\ x_{l_1 u}^{\prime *}, l_{1u} = \overline{1, L_{1u}}, u = \overline{1, U}. \qquad (8)$$

С целью оптимальной трансформации решения (8) в вариант условий качественного образования для $i -$го вуза предварительно осуществим выбор на основе ранговых последовательностей граничных требований по переходу на более высокую позицию в этой последовательности. Пусть $i -$й вуз находится на позициях $i'_{y^1}, i''_{y_{im}^2}, m = \overline{1, M}$ по каждой интегральной оценке. Необходимо выбрать более высокие позиции $r_{y_1}, r_{y_m^2}, m = \overline{1, M}$ таким образом, чтобы обеспечить согласованное мнение $d = \overline{1, D}$ экспертов, входящих в администрацию вуза. При этом в коллективе экспертов эксперт с номером $d = 1$ (ректор вуза) является доминирующим [7], а остальным присваиваются номера $d = \overline{2, D}$.

В отличии от процедуры коллективной экспертизы с доминирующим экспертом [7] предлагается рассматривать альтернативы, которые выдвигаются участниками анализа $A_d\left(r_{y^1}^d, r_{y_m^2}^d\right), d = \overline{1, D}, m = \overline{1, M}$. D в качестве базового рассматривается вариант доминирующего эксперта A_1, который сравнивает с ним остальные варианты $A_d, d = \overline{2, D}$ и разделяет на 3 класса (I,II,III) по степени согласованности с A_1. Аналогичное согласование проводят эксперты с номерами $d = \overline{2, D}$, что соответствует распределению голосов

$$N_{A_d}^I, N_{A_d}^{II}, N_{A_d}^{III}, d = \overline{1, D},$$

позволяющему выбрать для дальнейшего рассмотрения альтернативы, получившие голоса $N_{A_d}^I$, то есть

$$A_{d^I} \in N_{A_d}^I.$$

Далее осуществляется диалог с доминирующим экспертом по оценке альтернатив A_{d^I}, на основе которой он выбирает окончательный вариант

$$A^*\left(r_{y^1}^*, r_{y_m^2}^*\right), m = \overline{1, M}.$$

На основе номеров позиций $r_{y^1}^*, r_{y_m^2}^*, m = \overline{1, M}$ определяются соответствующие им значения интегральных оценок, которые и представляют собой граничные требования при построении оптимизационной модели трансформации кластерного решения:

$$y^1 = y^1\left(r_{y^1}^*\right), y_m^2 = y^2\left(r_{y^2 m}^*\right), m = \overline{1, M}. \quad (9)$$

Интеллектуальная поддержка административных решений руководства i –го вуза заключается в установлении конкретных факторов из нумерационных множеств $j_{l_1} = \overline{1, J_{l_1}}$ с учетом кластерного решения по редукции множества $l = \overline{1, L}$ в множество $l_1 = \overline{1, L_1}$, характеризующих те условия качественного образования, которые требуют изменений для компенсации выявленных отклонений. С целью построения оптимизационной модели для решения указанной задачи введем булевые оптимизационные переменные:

$$z_{ijl_1} = \begin{cases} 1, \text{если фактор с номером } j_{l_1} \text{ оказывает влияние на} \\ \text{компенсацию отклонений в } i-\text{м вузе от требований} \\ \text{качественного образования,} \\ 0, \quad \text{в противном случае, } j_{l_1} = \overline{1, J_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}. \end{cases} \tag{10}$$

При трансформации кластерного решения необходимо провести редукцию нумерационных множеств $j_{l_1} = \overline{1, J_{l_1}}$ в множества $j'_{l_1} = \overline{1, J'_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}$ и определить оптимальные значения факторов из редуцированного множества, характеризующих степень изменения условий для выполнения требований качественного образования x^*_{ij}, l_1, $j'_{l_1} = \overline{1, J'_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}$. В этом случае критерий оптимизации направлен на минимизацию элементов редуцированных множеств

$$\sum_{l_1=1}^{L_1} \sum_{jl_1}^{J_{l_1}} z_{ijl_1} \to min. \tag{11}$$

Ограничения в структуре оптимизационной модели связаны с необходимостью выполнения ряда граничных требований и условий. Прежде всего, это требования (8), (9), связь которых с оптимизируемыми переменными z_{ijl_1} и x_{ijl_1}- двухступенчатая:

интегральные оценки y_i^1 и $y_{im}^2, m = \overline{1, M}$ связаны с интегральными оценками x_{il} функциональными зависимостями (4), имитируемыми с использованием нейросетевых моделей;

значения интегральных оценок x_{il_1} для которых на предыдущем этапе получены со значениями факторов x_{ijl_1} связаны аддитивной сверткой [4]

$$x_{il_1} = \sum_{jl_1}^{J_{l_1}} \alpha_{ijl_1} \hat{x}_{ijl_1}, l_1 = \overline{1, L_1}, \tag{12}$$

$$\text{где } 0 \le \alpha_{ijl_1} \le 1, \qquad \sum_{jl=1}^{J_l} \alpha_{ijl_1} = 1;$$

$$\hat{x}_{ijl_1} = \frac{x_{ijl_1}}{\bar{x}_{ijl_1}},$$

$\bar{x}_{ijl_1}$ – медианные значения факторов, вычисленные на нумерационном множестве вузов $i = \overline{1,I}$;

влияние булевой переменной z_{ijl_1} проявляется через свертку (12) тем, что при ее вычислении участвует значение фактора jl_1 при $z_{ijl_1} = 1$ и не участвует в противном случае, то есть

$$x_{il_1} = \sum_{jl_1=1}^{J_{l_1}} \alpha_{ijl_1} \frac{x_{ijl_1}}{\bar{x}_{ijl_1}} \cdot z_{ijl_1} \qquad (13)$$

С учетом (4), (8), (9), (12), (13) сформируем множество функциональных ограничений. Дополнительно необходимо учесть ограничения на оптимизируемые переменные (10) и ввести аналогично (5) ограничения на оптимизируемые переменные x_{ijl}

$$\min_{iu} x_{ijl_1u} \le x_{ijl_1} \le \max_{iu} x_{ijl_1u}, jl_1 = \overline{1, J_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}. \qquad (14)$$

Объединив функциональные ограничения, ограничения на оптимизируемые переменные (10), (14) с критерием оптимизации (11) получаем следующую оптимизационную модель

$$\sum_{l_1=1}^{L_1} \sum_{jl_1=1}^{J_{l_1}} z_{ijl_1} \to min,$$

$$\varphi_1 = \left(\sum_{jl_1=1}^{J_{l_1}} \alpha_{ijl_1} \frac{x_{ijl_1}}{\bar{x}_{ijl_1}} z_{ijl_1}, l_1 = \overline{1, L_1} \right) \ge y^1, \qquad (15)$$

$$\varphi_2^m = \left(\sum_{jl_1}^{J_{l_1}} \alpha_{ijl_1} \frac{x_{ijl_1}}{\bar{x}_{ijl_1}} z_{ijl_1}, l_1 = \overline{1, L_1} \right) \ge y_m^2, m = \overline{1, M},$$

$$\sum_{jl_1}^{J_{l_1}} \alpha_{ijl_1} \frac{x_{ijl_1}}{\bar{x}_{ijl_1}} z_{ijl_1}, \ge x_{l_1u}^*, l_1 = \overline{1, L_1},$$

$$z_{ijl_1} = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases} jl_1 = \overline{1, J_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1},$$

$$\min_{iu} x_{iju} \le x_{ijl_1} \le \max_{iu} x_{ijl_1u}, jl_1 = \overline{1, J_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}.$$

Оптимизационная модель (15) трансформирует решение для u −го кластера $x^*_{l_1u}, l_1 = \overline{1, L_1}$ в который входит i −й вуз, в решение для этого вуза

$$j'_{l_1} = \overline{1, J'_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}; x^*_{i'j_{l_1}}, j'_{l_1} = \overline{1, J'_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}. \quad (16)$$

Для получения решения (16) используется итерационная процедура рандомизированного поиска одновременно по булевым и непрерывным оптимизируемым переменным, рассмотренная при решении задачи (6).

Заключительным этапом оптимизации является определение значений факторов, характеризующих ресурсное обеспечение $x^p_{ij}, j = \overline{1, J}$, обеспечивающее изменения условий качественного образования в соответствии с решением для i −го вуза (16), полученном при трансформации кластерного решения. Распределение ресурсных средств следует организовать таким образом между $j = \overline{1, J}$ составляющими, чтобы минимизировать расходы при выполнении требований $x^*_{i'j_{l_1}}, j'_{l_1} = \overline{1, J'_{l_1}}, l_1 = \overline{1, L_1}$. Для оценки расходов будем использовать интегрированный показатель x^p_i и его зависимость от локальных компонентов $x^p_{ij}, j = \overline{1, J}$ в виде аддитивной свертки

$$x^p_i = \sum_{j=1}^{J} \alpha^p_j \hat{x}^p_{ij}, \quad (17)$$

где

$$0 \le \alpha^p_j \le 1, \sum_{j=1}^{J} \alpha^p_j = 1, \hat{x}^p_{ij} = \frac{x^p_{ij}}{\bar{x}^p_{ij}},$$

$\bar{x}^p_{ij}$ − медианные значения факторов, характеризующих в рамках мониторинга эффективности деятельности вузов уровень ресурсного обеспечения, вычисленные на нумерационном множестве образовательных организаций $i = \overline{1, I}$.

Тогда критерий оптимизации с учетом (17) имеет следующий вид

$$\sum_{j=1}^{J} \alpha_j^p \frac{x_{ij}^p}{\bar{x}_{ij}^p} \to min. \qquad (18)$$

С целью формирования функциональных ограничений проведем обучение нейросетевых моделей, имитирующих зависимости

$$x_{ij'l_1} = \varphi_{ij'l_1}^p\left(x_{ij}^p\right) \qquad (19)$$

Исходя из (19) и условия (16), определяющего граничные требования, получаем множество ограничений

$$\varphi_{ij'l_1}^p\left(x_{ij}^p\right) \geq x_{i'j_{l_1}}^*, j_{l_1}' = \overline{1, J_{l_1}'}, l_1 = \overline{1, L_1}. \qquad (20)$$

Кроме того по аналогии с (14) устанавливаются интервальные ограничения на оптимизируемые переменные

$$\min_{iu} x_{iju}^p \leq x_{ij}^p \leq \max_{iu} x_{iju}^p, j = \overline{1, J}.$$

Сформируем эквивалентную задаче (22) оптимизируемую функцию:

$$\psi\left(x_{ij}^p, \lambda_{j'l_1}\right) = -\sum_{j=1}^{J} \lambda_j^p \frac{x_{ij}^p}{\bar{x}_{ij}} + \sum_{j'l_1=1}^{J_{l_1}} \lambda_{j'l_1}\left[\psi_{j'l_1}^p\left(x_{ij}^p\right) - x_{ij'l_1}^*\right], \qquad (21)$$

где $\lambda_{j'l_1} \geq 0$.

С целью решения применим итерационную процедуру рандомизированного поиска для непрерывных переменных, использованную при оптимизации эквивалентной функции (7). В результате получим оптимальные значения факторов ресурсного обеспечения, при которых достигаются изменения условий качественного образования в i –м вузе, позволяющие скомпенсировать выявленные отклонения от нормативных требований.

Таким образом многоэтапная процедура принятия управленческих решений, основанная на использовании мониторинговой информации с участием студентов, позволяет осуществить интеллектуальную поддержку деятельности администрации вуза, направленную на повышение качества образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов В.А. О построении общероссийской системы качества образования// Вопросы образования. – 2005. - №1. – С.5-41.
2. Карелина И.Г. Мониторинг деятельности образовательных организаций – инициатива системных изменений в высшем образовании. Ч.1./ И.Г.Карелина, А.Б.Соболев, С.О.Сорокин// Высшее образование сегодня. – 2015. - №7. – С.55-61.
3. Включение обучающихся в оценку и повышение качества образования: методические материалы и лучшие практики. – М.: Изд-во ИКАР, 2016. – 240 с.
4. Львович И.Я. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения/И.Я.Львович, Я.Е.Львович, В.Н.Фролов. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. – 444 с.
5. Ершов Ю.М. Теория нумераций. М.: Наука, 1977. – 416 с.
6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ Д.Рутковская, М.Пилиньский, Л.Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 384 с.
7. Львович Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде/ Я.Е.Львович, И.Я.Львович. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010. – 140 с.
8. Львович И.Я. Вариационное моделирование и оптимальный выбор решений. Воронеж: Вор.гос.тех.ун-т, 1997. – 114 с.
9. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 1973. – 312 с.
10. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. – Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2006. – 426 с.

Y.E. Lvovich, A.N. Shvindt

MODELS AND PROCEDURES OF MANAGEMENT DECISION MAKING FOR OPTIMIZING CONDITIONS OF QUALITY EDUCATION

Voronezh Institute of High Technologies
Ministry of Education and Science of the Russian Federation

The paper demonstrates the necessity of forming models and procedures of management decision making for improving the quality of higher education management. The authors examine monitoring results of some higher education institutions effectiveness, alumni employment, student surveys as information resources of such an approach. Structuring of these resources is carried out by means of the indexing theory. In order to implement this multistep procedure of management decision making the authors processed *and analysed data through the integral estimation, built ranking arrays and clusterized the educational institutions. As well, the authors used neural simulation of depending the rates of quality education upon the factors characterizing conditions and resources. Optimization models and numeric procedures of decision making providing compensation of the revealed deviations from standard requirements are also developed.*

Keywords: education quality, management, monitoring, optimization, neural simulation.

REFERENCES

1. Bolotov V.A. O postroenii obshcherossiyskoy sistemy kachestva obrazovaniya// Voprosy obrazovaniya. – 2005. - No.1. – pp. 5-41.
2. Karelina I.G. Monitoring deyatel'nosti obrazovatel'nykh organizatsiy – initsiativa sistemnykh izmeneniy v vysshem obrazovanii. Ch.1./ I.G.Karelina, A.B.Sobolev, S.O.Sorokin// Vysshee obrazovanie segodnya. – 2015. - No.7. – pp.55-61.
3. Vklyuchenie obuchayushchikhsya v otsenku i povyshenie kachestva obrazovaniya: metodicheskie materialy i luchshie praktiki. – M.: Izd-vo IKAR, 2016. – 240 p.
4. L'vovich I.Ya. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya/I.Ya.L'vovich, Ya.E.L'vovich, V.N.Frolov. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2016. – 444 p.
5. Ershov Yu.M. Teoriya numeratsiy. M.: Nauka, 1977. – 416 p.
6. Rutkovskaya D. Neyronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy/ D.Rutkovskaya, M.Pilin'skiy, L.Rutkovskiy. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2013. – 384 p.
7. L'vovich Ya.E. Prinyatie resheniy v ekspertno-virtual'noy srede/ Ya.E.L'vovich, I.Ya.L'vovich. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2010. – 140 p.
8. L'vovich I.Ya. Variatsionnoe modelirovanie i optimal'nyy vybor resheniy. Voronezh: Vor.gos.tekh.un-t, 1997. – 114 p.
9. Sobol' I.M. Chislennye metody Monte-Karlo. – M.: Nauka, 1973. – 312 p.
10. L'vovich Ya.E. Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya. – Voronezh: Izdatel'skiy dom «Kvarta», 2006. – 426 p.