

УДК 378.1
ББК 74.58
К 89

Куижева Саида Казбековна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и системного анализа, ректор ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191; e-mail: s.kuigeva@yandex.ru.

**АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭТАЛОНУ»
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОДЕРНИЗАЦИИ
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИИ**
(рецензирована)

Рассмотрен комплекс задач модернизации высшей школы России: отбор неэффективных вузов, научно-образовательных кадров, научных проектов, учебных программ. Обоснована возможность их решения формализованными методами на основе критериев, адекватно отражающих внутренние и внешние условия функционирования объектов исследования. Проанализированы методы формирования критериев оптимизации. В частности, исследованы логико-лингвистические и аналитические модельные конструкции. Показана эффективность методов управления на основе сравнения с эталоном. Проанализированы и развиты подходы к моделированию процедур идентификации мер близости исследуемых объектов, основанные на экспертном анализе данных и применении статистических методов. Предложена схема управления процедурой выбора оптимального объекта путем минимизации расстояния до эталона.

Ключевые слова: модернизация высшей школы, эффективный вуз, конкурентоспособная образовательная программа, теория распознавания образов, метод эталона, мера близости объектов исследования.

Kuizheva Saida Kazbekovna, Candidate of Physics and Mathematics, associate professor of the Department of Mathematics and Systems Analysis, rector of Maikop State Technological University; 385000, Maikop, 191 Pervomayskaya Str., e-mail: s.kuigeva@yandex.ru.

**ADAPTATION OF “MANAGEMENT ACCORDING TO BENCHMARK” TECHNOLOGY TO
SOLVE THE PROBLEMS
OF HIGHER SCHOOL MODERNIZATION**
(Reviewed)

The complex of problems of the Russian higher school modernization has been considered: selection of inefficient higher education institutions, scientific and educational staff, scientific projects, training programs. The possibility of their solution using formalized methods based on the criteria adequately reflecting internal and external operating conditions of the research objects has been proved. Methods of formation of optimization criteria have been analyzed. In particular, logic, linguistic and analytical model designs have been investigated.

The efficiency of the management methods on the basis of comparison with a benchmark has been shown. Approaches to modeling of procedures of identification of proximity measures of the investigated objects based on the data expert analysis and application of statistical methods have been analyzed and developed. The scheme of choice procedure management of the optimum object by minimization of the distance to the benchmark has been offered.

Keywords: higher school modernization, effective higher education institution, competitive educational program, theory of recognition of images, benchmark method, measure of proximity of the research objects.

Реструктуризация и модернизация высшей школы России набирает обороты. Их реализация осуществляется в сложных социально-экономических условиях (экономический кризис, демографические проблемы, санкционные меры внешнего окружения страны). Преобразования высшей школы затрагивают интересы широких слоев населения. Они должны обеспечить поступательное развитие экономики страны, обеспечивая производство и бизнес страны

инновационными технологиями и высококвалифицированными кадрами. В этой связи управление модернизацией высшей школы следует осуществлять на основе строго выверенных процедур, многие из которых относятся к категории непопулярных и болезненных. Решить данную проблему в значительной мере можно разрабатывая математические модели исследуемых процессов и процедур принятия решений, адекватно отражающих суть и цель планируемых преобразований.

Прокомментируем ряд специфических задач высшей школы, требующих формализации при принятии решения:

1. *Процедура отбора неэффективных вузов.* Роль и место высшего образования в народном хозяйстве страны меняется. Это требует постоянного и своевременного совершенствования деятельности вузов. Для управления этим процессом начиная с 2013 г. Минобрнауки РФ ежегодно проводит мониторинг эффективности вузовской деятельности [1].

Признаки неэффективности ВУЗа в 2013 г. формировались как ограничения на совокупность следующих факторов:

- среднее значение балла ЕГЭ, зачисленных по его результатам студентов;
- объем научных работ в расчете на одного преподавателя;
- число иностранных студентов в общем потоке;
- доходы в пересчете на одного преподавателя (не миссия вуза добывать деньги);
- совокупная площадь учебного комплекса (в собственности или в управлении) на одного учащегося.

В исследованиях принимали участие: в обязательном порядке – 541 государственный вуз и 994 филиалов, на добровольных началах – 70 негосударственных вузов и 97 филиалов.

По итогам проверки неэффективными признана четверть бюджетных ВУЗов и чуть меньшая часть коммерческих. Минобрнауки РФ предприняло ряд мер по реорганизации слабых государственных вузов.

Вместе с тем, оценка эффективности вызвала в ряде случаев протест руководителей, преподавателей и студентов неэффективных учебных заведений. Действительно:

- Для региональных, периферийных вузов, вузов с непопулярными у населения специальностями (но важных для народного хозяйства страны) балл ЕГЭ прогнозируемо будет более низким, но работа вуза будет эффективной, если при этом приращение знаний и компетенций будет таковым, что обучающийся достигнет установленных государственных стандартов.

- Объем научных работ в расчете на одного преподавателя не учитывает качества его образовательной деятельности – основной для вуза, и другого показателя для оценки этой стороны деятельности в перечне признаков – нет.

- Число иностранных студентов в вузе в большей степени зависит от его местоположения, организационной активности, маркетинговой и рекламной стратегии, а не от научного и методического потенциала вуза.

- Да, современные российские вузы выступают в настоящее время в качестве хозяйствующих субъектов. Они нуждаются в собственных доходах для решения социальных вопросов студентов и сотрудников, для обеспечения учебного процесса и научных исследований современным оборудованием, но нужно учитывать менталитет вузовских работников. Это не предприниматели, а преподаватели и ученые. Миссия вуза обеспечить страну высококвалифицированными кадрами, зрелыми гражданами своей страны. Не миссия вуза добывать деньги и вряд целесообразно «затачивать» его на эту задачу.

- Также трудно объясняется необходимость и параметры ограничения на совокупную площадь учебного комплекса, приходящегося на одного учащегося. Например, для студентов сельскохозяйственных вузов важнее площадь сельскохозяйственных угодий, предоставляемых для учебных целей. С 2014 года этот показатель был заменен на показатель востребованности выпускников.

Целью настоящего исследования не ставилась оценка существующих и выработка новых критериев неэффективности вузов. Важно было актуализировать задачи формирования и отбора

информативных признаков, которая успешно решается с использованием разнообразного математического инструментария.

Необходимо также дать строгое определение неэффективности вуза. Можно, конечно, ограничиться перечислением признаков и их граничных значений (как это и было сделано в указанном выше мониторинге Минобрнауки РФ), но при этом, как мы видим, не учитывается синергетический эффект взаимодействия выделенных факторов, а сами они не в полной мере могут рассматриваться в качестве критериев функционирования вуза. По сути, это только индикаторы ее деятельности.

Можно сформулировать более сложную математическую конструкцию факторов для принятия решений, но какую логическую связку при этом использовать «и» (пересечение множеств $\cap$) или «или» (объединение множеств $\cup$) и в каких комбинациях? То есть, можно считать, что вуз является эффективным, если, например, «одновременно выполняются ограничения A , B , или если одновременно выполняются ограничения C , D ...» Математически эта формулировка записывается следующим образом:

$$E = (A \cap B \cap \dots) \cup (C \cap D \cap \dots) \quad (1)$$

Другой путь решения проблемы: сформулировать показатель J (например, интегральная оценка знаний и компетенций выпускника вуза), отражающий ценность специалиста для народного хозяйства, и найти зависимость между ним и указанными признаками-переменными:

$$J = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

где x_1 – среднее значение балла ЕГЭ; x_2 – объем научных работ в расчете на одного преподавателя и т.д.

Еще один интересный путь учесть синергию требований – сформировать свертку факторов-критериев, то есть необходимо вывести некоторую взвешенную оценку. Математика оперирует двумя видами сверток: аддитивной (3) и мультипликативной (4). Каждая из них отражает свою совокупность свойств исследуемых объектов.

$$J = \sum \alpha_i x_i, \quad (3)$$

$$J = \prod x_i^{\alpha_i}. \quad (4)$$

По виду соотношения (3) и (4) представляют собой частные случаи (2). Однако, это принципиально разные подходы: в (2) отражается объективно существующая закономерность между исследуемыми переменными, а в (3) и (4) – субъективное мнение эксперта о виде учитываемого эффекта и важности рассматриваемых показателей для текущего развития сферы высшего образования.

В таких постановках (1)-(4) легко решаются задачи и прогноза и управления развитием вузовской деятельности.

Однако, на пути реализации этих предложений встает несколько вопросов:

Как измерить выделенные признаки? Для некоторых из них процедуры оценки известны (балл ЕГЭ, площадь на одного студента), но они имеют различные шкалы измерения и масштабы. Другие легко измеримы и методики отработаны (оценка знаний отдельного студента), третьи требуют экспертного оценивания (оценка компетенций).

Как осуществлять мониторинг процесса, чтоб не подменить в вузе образовательный и научный процессы непрерывным написанием отчетов и погоней за малозначимыми, но важными для рейтинга показателями.

Существует и ряд проблем вычислительного характера, которые преодолеть на данном этапе не удастся.

2. *Процедура отбора кадров, научных проектов, учебных программ и др.* Позиционирование вуза как субъекта хозяйственной деятельности требует изменения структуры его деятельности, корпоративной культуры и стилей управления руководящих работников. Традиционная иерархическая структура управления (ректор, проректорат, факультеты, кафедры и т.д.) уступает место матричной организации работ.

Кафедры (вертикальные составляющие матрицы) сохраняются, но их роль конкретизируется как подразделений, обеспечивающих вуз высококвалифицированными кадрами заданного направления. Учебная деятельность формируется образовательными проектами (горизонтальные составляющие матрицы). Проекты подвижны, отражают потребности рынка труда и народного хозяйства, привлекая с различных кафедр необходимых специалистов. То есть, работа преподавателю в перспективе не гарантируется должностью, а обеспечивается его востребованностью на рынке образовательных услуг и квалификацией. Проекты же реализуются в вузе на конкурсной основе. Условия конкурса должны быть коррелированными с показателями эффективности вуза. В этом случае весь механизм работает согласовано. Квалификация, инициатива, творческий подход к делу становятся определяющими и формируют корпоративную культуру сотрудников вуза.

Как отобрать лучший из предложенных вариантов образовательного проекта? Вы рассмотренные вопросы о выборе факторов, характеризующих проект, их измерении и предварительной обработке сохраняются и в этой задаче.

Для решения сформулированных проблем предлагается следующая схема:

1. Средствами экспертного анализа формируется перечень информативных факторов и определяется критериальный показатель. Инструментами этого этапа схемы являются: SWOT-PEST-анализы, методы сценариев и мозгового штурма, морфологический анализ, многочисленные методы отбора информативных признаков (корреляционный анализ, метод главных компонент и др.) и др.

2. Назначаются эталонные значения факторов и критериального показателя, отражающие требования заказчика (потребителя образовательной услуги), утвержденного ГОСТа, вышестоящей организации – учредителя образовательного учреждения.

3. Проводится мониторинг выбранных показателей (факторов-индикаторов и критерия качества).

4. Осуществляется предварительная обработка данных: нормирование, масштабирование, отбор данных, обеспечивающих построение адекватных моделей.

5. Расчет меры близости исследуемых объектов (вузов в первой задаче, образовательных проектов – во второй).

Пункты 1, 3, 4 схемы формируют, так называемое, признаковое пространство (ПП) исследования. Пункт 2 в этом ПП задает эталон (или эталоны, если классификация объектов предполагает более двух возможных состояний).

6. Задаются объекты классификации (вузы, исследуемые на эффективность, в первой задаче; образовательные проекты, претендующие на реализацию силами учебного заведения – во второй). Для каждого из них определяется расстояние до эталона (эталонов), которое позволяет ранжировать их по степени близости к эталону (если он в ПП один) или определить принадлежность объекта к соответствующему классу (если эталонов несколько).

Таким образом, математически задача свелась к использованию аппарата теории распознавания образов (ТРО). Ключевым вопросом в описанной технологии является процедура расчета меры близости (расстояния) между объектами.

В работе [2] определена общая стратегия и разработаны модели управления сложными динамическими процессами, основывающиеся на сравнении близости реальных и эталонных ситуаций, характеризующихся в общем случае векторами состояний

$$(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (5)$$

В цитируемой работе приведены иллюстративные примеры использования данного инструментария для решения технико-технологических задач на транспорте. Изложим его в категориях решаемых задач.

В качестве меры оценки «расстояния» между точками A и B признакового пространства, в котором каждой точке соответствует определенная ситуация на сортировочной горке, предложено использовать соотношение:

$$d(A, B) = \left(\sum_{i=1}^N a_i |x_i^A - x_i^B|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (6)$$

где вектора $(\tilde{o}_1^A, \tilde{o}_2^A, \dots, \tilde{o}_N^A)$ и (x_1^B, x_2^B, x_N^B) соответственно характеристики состояний A и B . Показатель p в формуле (6) отражает структурные свойства меры. При $p = 2$ имеем обобщенное евклидово расстояние, при $p = 1$ – меру «таксиста». Параметры α_i отражают важность характеристик x_i и выравнивают их размерность.

Исходным материалом для расчета неизвестных коэффициентов α_i является система m -неравенств вида (7), не исключающая совпадения индексов, A, B, C, D и получаемая на основании статистических исследований или в результате экспертного опроса опытных специалистов:

$$d(X^A, X^B) \leq d(X^C, X^D) \quad (7)$$

В первом случае осуществляется анализ параметров объектов и по результатам сравнения определяется знак неравенства. Во втором случае эксперт назначает знак на основании своего опыта и интуиции.

Неизвестные весовые коэффициенты α_i , $i = \overline{1, n+1}$ выражаются в условных единицах, поэтому можно назначить $\alpha_{n+1} = 1$. Это позволит сократить размерность задачи, не теряя общности ее решения. После ряда преобразований получается система из m -ограничений:

$$(8)$$

где α_{ij} – значение j -го коэффициента слагаемого меры, в i -м неравенстве (7), $i = \overline{1, m}$ $j = \overline{1, n}$.

Рассмотрим возможные варианты решения системы (8):

1) Система неравенств решений не имеет, что свидетельствует о противоречивости высказываний экспертов и требует пересмотра условий.

2) Система имеет единственное решение. Это решение и определяет искомый набор коэффициентов α_i .

3) Система имеет множество решений.

Первые два случая не требуют дальнейшего исследования. В третьем случае можно пойти двумя путями:

1. Потребовать от экспертов дополнительных данных и этим сузить область допустимых решений α_i .

2. Определить допустимую область значений α_i и по некоторому дополнительному критерию выбрать из этой области единственное решение. В качестве дополнительного критерия может выступать один из классических критериев принятия решений: минимизации среднего или максимального риска выхода за границы области.

В [3] предложен алгоритм определения допустимой области решения системы. Этот алгоритм содержит в себе процедуру просмотра вершин, аналогичную реализуемой в симплекс методе задачи линейного программирования с тем отличием, что определяются все вершины области путем перебора всех возможных комбинаций базисных и свободных переменных.

Сложность предложенной в [3] процедуры не является критическим аспектом исследования и управления, т.к. вся процедура выполняется в лабораторных условиях с применением произвольной вычислительной техники. Вместе с тем, процедуру построения меры близости можно существенно упростить, если с помощью экспертов получить потенциалы точек (веса их взаимной важности) μ . Отождествляя разность потенциалов с расстоянием между соответствующими точками, получаем систему уравнений

$$d(X^A, X^B) = \mu_A - \mu_B \quad (9)$$

вместо системы неравенств (7). Число уравнений в (9) может быть равно числу различных пар из рассматриваемого набора точек ($\frac{i(i-1)}{2}$ при n точках). В силу экспертного задания вида d и значений μ , система (9), очевидно, несовместна (не имеет решений в общепринятом смысле). Следует

находить ее, так называемое, обобщенное решение, минимизирующее сумму квадратов отклонений левых и правых частей (9):

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \operatorname{argmin} \sum (d(X^{Ai}, X^{Bi}) - \mu_{Ai} - \mu_{Bi}) \quad (10)$$

Выше рассмотренные механизмы расчета неизвестных коэффициентов меры близости (6) можно значительно упростить, если перед экспертом поставить задачу определения расстояния точек обучающей последовательности от некоторого эталона. В этом случае будем иметь совокупность уравнений вида (6), в которых все параметры кроме искоемых коэффициентов известны.

Реализуя, рассмотренную выше технологию расчета меры, получаем следующий алгоритм:

1. На основе потенциалов точек заданных в табличном виде (см. таблицу 1) формируем совокупность точек обучающей последовательности. Это точки (объекты), информация о которых экспертам известна и она служит для расчета неизвестных параметров искомой меры. К ним предъявляются требования типичности и репрезентативности.

Таблица 1 - Исходные данные для построения меры близости
в ПП образовательных программ

	x_1	x_2	x_3	$d(\Theta, \dots)$
A	0,5	0,7	0,9	0,3
B	0,4	0,4	0,6	0,8
C	0,3	0,5	0,2	0,9
D	0,1	0,8	0,7	0,7

2. Определяем пары сравниваемых объектов и находим «расстояние» между ними по формуле (9).

3. Записываем выражение (6) для $d(A, B)$ через неизвестные параметры меры α_i при соответствующих значениях p и N .

4. На основании сравнения пунктов 2 и 3 алгоритма формируется система уравнений относительно неизвестных α_i . Т.к. исходные данные формируются экспертным путем и характеризуются наличием нечеткости и ошибок наблюдений необходимо, чтобы число уравнений было значительно больше числа неизвестных. Это позволит использовать статистические методы решения систем линейных алгебраических уравнений, компенсирующих ошибки данных.

5. Находим обобщенное решение полученной системы уравнений, минимизируя сумму квадратов отклонений левых и правых частей уравнений.

6. Подставляя найденные коэффициенты α_i в (6), получим искомую зависимость.

Ниже приведен конкретный иллюстративный пример (к выше рассмотренной задаче 2), исходные данные к которому представлены в табл. 1.

Он показывает возможность применения разработанной идеологии для расчета коэффициентов формулы расстояний между двумя объектами исследования и оценки информативности характеризующих их признаков. Для простоты рассуждений используется только три признака, характеризующих образовательные программы, поданные на конкурс:

- x_1 – методическое и кадровое обеспечение образовательной программы;
- x_2 – спрос на рынке образовательных услуг;
- x_3 – экономическая эффективность от реализации программы.

В (6) также примем $P = 1$ и эталон $\Theta(1; 1; 1)$.

После несложных преобразований получим систему четырех линейных уравнений с тремя неизвестными:

$$0,5\alpha_1 + 0,3\alpha_2 + 0,1\alpha_3 = 0,3$$

$$0,6\alpha_1 + 0,6\alpha_2 + 0,4\alpha_3 = 0,8$$

$$0,7\alpha_1 + 0,5\alpha_2 + 0,8\alpha_3 = 0,9$$

$$0,9\alpha_1 + 0,2\alpha_2 + 0,3\alpha_3 = 0,5 \quad (11)$$

Обобщенное решение этой системы дает:

$$\alpha_1 = 0,473; \alpha_2 = 0,403; \alpha_3 = 0,507. \quad (12)$$

Таким образом, учитывая соотношения (6), (12) и условие $P = 1$, имеем выражение для вычисления расстояния исследуемых образовательных программ от эталона:

$$d(\mathcal{E}, X) = 0,473(1 - x_1) - 0,403(1 - x_2) + 0,507(1 - x_3). \quad (13)$$

Пусть теперь необходимо из двух образовательных программ M и N с характеристиками:

(14)

выбрать одну для реализации в вузе.

По (13) рассчитаем $d(\mathcal{E}, M) = 0,3606$; $d(\mathcal{E}, N) = 0,3712$. Первая программа (M) ближе к эталону. Ее и надо выбрать.

Развитие данного подхода возможно за счет выделения нескольких эталонов. Например, «эффективные» объекты (вузы, проекты), «проблемные», «неэффективные».

Литература:

1. Мониторинг эффективности деятельности организаций высшего образования [Электронный ресурс]. URL: <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/>
2. Лябах Н.Н., Шабельников А.Н. Техническая кибернетика на железнодорожном транспорте. - Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2002.
3. Гольбан Е.В., Лябах Н.Н. (младший). Параметрическая идентификация мер близости признаков пространств // Изв. Вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 1997. №2. С. 37-39.
4. Куижева С.К., Боровская М.А. Моделирование процесса распространения информации в организационных системах // Новые технологии. 2014. №4. - С. 9-13.