

Оптимизация Организационной Структуры Вуза на Основе Нечёткой Модели Нелинейного Математического Программирования

Зейнал Джамалов¹, Алла Худанова²

^{1,2}Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

¹zjamalov@mail.ru, ²izabel21@mail.ru

Аннотация— Предлагается решение задачи оптимизации организационной структуры вуза на основе нечёткой модели нелинейного математического программирования. Данный нечёткий подход позволяет агрегировать полученные уже на начальной стадии экспертные оценки факторов воздействия и, тем самым, более взвешенно оценивать показатели эффективности организационной структуры вуза.

Ключевые слова— целевая функция, функция управления, показатель эффективности, нечёткое множество

I. ВВЕДЕНИЕ

Рынок образовательных услуг оказывает сильное воздействие на всю систему высшего образования, а проведённые здесь либеральные реформы придали новые обязанности и свободы вузам, руководство которых, отвечая на современные вызовы, получили, тем самым, возможность адаптировать новые организационные структуры близкие к тем, которые традиционно используются в бизнес-среде. В процессе адаптации вузы корректируют стратегические цели своей академической деятельности и, соответственно, вносят необходимые изменения в свою организационную структуру. При этом появление новых задач и подструктур, таких как «стратегический менеджмент», «маркетинг», «управление проектами», «попечительские советы» и пр., зачастую происходит спонтанно, отчего создаваемые новые подразделения вуза становятся «тяжеловесными» и слабо структурированными [1].

В тоже время, тотальная компьютеризация и применение современных информационных технологий в образовательном процессе, кардинально изменив схему передачи знаний и методы обучения, положили начало созданию новых образовательных систем, отличающихся оптимальными структурами, обеспечивающими нужную конкурентоспособность на рынке образовательных услуг. В современных социально-экономических условиях управление вузом не должно ограничиваться только академической деятельностью, которая при всех случаях, несомненно, остаётся доминирующей. При этом, многие руководители подразделений вузов полагают себя вполне подготовленными к определению направления и методов совершенствования управления своей деятельностью. Очевидно, что в современных условиях структура вуза должна быть жизнеспособной, гибкой и динамичной. Поэтому для эффективного функционирования в условиях

открытости информационно-образовательной среды, обеспечивающей доступность к изучаемой информации, стимулирующей генерацию новых знаний и обеспечивающей конкурентоспособность выпускников на рынке труда, разработка научно обоснованной структуры управления образовательным процессом является очень актуальной задачей.

II. МАТРИЧНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

В современных условиях управление некоторыми вузами реализуется через программные разработки ведущих IT-ветров, что подразумевает формализацию академической деятельности, внутри структурных и межличностных отношений. Отправным для такой формализации может служить представленная на рис. 1 матричная структура вуза, включающая три уровня управления: стратегический, контрольно-распределительный и операционный [1].

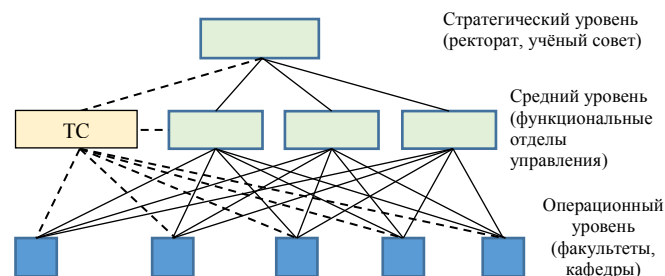


Figure 1. Матричная система управления вузом.

Присвоение к среднему уровню элемента «Техноструктура» (технологическая структура (ТС), включающая функциональные инновационные подразделения вуза) имеет весьма условный характер, т.к. он отличается от составляющих среднего уровня по характеру выполняемых функций, используемым принципам и целям функционирования. Подразделения из среднего уровня осуществляют в основном контрольно-распорядительные функции, в то время как функцией ТС является консолидация организационных мероприятий, направленных на определение эффективности того или иного вида деятельности вуза и на, соответственно, оптимизацию его организационной структуры.

В отличии от функционирования подразделений из среднего уровня, которое осуществляется по «линейному принципу», в основе действий ТС лежит матричный (или программно-целевой) принцип управления, который подразумевает сетевую структуру, построенную на основе двойного подчинения исполнителей. Последнее означает, с одной стороны, подчинение исполнителей непосредственному руководителю ТС, который предоставляет персонал и техническую помощь ректорату, с другой, руководству вуза, которое наделено необходимыми полномочиями для осуществления процесса управления вузом [2].

Наличие ТС в структуре управления может стать определяющим условием в постепенной трансформации вуза в научно-образовательный Центр, что позволит ему позиционировать и активно действовать на рынке образовательных услуг и, тем самым, повысить свою конкурентоспособность. Поэтому, основную цель функционирования ТС можно сформулировать, как организационное и научно-методическое обеспечение инновационной академической деятельности вуза, в основе которого лежит постоянный мониторинг эффективности функционирования подразделений вуза, и разработка научно обоснованной структуры управления образовательным процессом.

III. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ВУЗА

В настоящее время существуют различные подходы к оценке качества функционирования и развития образовательной системы вуза, за счёт которых формируется многоуровневая многоэлементная динамически активная организационная система вуза с относительно устойчивой схемой связей и отношений между её активными элементами с зафиксированным распределением функций, прав и ответственности за достижение целей управления. Один таких подходов рассмотрен в работе [3], согласно которому «на первый план выдвигаются экспертные технологии оценивания, которые, в свою очередь, нуждаются в соответствующей формализации, организации и методическом обеспечении, более жёсткой регламентации деятельности с целью снижения уровня её субъективизма». С этой целью рассматривается следующий комплекс формализмов для оценивания эффективности проводимых в вузе комплекса организационных мероприятий.

Целенаправленность (K_1) организационной структуры образовательной системы вуза, которая определяется путём сопоставления требуемого для достижения цели управления объёма функций управления с реально выполняемым объёмом в системе функций управления. Соответствующий показатель вычисляется по формуле:

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{v_{ri}}{v_{di}}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (1)$$

где n – число выполняемых в вузе функций управления; α_i – вес i -ой функции управления, определяющий её

важность; v_{di} – требуемый объём выполнения i -ой функции управления; v_{ri} – реально выполняемый объём i -ой функции управления.

Для определения значений весовых коэффициентов оценки отношения выполненного реального объёма i -ой функции управления к соответствующему требуемому объёму $V_i = v_{ri}/v_{di}$, как правило, привлекаются экспертные знания из предметной области. Проще говоря, они оцениваются экспертами по принятым балльным шкалам.

Обобщённый показатель консолидированного мнения всех экспертов относительно V_i должен удовлетворять следующим требованиям:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n w_i a_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1, \end{cases} \quad (2)$$

где a_i – значение функции V_i ; w_i – значение весового коэффициента функции V_i . Тогда результирующим значением отношения реально выполненного объёма i -ой функции управления к соответствующему требуемому объёму (V_i) определяется в виде усреднения:

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_{ij}, \text{ где } m \text{ – число привлечённых экспертов;}$$

V_{ij} – оценка j -го эксперта. При этом, степень согласованности (W) мнений групп экспертов в целом по совокупности всех факторов определяется как:

$$W = \frac{12}{(n^3 - n)} \sum_{i=1}^n \left[V_i - \frac{n+1}{2} \right]^2. \text{ Обобщение мнений}$$

экспертов относительно значений весов α_i , определяющих относительную важность i -ой функции управления, осуществляется аналогичным образом.

Экономичность (K_2) организационной структуры управления вузом оценивается по формуле:

$$K_2 = \frac{C_t - C_p}{C_t} \quad (3)$$

где C_t – общие расходы для обеспечения функционирования вуза (в том числе, факультетов, кафедр, специальностей); C_p – расходы на содержание профессорско-преподавательского состава и учебно-вспомогательного персонала.

Оперативность (K_3) организационной структуры управления вузом определяется количеством времени, затраченным на реализацию вышеупомянутых функций управления. Оценивается путём вычисления соответствующего показателя по формуле:

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{t_{di}}{t_{ri}}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (4)$$

где t_{di} – время, необходимое для выполнения i -ой функции управления; t_{ri} – время, реально потраченное на исполнение i -ой функции управления;

Рациональность (K_4) организационной структуры управления вузом выражается в виде показателя, характеризующего равномерность нагрузок сотрудников структуры управления. Величина этого показателя устанавливается по следующей формуле:

$$K_4 = \frac{n}{\sum_{i=1}^n |l_i - l_{avr}|} \quad (5)$$

где l_i – нагрузка на i -го сотрудника в системе управления; l_{avr} – средняя нагрузка на сотрудника по вузу; n – общее число сотрудников вуза.

Для оценки общей эффективности организационной структуры вуза и его структурных подразделений необходимо установить целевую функцию и обеспечить её максимизацию, т.е. в нашем случае:

$$L = \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_4^2} \rightarrow \max \quad (6)$$

означающая, что чем больше абсолютные значения показателей эффективности K_i ($i=1 \div 4$), рассчитываемых соответственно по формулам (1), (3), (4) и (5), тем лучше организационная структура вуза. По существу, это классический пример модели нелинейного математического программирования, с помощью которой устанавливаются оптимальные значения показателей эффективности организационной структуры вуза.

IV. НЕЧЁТКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВУЗА

Приведённые в формулах (1), (3), (4) и (5) искомые и многие исходные переменные, по существу, являются слабо структурированными величинами, т.е. величинами, о которых можно судить по их принадлежности к определённому типу. Наиболее адекватным их отражением являются интервалы вида $[x_{\min}, x_{\max}]$ или выражения вида «около δ », т.е. термы лингвистических переменных, которые описываются соответствующими нечёткими множествами. Поэтому, исходя из данной парадигмы, нам необходимо построить такие формализмы показателей K_i ($i=1 \div 4$), которые в совокупности описывали бы причинно-следственные связи для определения эффективности проводимого в вузе комплекса организационных мероприятий в условиях наличия нечёткой информации о качестве функционирования образовательной системы вуза. При этом, следует учитывать, что часть доступной

информация для количественного описания критериев оценки – показателей, характеризующих эффективность функционирования подразделений вуза, обрабатывается на основе задаваемых формул, а оставшаяся часть информации, не позволяющая делать непосредственные оценки, оценивается экспертами и выражается в вербально-числовом или вербальном виде. Тем не менее, мы исходим из того, что вся релевантная информация, описывающая ограничения (1), (3), (4) и (5), является слабо структурированной и для её вовлечения в вычислительный процесс необходима нечёткая интерпретация задачи нелинейного математического программирования с «чёткой» целевой функцией (6).

V. ОЦЕНКА ОБЪЁМА РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ В РАМКАХ ОДНОЙ ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Одним из важных звеньев при оценке эффективности организационной структуры вуза являются функции управления, вернее, объёмы их выполнения в рамках комплексной интегрированной системы управления вузом [4]. От того, насколько точно они будут отражены в реализации (1), во многом зависит адекватность решения комплекса задач, связанных с оценкой эффективности организационной структуры вуза. Поэтому, опираясь на существующие нечёткие методы многокритериальной оценки в условиях слабо структурированности данных, сформулируем методику оценки, в максимальной степени не зависящую от мнения экспертов и, тем самым, позволяющую получить более объективную и взвешенную оценку целенаправленности организационных задач.

В процессе контроля за объёмом выполненных работ эксперты по балльной шкале оценивают: процент завершения работы; фактическую длительность в днях; фактические трудозатраты; фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов. Необходимую для этого исходную информацию эксперты получают от представителей ТС, которые проводят мониторинг за сроками и объёмами выполнения работ во всех подразделениях вуза. В частности, в новой версии программного продукта Microsoft Office Project 2007, предназначенного для автоматизации управления проектами, имеются необходимые средства, с помощью которых можно контролировать фактические трудозатраты и затраты, а также анализировать текущее состояние работ по ходу выполнения функции управления [5].

Итак, для построения причинно-следственных связей, за основу выберем следующие рассуждения:

d_1 : «Если процент завершения работ высокий, а фактическая длительность в днях продолжительная, тогда объём выполненных работ (то есть значение функции управления) удовлетворительный»;

d_2 : «Если в добавок к вышеописанным требованиям фактические трудозатраты большие, тогда объём выполненных работ более чем удовлетворительный»;

d_3 : «Если дополнительно к условиям в d_2 фактический расход материалов в пределах нормы, тогда объём выполненных работ полный»;

d_4 : «Если имеет место все, что оговорено в d_3 , кроме информации о фактической длительности работ, тогда объём выполненных работ очень удовлетворительный»;

d_5 : «Если процент завершения работ высокий, фактическая длительность в днях продолжительная и фактические трудозатраты большие, но при этом наблюдается перерасход материалов и увеличение стоимости затратных ресурсов, тогда объём выполненных работ все же будет удовлетворительным»;

d_6 : «Если процент завершения работ невысокий и фактические трудозатраты также небольшие, тогда объём выполненных работ будет неудовлетворительным».

В данном случае входными характеристиками являются лингвистические переменные: X_1 – *процент завершения*, отражённая в приведённых высказываниях термом A =ВЫСОКИЙ; X_2 (*фактическая длительность*) – термом B =ПРОДОЛЖИТЕЛЬНАЯ; X_3 (*фактические трудозатраты*) – термом C =БОЛЬШИЕ; X_4 (*фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов*) – термом D =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ; а выходом является лингвистическая переменная Y , принимающая значения из термножества $\{US$ =НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, S =УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, MS =БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, VS =ОЧЕНЬ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, F =ПОЛНЫЙ}. Тогда приведённые высказывания (или причинно-следственную связь) переформулируем в виде следующего набора правил:

- d_1 : « $X_1=A$ и $X_2=B$, тогда $Y=S$ »;
- d_2 : « $X_1=A$ и $X_2=B$ и $X_3=C$, тогда $Y=MS$ »;
- d_3 : « $X_1=A$ и $X_2=B$ и $X_3=C$ и $X_4=D$, тогда $Y=F$ »;
- d_4 : « $X_1=A$ и $X_3=C$ и $X_4=D$, тогда $Y=VS$ »;
- d_5 : « $X_1=A$ и $X_2=B$ и $X_3=C$ и $X_4=-D$, тогда $Y=S$ »;
- $\neg d_6$: « $X_1=-A$ и $X_3=-C$, тогда $Y=US$ ».

Описание термов из правых частей правил осуществим на базе дискретного универсума $U=\{0,0,1;\dots,1\}$, т.е. $\forall u \in U$ значения переменной Y опишем нечёткими множествами с соответствующими функциями принадлежности:

$$\mu_S(u) = u; \quad \mu_{MS}(u) = \sqrt{u}; \quad \mu_{VS}(u) = u^2;$$

$$\mu_F(u) = \begin{cases} 1, & \text{если } u = 1, \\ 0, & \text{если } u < 1; \end{cases} \quad \mu_{US}(u) = 1 - u.$$

Для описания термов из левых частей правил выберем единый дискретный универсум $U=\{0, 1, 2, 3, \dots, 9, 10\}$, отражающий десятибалльную систему, по которой, 5 экспертов (n_1, n_2, n_3, n_4 и n_5) оценивают предоставленные им специалистами ТС структурированные по средством Microsoft Office Project данные об объёмах выполненных работ в рамках исполнения заданной ФУ (рис. 2) [5]. Для фаззификации применим Гауссовскую функцию вида: $\mu(u)=\exp\{-(-u-10)^2/\sigma^2\}$, где σ^2 является «обучаемым» параметром [6]. Тем не менее, в силу ряда соображений в качестве σ^2 нами выбрано единое для всех нечётких множеств из левых частей правил значение 16.

TABLE I. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ

Основные составляющие объёма выполненных работ	Оценки экспертов				
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
Процент завершения работы	7	6	9	7	8
Фактическая длительность (или оставшаяся длительность) в днях	5	9	7	8	6
Фактические трудозатраты	8	4	10	6	5
Фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов	5	8	5	9	10

С учётом Гауссовской функции принадлежности и экспертных оценок из Табл. 1, термы в левых частях правил d_1-d_6 запишем в виде нечётких множеств по опорному вектору $(n_1, n_2, n_3, n_4, n_5)$ следующим образом:

$$A = \frac{0,6977}{n_1} + \frac{0,5273}{n_2} + \frac{0,9608}{n_3} + \frac{0,6977}{n_4} + \frac{0,8521}{n_5};$$

$$B = \frac{0,3679}{n_1} + \frac{0,9608}{n_2} + \frac{0,6977}{n_3} + \frac{0,8521}{n_4} + \frac{0,5273}{n_5};$$

$$C = \frac{0,8521}{n_1} + \frac{0,2369}{n_2} + \frac{1,0000}{n_3} + \frac{0,5273}{n_4} + \frac{0,3679}{n_5};$$

$$D = \frac{0,3679}{n_1} + \frac{0,8521}{n_2} + \frac{0,3679}{n_3} + \frac{0,9608}{n_4} + \frac{1,0000}{n_5}.$$

Реализация правил d_1-d_6 с применением, например, импликации Лукасевича [6], дало общее функциональное решение в виде следующей матрицы:

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
n_1	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7788
n_2	0.6321	0.7321	0.8321	0.8946	0.8946	0.8679	0.7679	0.6679	0.5679	0.4679	0.3679
n_3	0.4302	0.5302	0.6302	0.7302	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	1.0000
n_4	0.4302	0.5302	0.6302	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.5698
n_5	0.6321	0.7321	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7904	0.7788

Согласно данному решению, например, оценка эксперта n_2 отражается 2-ой строкой матрицы R , т.е. нечётким множеством:

$$E_2 = \frac{0,6321}{0} + \frac{0,7321}{0,1} + \frac{0,8321}{0,2} + \frac{0,8946}{0,3} + \frac{0,8946}{0,4} + \frac{0,8679}{0,5} + \frac{0,7679}{0,6} + \frac{0,6679}{0,7} + \frac{0,5679}{0,8} + \frac{0,4679}{0,9} + \frac{0,3679}{1,0}.$$

Для численной интерпретации нечётких выводов экспертов относительно объёма выполненных работ применяется процедура дефаззификации, в результате которой устанавливаются следующие консолидированные экспертные оценки: $F(E_1)=0.4993$; $F(E_2)=0.4344$; $F(E_3)=0.6468$; $F(E_4)=0.5193$ и $F(E_5)=0.5130$.

Очевидно, что предлагаемый подход к оценке объёмов выполненных работ в рамках реализации функций управления может применяться не только для расчёта показателя целенаправленности (K_1), но и для оценки показателя оперативности (K_3) и показателя рациональности (K_4) организационной структуры вуза. Что касается оценки показателя экономичности (K_2), то она осуществляется тривиальным образом – на основе формулы (3) с учётом наличия структурированных данных в виде денежных эквивалентов об общих расходах на функционирование вуза (C_i) и на содержание профессорско-преподавательского и вспомогательного персонала (C_p).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы считают своим долгом выразить свою искреннюю признательность доктору технических наук, главному научному сотруднику Института Систем Управления НАНА Р.Р. Рзаеву за помощь и содействие, которое он оказал при формировании нечёткой модели для оценки объёмов выполненных работ в рамках реализации функций управления в составе комплексной интегрированной системы управления вузом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] А.Н. Асаул, Б.М. Капаров, «Управление высшим учебным заведением в условиях национальной экономики», СПб.: Гуманистика, 2007.

- [2] В.Е. Ланкин, Г.В. Горелова и др., «Исследование и разработка организационных систем управления в высших учебных заведениях», Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011.
- [3] В.Н. Кострова, «Оптимизация управления вузом на основе экспертно-мониторингового анализа структурно-функциональных компонентов образовательного процесса», автореф. дис. на соис. уч. степ. д-ра тех. наук, Воронеж: ВГТУ, 2004.
- [4] «Функции управления организацией», Доступно на: <http://www.grandars.ru/college/biznes/funkcii-upravleniya.html> (дата обращения 21.01.2016)
- [5] «Контроль трудозатрат и управление сроками», Доступно на: <http://www.dialektika.com/PDF/978-5-8459-1374-6/part.pdf> (дата обращения 02.03.2016)
- [6] Р.Р. Рзаев, «Аналитическая поддержка принятия решений в организационных системах», Palmarium Academic Publishing, 2016.