

## ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

\*Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджанская Республика

**Анотація.** Пропонується метод для оцінки вагових коефіцієнтів, що встановлюють ступінь важливості функцій управління в загальній структурі комплексної інтегрованої системи управління вузом, а також для оцінки обсягів виконаних робіт. Даний підхід, заснований на застосуванні методу нечіткого логічного висновку, дозволяє агрегувати отримані вже на початковій стадії експертні оцінки факторів впливу і тим самим більш виважено оцінювати показники ефективності організаційної структури вузу.

**Ключові слова:** функція управління, показник ефективності, нечітка безліч, нечіткий висновок.

**Аннотация.** Предлагается метод для оценки весовых коэффициентов, устанавливающих степени важности функций управления в общей структуре комплексной интегрированной системы управления вузом, а также для оценки объёмов выполненных работ. Данный подход, основанный на применении метода нечёткого логического вывода, позволяет агрегировать полученные уже на начальной стадии экспертные оценки факторов воздействия и тем самым более взвешенно оценивать показатели эффективности организационной структуры вуза.

**Ключевые слова:** функция управления, показатель эффективности, нечёткое множество, нечёткий вывод.

**Abstract.** It is proposed a method for weight coefficients assessing that establish the importance of control functions in the overall structure of the complex integrated management system of the university, as well as to assess the volume of works. This approach based on the application of the method of fuzzy inference, allows us to aggregate the expert assessments of the impact factors that have already been received at the initial stage and, thereby, to assess the performance indicators of the organizational structure of the university more accurately.

**Keywords:** control function, efficiency index, fuzzy set, fuzzy inference.

### 1. Введение

Рынок образовательных услуг оказывает сильное воздействие на всю систему высшего образования, а проведённые здесь либеральные реформы вменили новые обязанности и предоставили свободу высшим учебным заведениям (вузам), руководство которых, отвечая на современные вызовы, получило 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 слабоструктурированными [1].

В то же время тотальная компьютеризация и применение современных информационных технологий в образовательном процессе, кардинально изменив схему передачи знаний и методы обучения, положили начало становлению 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 некото-

рые (если не сказать многие) руководители подразделений вузов считают себя вполне подготовленными к определению направления и методов совершенствования управления академической деятельностью.

Очевидно, что в современных условиях структура позиционирующего себя на конкурентном рынке образовательных услуг вуза должна быть жизнеспособной, гибкой и динамичной. Поэтому для эффективного функционирования в условиях открытого информационно-образовательного пространства, обеспечивающего 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.

## 2. Оптимизация структуры вуза

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

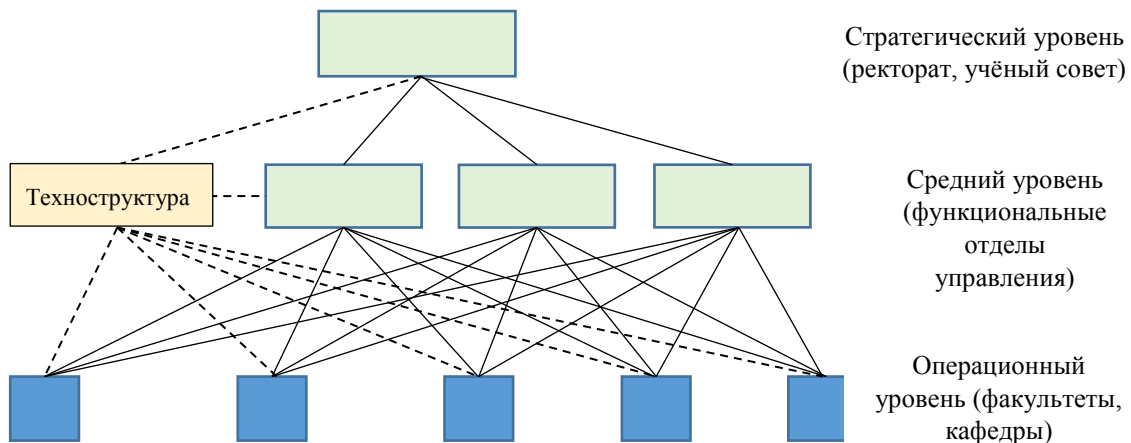


Рис. 1. Матричная система управления вузом

Присвоение к среднему уровню элемента «Техноструктура» (технологическая структура (ТС), включающая функциональные инновационные подразделения вуза) имеет весьма условный характер, так как 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, соответственно, на оптимизацию его организационной структуры.

В отличие 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 лежат постоянный мониторинг эффективности функционирования подразделений вуза и разработка научно обоснованной структуры управления образовательным процессом.

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 из 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 целый комплекс формализмов для оценивания эффективности проводимого в вузе комплекса организационных мероприятий. В частности, для оценки общей эффективности организационной структуры вуза и его структурных подразделений в [3] рассмотрена целевая функция вида

$$L = \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_4^2}, \quad (1)$$

в которой  $K_1$  является показателем целенаправленности организационных задач,  $K_2$  – показателем экономичности,  $K_3$  – показателем оперативности,  $K_4$  – показателем рациональности.

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

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{v_{ri}}{v_{di}}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad (2)$$

где  $n$  – число выполняемых в вузе функций управления,  $\alpha_i$  – 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  $V_i = \frac{v_{ri}}{v_{di}}$ , 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:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n w_i a_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1, \end{cases} \quad (3)$$

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

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_{ij}, \quad (4)$$

где  $m$  – 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

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \left( V_i - \frac{n+1}{2} \right)^2}{n^3 - n}. \quad (5)$$

Обобщение мнений экспертов относительно значений весов  $\alpha_i$ , определяющих относительную важность  $i$ -ой функции управления, осуществляется аналогичным образом.

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

$$K_2 = \frac{C_t - C_p}{C_t}, \quad (6)$$

где  $C_t$  – общие расходы для обеспечения функционирования вуза (в том числе факультеты, кафедры, специальности),  $C_p$  – 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 путем вычисления соответствующего показателя по формуле

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{t_{di}}{t_{ri}}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad (7)$$

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 нагрузки сотрудников структуры управления. Величина этого показателя устанавливается по следующей формуле:

$$K_4 = \frac{n}{\sum_{i=1}^n |l_i - l_{avr}|}, \quad (8)$$

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

### 3. Постановка задачи

Приведённые в равенствах (1)–(8) искомые и многие исходные переменные, по существу, являются слабоструктурированными величинами, то есть 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 8», то есть 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 информации 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 является слабоструктурированной и для её вовлечения в вычислительный процесс необходима её нечёткая интерпретация.

### 4. Оценка степеней важности функций управления на основе нечёткого анализа исходной экспертной информации

Одним из важных звеньев в оценке эффективности организационной структуры вуза являются функции управления, вернее, их степень важности в структуре комплексной интегрированной системы управления вузом. От того, насколько точно они будут отражены в реализации (2) и остальных показателях, зависит адекватность решения всего комплекса задач, связанных с оценкой эффективности организационной структуры вуза. Поэтому, опираясь на существующие методы многокритериальной оценки в условиях слабоструктурированности данных, необходимо разработать такую методику оценки, чтобы она в максимальной степени не зависела от мнения экспертов и тем самым позволяла бы получить более объективную и взвешенную оценку целенаправленности организационных задач.

В табл. 1 приведена структура комплексной интегрированной системы управления вузом [4], которой многие вузы страны в полном объёме не обладают. Более того, на рынке информационных технологий до сих пор отсутствуют практические решения в области построения и внедрения таких систем.

Таблица 1. Структура комплексной интегрированной системы управления вузом

№	Наименование подсистем и функций управления	№	Наименование подсистем и функций управления
1	Организационное управление	5.4	Управление оборудованием и вспомогательными средствами
1.1	Стратегическое управление	5.5	Управление платными услугами
1.2	Информационное обеспечение принятия решений	6	Синтетический бухгалтерский учёт
1.3	Бюджетное планирование	7	Управление связями с основными клиентами
1.4	Исполнение бюджета	7.1	Исследование и анализ рынка

1.5	Аналитический бухгалтерский учёт и контроль	7.2	Маркетинг продукта (услуги) и управление маркетинговыми программами
1.6	Управленческий учёт	7.3	Управление реализацией продукта вуза
1.7	Управление поступлением денежных средств	7.4	Обслуживание клиентов и спонсоров
1.8	Отраслевая отчётность	7.5	Организационное развитие
2	Организационно-административное обеспечение	8	Преподавание и обучение
2.1	Управление наличными и временно свободными средствами	8.1	Разработка учебных программ
2.2	Управление основными средствами и недвижимостью	8.2	Планирование учебных мероприятий, занятий и экзаменов
2.3	Администрирование командировок	8.3	Администрирование студентов
3	Управление документацией	8.4.	Управление личными лицевыми счетами студентов
3.1	Определение папок и потока операций	8.5	Обучение
3.2	Исполнение документооборота	9	Управление исследованиями и грантами
3.3	Мониторинг документооборота	9.1	Планирование, заявление и предварительное присуждение гранта
3.4	Электронная подпись	9.2	Управление научными исследованиями
3.5	Поиск информации	9.3	Взаимодействие со спонсорами и фондами
4	Управление персоналом	9.4	Отчёт перед спонсором и завершение проекта
4.1	Управление организационно-штатной структурой	10	Академические и студенческие службы
4.2	Набор новых сотрудников	10.1	Академическое консультирование и служба трудоустройства
4.3	Администрирование персонала	10.2	Материальная помощь
4.4	Управление рабочим временем и отпусками	10.3	Проживание в общежитии
4.5	Профессиональный рост и обучение	10.4	Обслуживание комнат и оборудования в общежитиях
4.6	Управление поощрениями и вознаграждениями	10.5	Услуги библиотеки и средств массовой информации
4.7	Расчёт заработной платы	10.6	Услуги студенческого городка
5	Материально-техническое обеспечение	10.7	Услуги центра художественного творчества и других подобных центров
5.1	Управление процессом закупки	10.8	Услуги учебно-спортивных комплексов
5.2	Управление договорными взаимоотношениями	10.9	Связь с профсоюзным комитетом студентов
5.3	Управление товарно-материальными запасами		

Вычисление по формуле (2) показателя целенаправленности предусматривает наличие экспертных оценок об объёме выполненных работ, полученных путём соотношения

требуемого для достижения цели управления объёма функций управления с реально выполняемым объёмом. При этом каждый эксперт хоть и пользуется имеющимися в его распоряжении количественными данными и руководствуется соотношениями (3) – (4), однако его оценка все равно не будет полностью объективной. Поэтому, чтобы повысить степень объективности таких оценок, попытаемся максимально формализовать сам процесс оценивания, особенно в части установления наиболее адекватных значений весовых коэффициентов  $\alpha_i$ , определяющих степень важности соответствующих функций управления. В этой связи поступим следующим образом.

Предположим, что каждая функция управления выполняется одним подразделением<sup>1</sup>. При этом её характер и объём зависят от следующих, не коррелируемых друг с другом, факторов [5]:

- масштаба, структуры и уровня развития производимых операций;
- размера подразделения, его самостоятельности, места в сложившейся контрольно-распорядительной системе вуза;
- связей подразделения с другими подразделениями и внешними организациями;
- уровня технической оснащённости подразделения.

Теперь представим, что группа экспертов оценивает функции управления (ФУ), выполняемые в подразделениях вуза, на предмет их значимости в составе структуры комплексной интегрированной системы управления вузом (табл. 1). Задача состоит в том, чтобы используя метод нечёткого вывода, ранжировать функции управления по степеням важности. Обсуждение среди экспертов дало следующий результат:

$e_1$ : «Если масштаб производимых операций большой, подразделение является крупным и его место в системе вуза существенно значимое, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом высокий»;

$e_2$ : «Если вдобавок к вышеприведённым требованиям степень самостоятельности подразделения высокая и его интеграция с другими подразделениями вуза и внешними организациями тесная, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом более чем высокий»;

$e_3$ : «Если дополнительно к условиям  $e_2$  в подразделении структура производимых операций сложная и уровень развития производимых операций высокий, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом очень высокий»;

$e_4$ : «Если дополнительно к условиям  $e_3$  уровень технического оснащения подразделения высокий, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом чересчур высокий»;

$e_5$ : «Если масштаб производимых операций большой, подразделение является крупным, его место в системе вуза существенно значимое и уровень его технического оснащения высокий, однако степень его самостоятельности низкая, а интеграция с другими подразделениями вуза и внешними организациями несущественная, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом все же будет высоким»;

$e_6$ : «Если масштаб производимых операций низкий, структура производимых операций тривиальная, само подразделение слишком малое и его место в сложившейся контрольно-распорядительной системе вуза несущественное, тогда удельный вес подразделения в составе структуры управления вузом низкий».

Анализ приведённых информационных фрагментов  $e_1 - e_6$  позволяет выявить 8 критериев, используемых для оценки степеней важности ФУ. По существу, эти фрагменты устанавливают причинно-следственные связи, в которых критерии оценки выступают в

---

<sup>1</sup> Хотя это же подразделение, одно или совместно с другими, может выполнять и другую функцию.

качестве входных характеристик, а значения удельных весов ФУ в составе структуры управления вузом – выходной. Очевидно, полагая эти характеристики лингвистическими переменными, упорядочим их и принимаемые ими в информационных фрагментах  $e_1-e_6$  значения (термы) в виде табл. 2.

Таблица 2. Лингвистические переменные и их значения в фрагментах  $e_1-e_6$

Входные лингвистические переменные	$x_1$	Имя переменной	Масштаб производимых операций
		Терм-множество	{МАЛЫЙ, НИЖЕ СРЕДНЕГО, СРЕДНИЙ, ВЫШЕ СРЕДНЕГО, БОЛЬШОЙ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_2$	Имя переменной	Структура производимых операций
		Терм-множество	{ТРИВИАЛЬНАЯ, ПРОСТАЯ, ЧУТЬ СЛОЖНАЯ, ПОЧТИ СЛОЖНАЯ, СЛОЖНАЯ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_3$	Имя переменной	Уровень развития производимых операций
		Терм-множество	{НИЗКИЙ, НИЖЕ СРЕДНЕГО, СРЕДНИЙ, ВЫШЕ СРЕДНЕГО, ВЫСОКИЙ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_4$	Имя переменной	Размер подразделения
		Терм-множество	{СЛИШКОМ МАЛОЕ, МАЛОЕ, СРЕДНЕЕ, БОЛЕЕ ЧЕМ СРЕДНЕЕ, КРУПНОЕ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_5$	Имя переменной	Степень самостоятельности подразделения
		Терм-множество	{НИЗКАЯ, НИЖЕ СРЕДНЕГО, СРЕДНЯЯ, БОЛЕЕ ЧЕМ СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_6$	Имя переменной	Место подразделения в сложившейся контрольно-распорядительной системе вуза
		Терм-множество	{НЕСУЩЕСТВЕННОЕ, ЗАМЕТНОЕ, БОЛЕЕ ЧЕМ ЗАМЕТНОЕ, ЗНАЧИМОЕ, СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_7$	Имя переменной	Интеграция подразделения с другими подразделениями вуза и внешними организациями
		Терм-множество	{НЕСУЩЕСТВЕННАЯ, СЛАБАЯ, СРЕДНЯЯ, ЗАМЕТНАЯ, ТЕСНАЯ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
	$x_8$	Имя переменной	Уровень технической оснащённости подразделения
		Терм-множество	{НИЗКИЙ, НИЖЕ СРЕДНЕГО, СРЕДНИЙ, ВЫШЕ СРЕДНЕГО, ВЫСОКИЙ}
		Универсум	{0, 1, ..., 5}
Выходная переменная	$y$	Имя переменной	Удельный вес в составе структуры управления вузом
		Терм-множество	{НИЗКИЙ, ВЫСОКИЙ, БОЛЕЕ ЧЕМ ВЫСОКИЙ, ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ, ЧЕРЕСЧУР ВЫСОКИЙ}
		Универсум	[0, 1]

Здесь следует отметить, что в качестве диапазонов значений входных лингвистических переменных нами выбраны одинаковые дискретные универсумы, предусматривающие пятибалльную систему оценивания экспертами факторов, влияющих на удельный вес ФУ. Ясно, что это весьма условный выбор. Однако для системы нечёткого вывода, в рамках которых мы собираемся реализовывать наши правила, выбор другого или разных по величине диапазонов не имеет принципиального значения. В любом случае разные диапа-



зоны значений вида  $[a, b]$  могут быть унифицированы, то есть сведены к единичному отрезку путём простого преобразования  $x = a + t(b - a)$ , где  $x \in [0, 1]$ ,  $t \in [a, b]$ .

Итак, запишем правила в следующем виде:

$e_1$ : «Если  $x_1$ =БОЛЬШОЙ и  $x_4$ =КРУПНОЕ и  $x_6$ =СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ, тогда  $y$ =ВЫСОКИЙ»;

$e_2$ : «Если  $x_1$ =БОЛЬШОЙ и  $x_4$ =КРУПНОЕ и  $x_5$ =ВЫСОКАЯ и  $x_6$ =СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ и  $x_7$ =ТЕСНАЯ, тогда  $y$ =БОЛЕЕ ЧЕМ ВЫСОКИЙ»;

$e_3$ : «Если  $x_1$ =БОЛЬШОЙ и  $x_2$ =СЛОЖНАЯ и  $x_3$ =ВЫСОКИЙ  $x_4$ =КРУПНОЕ и  $x_5$ =ВЫСОКАЯ и  $x_6$ =СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ и  $x_7$ =ТЕСНАЯ, тогда  $y$ =ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ»;

$e_4$ : «Если  $x_1$ =БОЛЬШОЙ и  $x_2$ =СЛОЖНАЯ и  $x_3$ =ВЫСОКИЙ  $x_4$ =КРУПНОЕ и  $x_5$ =ВЫСОКАЯ и  $x_6$ =СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ и  $x_7$ =ТЕСНАЯ и  $x_8$ =ВЫСОКИЙ, тогда  $y$ =ЧЕРЕСЧУР ВЫСОКИЙ»;

$e_5$ : «Если  $x_1$ =БОЛЬШОЙ и  $x_4$ =КРУПНОЕ и  $x_5$ =НИЗКАЯ и  $x_6$ =СУЩЕСТВЕННО ЗНАЧИМОЕ и  $x_7$ =НЕСУЩЕСТВЕННАЯ и  $x_8$ =ВЫСОКИЙ, тогда  $y$ =ВЫСОКИЙ»;

$e_6$ : «Если  $x_1$ =МАЛЫЙ и  $x_2$ =ТРИВИАЛЬНАЯ и  $x_4$ =СЛИШКОМ МАЛОЕ и  $x_6$ =НЕСУЩЕСТВЕННОЕ, тогда  $y$ =НИЗКИЙ».



Рис. 2. Реализация правил  $e_1 - e_6$  в нотации пакета MATLAB

Эти правила легко реализуются с помощью FIS-редактора типа Мамдани пакета MATLAB. В результате, получив по пятибалльной системе экспертные оценки по всем факторам удельного веса ФУ, в нотации MATLAB/FIS можно получить искомые значения весовых коэффициентов каждой из таких функций управления. Как показано на рис. 2, консолидированным мнениям экспертов о факторах, влияющих на степень важности ФУ и рассчитанных с учётом ограничений (3) по формуле (4), а именно:  $x_1=4,12$ ;  $x_2=3,72$ ;  $x_3=3,96$ ;  $x_4=2,29$ ;  $x_5=3,82$ ;  $x_6=0,625$ ;  $x_7=0,486$ ;  $x_8=0,338$ , соответствует весовой коэффициент ФУ со значением  $\alpha=0,418$ .

## 5. Нечёткая модель для оценки объёма выполненных работ в рамках одной ФУ

Несколько схожий подход можно применить и к оценке объёмов выполнения  $V_i$  по результатам выполнения  $i$ -ой ФУ с той только разницей, что в процессе контроля за объёмом выполненных работ эксперты должны будут оценить по балльной шкале следующие составляющие:

- процент завершения работы;
- фактическая длительность (или оставшаяся длительность) в днях;
- фактические трудозатраты (в том числе фактические сверхурочные трудозатраты);
- фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов.

Необходимую для оценки перечисленных факторов информацию эксперты могут получать от представителей ТС, которые, согласно своему статусу, проводят мониторинг за сроками и объёмами выполнения работ во всех подразделениях вуза. Такой контроль со стороны ТС позволяет своевременно выявлять запаздывающие задачи или назначения,

проанализировать ход выполнения тех или иных работ, оценивать отклонения фактических дат начала и окончания задач от запланированных. Очевидно, что только отслеживания сроков выполнения задач в ходе выполнения проекта недостаточно. Нередко бывает так, что задача выполнена в срок, однако получился перерасход средств и/или объём выполненных работ оказался меньше (или больше), чем планировалось. 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 берем 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, принимающее в высказываниях значение (терм): А=высокий;  $X_2$  – фактическая длительность со значением В=ПРОДОЛЖИТЕЛЬНАЯ;  $X_3$  – фактические трудозатраты со значением С=БОЛЬШИЕ;  $X_4$  – фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов со значением D=В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, а выходной – лингвистическая переменная Y – критерий удовлетворительности объёма выполненных работ в соответствии с ФУ, принимающий в высказываниях одно из значений: US=НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, S=УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, MS=БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, VS=ОЧЕНЬ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ, F=ПОЛНЫЙ. Тогда приведённые высказывания (или причинно-следственную связь) переформулируем в виде следующего достаточного набора непротиворечивых импликативных 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  $X_4=\neg D$ , тогда  $Y=S$ »;  $d_6$ : « $X_1=\neg A$  и  $X_3=\neg C$ , тогда  $Y=US$ ».

Теперь, чтобы реализовать эти правила, нам необходимо построить формализмы для термов из левых и правых частей в виде соответствующих нечётких множеств. В первую очередь следует построить универсумы, а затем подобрать адекватные функции принадлежности, восстанавливающие сами нечёткие множества.

Для описания термов из правых частей правил в качестве универсума выберем дискретное множество  $U = \{0; 0,1; 0,2; \dots, 1\}$ . Тогда, согласно принятому в нечётких приложе-

ниях способу описания нечётких множеств (см., например, [6]),  $\forall u \in U$  в качестве функций принадлежности выберем следующие:

- для нечёткого множества  $S$ =УДОВОЛВОРИТЕЛЬНЫЙ:  $\mu_S(u)=u$ ;
- для нечёткого множества  $MS$ =БОЛЕЕ ЧЕМ УДОВОЛВОРИТЕЛЬНЫЙ:  $\mu_{MS}(u)=\sqrt{u}$  ;
- для нечёткого множества  $VS$ =ОЧЕНЬ УДОВОЛВОРИТЕЛЬНЫЙ:  $\mu_{VS}(u)=u^2$ ;
- для нечёткого множества  $F$ =ПОЛНЫЙ:  $\mu_F(u) = \begin{cases} 1, & \text{если } u = 1, \\ 0, & \text{если } u < 1; \end{cases}$
- для нечёткого множества  $US$ =НЕУДОВОЛВОРИТЕЛЬНЫЙ:  $\mu_{US}(u)=1-u$ .

Для описания термов из левых частей правил в качестве универсума выберем единое дискретное множество  $U=\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ , являющееся, собственно, десятибалльной системой, согласно которой эксперты оценивают предоставленные им специалистами ТС структурированные посредством Microsoft Office Project данные об объёмах выполненных работ в рамках исполнения той или иной ФУ. Тогда для фаззификации выберем гауссовскую функцию вида (рис. 3)

$$\mu(u) = e^{-\frac{(u-10)^2}{\sigma^2}}, \quad (9)$$

где  $\sigma^2$  – плотность, являющаяся в данном случае «обучаемым» параметром. В виду того, что перечисленные выше 4 фактора объёма выполненных работ и компетенции экспертов-оценщиков считаются равнозначными, то в качестве величины  $\sigma^2$  выбрано единое для всех нечётких множеств из левых частей приведённых правил значение 16.

Теперь предположим, что по итогам исполнения  $i$ -ой функции управления какого-либо структурного подразделения вуза объём выполненных работ оценивается пятью экспертами (назовём их соответственно

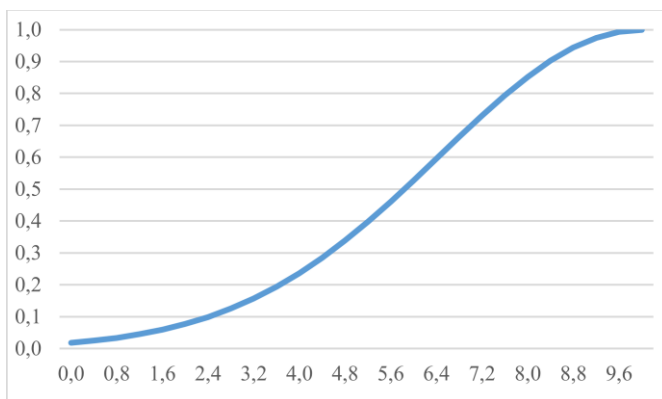


Рис. 3. Гауссовская функция принадлежности

$n_1, n_2, n_3, n_4$  и  $n_5$ ), которые вынесли свои оценки по каждой из составляющих объёма выполненных работ. Результаты комплексной оценки экспертов, характеризующих их отношение к объёму выполненных работ согласно критериям оценки: ВЫСОКИЙ (процент завершения), ПРОДОЛЖИТЕЛЬНАЯ (фактическая длительность в днях), БОЛЬШИЕ (фактические трудозатраты), В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (фактический расход материалов и

стоимость затратных ресурсов), представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты комплексной оценки объёма выполненных работ по итогам  $i$ -ой ФУ

№	Основные составляющие объёма выполненных работ	Оценки экспертов				
		$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$
1	Процент завершения работы	7	6	9	7	8
2	Фактическая длительность (или оставшаяся длительность) в днях	5	9	7	8	6
3	Фактические трудозатраты	8	4	10	6	5
4	Фактический расход материалов и стоимость затратных ресурсов	5	8	5	9	10

С учётом функции принадлежности (6) и оценок экспертов из табл. 3, термы из левых частей 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:

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

$$C = \frac{0,8521}{n_1} + \frac{0,2369}{n_2} + \frac{1,0000}{n_3} + \frac{0,5273}{n_4} + \frac{0,3679}{n_5}, \quad D = \frac{0,3679}{n_1} + \frac{0,8521}{n_2} + \frac{0,3679}{n_3} + \frac{0,9608}{n_4} + \frac{1,0000}{n_5}.$$

Тогда, определяя для левых частей правил  $d_1 - d_6$  функции принадлежности  $\mu_{M_i}(u)$  ( $i = 1 \div 6$ ) и соответствующие им нечёткие множества – пересечения,

$$\mu_{M_1}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}, \quad M_1 = \frac{0,2096}{u_1} + \frac{0,3679}{u_2} + \frac{0,5698}{u_3} + \frac{0,5698}{u_4} + \frac{0,3679}{u_5},$$

$$\mu_{M_2}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u)\}, \quad M_2 = \frac{0,2096}{u_1} + \frac{0,1054}{u_2} + \frac{0,5698}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{0,2096}{u_5},$$

$$\mu_{M_3}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u)\}, \quad M_3 = \frac{0,2096}{u_1} + \frac{0,1000}{u_2} + \frac{0,2096}{u_3} + \frac{0,368}{u_4} + \frac{0,2096}{u_5},$$

$$\mu_{M_4}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_C(u), \mu_D(u)\}, \quad M_4 = \frac{0,2096}{u_1} + \frac{0,1054}{u_2} + \frac{0,2096}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{0,2096}{u_5},$$

$$\mu_{M_5}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), 1 - \mu_D(u)\}, \quad M_5 = \frac{0,2096}{u_1} + \frac{0,1050}{u_2} + \frac{0,5698}{u_3} + \frac{0,06}{u_4} + \frac{0}{u_5},$$

$$\mu_{M_6}(u) = \min\{1 - \mu_A(u), 1 - \mu_C(u)\}, \quad M_6 = \frac{0,2212}{u_1} + \frac{0,6321}{u_2} + \frac{0,0000}{u_3} + \frac{0,4302}{u_4} + \frac{0,2212}{u_5}.$$

В итоге представим правила  $d_1 - d_6$  в ещё более компактном виде:

$d_1$ : «Если  $X=M_1$ , то  $Y=S$ »;  $d_2$ : «Если  $X=M_2$ , то  $Y=MS$ »;  $d_3$ : «Если  $X=M_3$ , то  $Y=F$ »;  
 $d_4$ : «Если  $X=M_4$ , то  $Y=VS$ »;  $d_5$ : «Если  $X=M_5$ , то  $Y=S$ »;  $d_6$ : «Если  $X=M_6$ , то  $Y=US$ ».

Для преобразования этих правил воспользуемся импликацией Лукасевича [6]:

$$\mu_H(u, j) = \min\{1, 1 - \mu_M(u) + \mu_Y(j)\}. \quad (10)$$

Тогда для каждой пары  $(u, j) \in U \times Y$  получим следующие нечёткие отношения на  $U \times Y$ :

	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
<b>R1=</b> 0,2096	0,7904	0,8904	0,9904	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3679	0,6321	0,7321	0,8321	0,9321	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,5698	0,4302	0,5302	0,6302	0,7302	0,8302	0,9302	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,5698	0,4302	0,5302	0,6302	0,7302	0,8302	0,9302	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3679	0,6321	0,7321	0,8321	0,9321	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

		0,0000	0,3162	0,4472	0,5477	0,6325	0,7071	0,7746	0,8367	0,8944	0,9487	1,0000
R2=	0,2096	0,7904	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,1054	0,8946	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,5698	0,4302	0,7464	0,8774	0,9779	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,3679	0,6321	0,9483	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,2096	0,7904	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R3=	0,2096	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	1,0000
	0,1054	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	0,8946	1,0000
	0,2096	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	1,0000
	0,3679	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	1,0000
	0,2096	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	1,0000
		0,00	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,00
R4=	0,2096	0,7904	0,8004	0,8304	0,8804	0,9504	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,1054	0,8946	0,9046	0,9346	0,9846	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,2096	0,7904	0,8004	0,8304	0,8804	0,9504	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,3679	0,6321	0,6421	0,6721	0,7221	0,7921	0,8821	0,9921	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,2096	0,7904	0,8004	0,8304	0,8804	0,9504	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
R5=	0,2096	0,7904	0,8904	0,9904	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,1054	0,8946	0,9946	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,5698	0,4302	0,5302	0,6302	0,7302	0,8302	0,9302	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,0606	0,9394	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
R6=	0,2212	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9788	0,8788	0,7788
	0,6321	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9679	0,8679	0,7679	0,6679	0,5679	0,4679	0,3679
	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,4302	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9698	0,8698	0,7698	0,6698	0,5698
	0,2212	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9788	0,8788	0,7788

В результате пересечения нечётких отношений, представленных в виде матриц  $R_i$  ( $i = 1 \div 6$ ), получим общее функциональное решение  $R$ , отражающее причинно-следственную связь между факторами влияния и общим объёмом выполненных работ согласно заданной ФУ:

		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
n1	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7788
n2	0,6321	0,7321	0,8321	0,8946	0,8946	0,8679	0,7679	0,6679	0,5679	0,4679	0,3679	0,3679
R= n3	0,4302	0,5302	0,6302	0,7302	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	1,0000
n4	0,4302	0,5302	0,6302	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,6321	0,5698
n5	0,6321	0,7321	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7904	0,7788

Далее, для определения консолидированных оценок экспертов применим правило композиционного вывода в нечёткой среде:

$$E_k = G_k \circ R, \quad (11)$$

где  $E_k$  – оценка  $k$ -го эксперта ( $n_k, k = 1 \div 5$ ) относительно объёма выполненных работ,  $G_k$  – отображение вывода  $k$ -го эксперта в виде нечёткого подмножества. Тогда, выбирая композиционное правило как

$$\mu_{E_k}(j) = \max_u \{ \min(\mu_{G_k}(u), \mu_R(u)) \} \quad (12)$$

и полагая, что  $\mu_{G_k}(u) = \begin{cases} 0, & u \neq u_k, \\ 1, & u = u_k, \end{cases}$  в итоге имеем:  $\mu_{E_k}(j) = \mu_R(u_k, j)$ , то есть  $E_k$  есть  $k$ -я

строка матрицы  $R$ .

Далее, для численного отражения экспертизы относительно объёма выполненных согласно ФУ работ применим процедуру дефазификации нечётких выходов применённой модели. Итак, согласно (11) – (12) нечёткой интерпретацией консолидированной оценки, например, эксперта  $n_2$  будет нечёткое множество:

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

Устанавливая уровневые множества  $E_{2\alpha}$  и вычисляя соответствующие им мощности

$M(E_{2\alpha})$  по формуле  $M(E_{2\alpha}) = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{n}$ , получим:

- для  $0 < \alpha < 0,3679$ :  $\Delta\alpha = 0,3679$ ,  $E_{2\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,50$ ;
- для  $0,3679 < \alpha < 0,4679$ :  $\Delta\alpha = 0,1$ ,  $E_{2\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,45$ ;
- для  $0,4679 < \alpha < 0,5679$ :  $\Delta\alpha = 0,1$ ,  $E_{2\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,40$ ;
- для  $0,5679 < \alpha < 0,6321$ :  $\Delta\alpha = 0,0642$ ,  $E_{2\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,35$ ;
- для  $0,6321 < \alpha < 0,6679$ :  $\Delta\alpha = 0,0358$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,40$ ;
- для  $0,6679 < \alpha < 0,7321$ :  $\Delta\alpha = 0,0642$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,35$ ;
- для  $0,7321 < \alpha < 0,7679$ :  $\Delta\alpha = 0,0358$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,40$ ;
- для  $0,7679 < \alpha < 0,8321$ :  $\Delta\alpha = 0,0642$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,2; 0,3; 0,4; 0,5\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,35$ ;
- для  $0,8321 < \alpha < 0,8679$ :  $\Delta\alpha = 0,0358$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,3; 0,4; 0,5\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,40$ ;
- для  $0,8679 < \alpha < 0,8946$ :  $\Delta\alpha = 0,0267$ ,  $E_{2\alpha} = \{0,3; 0,4\}$ ,  $M(E_{2\alpha}) = 0,35$ .

Для получения точечных оценок нечётких выходов  $E_k$  воспользуемся равенством

$$F(E_k) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(E_{k\alpha}) d\alpha, \quad (k = 1 \div 5), \quad (13)$$

где  $\alpha_{\max}$  – максимальное значение на  $E_k$  [6]. В данном случае имеем:

$$F(E_2) = \frac{1}{0,8946} \int_0^{0,8946} M(E_{2\alpha}) d\alpha = (0,5 \cdot 0,3679 + 0,45 \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,1 + 0,35 \cdot 0,0642 + 0,4 \cdot 0,0358 + 0,35 \cdot 0,0642 + 0,4 \cdot 0,0358 + 0,35 \cdot 0,0642 + 0,4 \cdot 0,0358 + 0,35 \cdot 0,0267) = 0,4344.$$

Аналогичными действиями устанавливаем точечные оценки и для остальных нечётких выходов, то есть оценок оставшихся экспертов:  $F E_1 = 0,4993$ ;  $F E_3 = 0,6468$ ;  $F E_4 = 0,5193$  и  $F E_5 = 0,5130$ . Тогда консолидированная экспертная оценка относительно объёма выполненных работ в рамках данной ФУ с учётом формулы (4) будет:

$$V = \frac{1}{5} \left( F(E_1) + F(E_2) + F(E_3) + F(E_4) + F(E_5) \right) = 0,5226.$$

В итоге, взвешенное значение объёма выполненных работ в рамках одной функции управления, с учётом рассчитанной в разд. 4 степени её важности ( $\alpha$ ), определим как

$$\alpha V = 0,418 \cdot 0,5226 = 0,2184.$$

## 6. Заключение

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 (6) с учётом наличия структурированных данных в виде денежных эквивалентов об общих расходах на функционирование вуза ( $C_t$ ) и на содержание профессорско-преподавательского и вспомогательного персонала ( $C_p$ ).

Тем не менее, проведённые вычисления и полученные на их основе численные результаты – это всего лишь апробация на фоне гипотетического примера предлагаемой нечёткой модели для расчёта показателя целенаправленности организационной структуры вуза.

Предлагаемая в статье методика оценки степеней важности функций управления и выполненных в их рамках объёмов работ является ещё одним шагом на пути формализации комплексной задачи оптимизации организационной структуры вуза через общую оценку её эффективности. В отличие от существующих методик она подразумевает использование экспертных оценок на самой ранней стадии анализа. Если, согласно существующим подходам, эксперты сами оценивали веса ФУ при ограничениях (3)–(4), то в предлагаемом варианте они оценивают исходные составляющие профиля каждой такой функции при тех же ограничениях. Очевидно, что при сформулированном подходе степень объективности оценки весов ФУ будет существенно выше.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асаул А.Н. Управление высшим учебным заведением в условиях национальной экономики / А.Н. Асаул, Б.М. Капаров; под ред. д.э.н., проф. А.Н. Асаула. – СПб.: Гуманистика, 2007. – 280 с.
2. Исследование и разработка организационных систем управления в высших учебных заведениях / В.Е. Ланкин, Г.В. Горелова, В.Д. Сербин [и др.]. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011. – 178 с.
3. Кострова В.Н. Оптимизация управления вузом на основе экспертно-мониторингового анализа структурно-функциональных компонентов образовательного процесса: автореф. дис. на соискание науч. степени доктора техн. наук / В.Н. Кострова. – Воронеж: ВГТУ, 2004. – 33 с.
4. Функции управления организацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/biznes/funkcii-upravleniya.html> (дата обращения 21.01.2016).
5. Контроль трудозатрат и управление сроками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dialektika.com/PDF/978-5-8459-1374-6/part.pdf> (дата обращения 02.03.2016).
6. Рзаев Р.Р. Аналитическая поддержка принятия решений в организационных системах / Рзаев Р.Р. – Город: Palmarium Academic Publishing, 2016. – 306 с.

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2017*