



УДК 519.769

М.ДЖ. МАРДАНОВ*, Р.Р. РЗАЕВ** *** ****, Н.С. ИБРАГИМОВ****, З.Р. ДЖАМАЛОВ**

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЙТИНГОВ УНИВЕРСИТЕТОВ НА ОСНОВЕ КОМПИЛЯЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ЛОГИЧЕСКОМ БАЗИСЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

*Институт математики и механики НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

**Институт систем управления НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

***Азербайджанский технический университет, г. Баку, Азербайджан

****Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан

*****Ленкоранский государственный Университет, г. Ленкорань, Азербайджан

Анотація. У статті пропонується методика конструктивної оцінки ефективності діяльності університетів із залученням безлічі критеріїв, скоригованих під регіональну специфіку. Дана безліч складається з 18 критеріїв і розбита на три розділи за ключовими показниками: «Потенціал», «Активність і якість освіти», «Міжнародне визнання». Деякі з них обчислюються як частки об'єктів або результатів діяльності університету певної якості щодо загального їх числа або обсягу. Інші показники носять виключно якісний характер, наприклад, такі як привабливість серед абітурієнтів та/або репутація серед роботодавців. Ряд показників є розрахунковими за тими чи іншими схемами, як, наприклад, рівень участі університету в міжнародних програмах. Інші представляють собою абсолютні значення вимірювань. Запропонована методика враховує той факт, що різні показники діяльності університетів мають різні ваги у визначенні їх рейтингу, а їх пріоритети повинні змінюватися в залежності від специфіки університету, його розміру, віку та ряду інших характеристик. У результаті такого аналізу проводиться не тільки ранжування університетів, але й намічається механізм його поступального розвитку. Виходячи з цих міркувань, у рамках зазначеної методики пропонується підхід до багатокритеріальної оцінки освітніх послуг і ранжування університетів, заснований на комбінованому застосуванні експертних оцінок і нейромережевого моделювання. Отримані на основі експертних висновків знання як зовнішнє ставлення до зважених сумарних оцінок університетів компілюються в ефективні внутрішні уявлення про них у логічному базисі тришарової feedforward нейронної мережі.

Ключові слова: рейтинг університету, експертна оцінка, коефіцієнт конкордації, компіляція знань, нейронна мережа.

Аннотация. В статье предлагается методика конструктивной оценки эффективности деятельности университетов с привлечением множества критериев, скорректированных под региональную специфику. Данное множество состоит из 18 критериев и разбито на три раздела по ключевым показателям: «Потенциал», «Активность и качество образования», «Международное признание». Некоторые из них вычисляются как доли объектов или результатов деятельности университета определённого качества относительно общего их числа или объёма. Другие показатели носят исключительно качественный характер, например, такие как привлекательность среди абитуриентов и/или репутация среди работодателей. Ряд показателей являются расчётными по тем или иным схемам, как, например, уровень участия университета в международных программах. Остальные представляют собой абсолютные значения измерений. Предлагаемая методика учитывает тот факт, что различные показатели деятельности университетов имеют разный вес в определении их рейтинга, а их приоритеты должны меняться в зависимости от специфики университета, его размера, возраста и ряда других характеристик. В результате подобного анализа производится не только ранжирование университетов, но и намечается механизм его поступального развития. Исходя из этих соображений, в рамках указанной методики предлагается подход к многокритериальной оценке образовательных услуг и ранжированию университетов, основанный на комбинированном применении экспертных оценок и нейросетевого моделирования. Полученные на основе экспертных заключений знания как внешние представления о взве-

шенных суммарных оценках университетов компилируются в эффективные внутренние представления о них в логическом базисе трёхслойной feedforward нейронной сети.

Ключевые слова: рейтинг университета, экспертная оценка, коэффициент конкордации, компиляция знаний, нейронная сеть.

Abstract. The article proposes a method of constructive assessment of the effectiveness of university activities involving a variety of criteria, adjusted for regional specificity. This set consists of 18 criteria and it is divided into three sections – according to the key indicators «Potential», «Activity and quality of education», «International recognition». Some of them are calculated as fractions of objects or results of the university activity of the certain quality relative to their total number or volume. Other indicators are exceptionally qualitative, such as attractiveness among applicants and/or reputation among employers. A number of indicators are calculated by various schemes, such as, for example, the level of university participation in international programs. The rest are absolute measurement values. The proposed methodology takes into account the fact that different indicators of university activities have different weights in determining their ranking, and their priorities should vary depending on the specifics of the university, its size, age and the number of other characteristics. As a result of such analysis, not only the ranking of universities is made, but also the mechanism of its progressive development is outlined. Based on these considerations, within the framework of this methodology, an approach to multi-criterion evaluation of educational services and ranking of universities based on the combined use of expert evaluations and neural network modeling is proposed. The knowledge obtained on the basis of expert opinions, as external representations of weighted total estimates of universities, is compiled into effective internal representations about them in the logical basis of a three-layer feedforward neural network.

Keywords: university rating, expert evaluation, coefficient of concordance, knowledge compilation, neural network.

1. Введение

Комплексный показатель качества образовательных услуг в университете отражает очень широкий спектр разнородных параметров, характеризующих степень соответствия образовательных программ, материально-техническое обеспечение учебного процесса, научно-методическую базу, кадровый состав и пр. Согласно Дж. фон Нейману, стремление получить адекватную модель для оценки слабоструктурированной системы, каковым, несомненно, является образовательный процесс в университете, теряет смысл, поскольку её сложность становится соизмеримой со сложностью самого процесса. Очевидно, что применение такой модели не может позволить относительно просто и наглядно интерпретировать механизм образовательного процесса, воспользоваться какими-либо формальными процедурами для исследования его характеристик и синтеза системы управления им. Более того, для образовательного процесса как сложной, открытой и динамически развивающейся системы применим принцип несовместимости Л. Заде [1], согласно которому невозможно получить точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о её текущем и будущем состояниях. Поэтому многими рейтинговыми агентствами статистический расчёт ключевых показателей качества образовательных услуг производился путём взвешенного суммирования их составляющих с заранее выбранными весами, для идентификации которых прибегают к применению экспертных систем, где основным ресурсом выступают эвристические знания профильных специалистов.

Обычно экспертные системы обоснованно критикуют за то, что они не отражают причинно-следственные связи [2]. Аналитический же подход к оценке альтернатив позволяет сравнивать альтернативы посредством индекса, обобщающего в себе относительное влияние конечного числа факторов в виде многофакторной функции вида $F = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Тем не менее, в условиях отсутствия достаточного объёма количественных данных, формирующих числовое представление об оцениваемых показателях, информацию о критериях оценки, информацию о предпочтениях, применяемые в принятии решений эконометрические модели вида F страдают сложностью обеспечения теку-

щими источниками данных факторов. Поэтому рабочую модель целесообразно представлять в виде «чёрного ящика», входы и выходы которого определяются экспертными оценками.

Исходя из последней парадигмы, в статье рассматривается подход к оценке качества образовательных услуг, основанный на компиляции экспертных знаний в логическом базисе многослойной нейронной сети.

Основной целью исследования является создание адаптивной методики для конструктивной оценки эффективности деятельности вузов посредством компиляции экспертных знаний в логическом базисе нейронной сети с привлечением многочисленных критериев, которые соответствуют региональной специфике.

2. Постановка задачи

Пусть $X = \{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}\}$ представляет собой совокупность факторов влияния (ФВ) на ключевые показатели (КП) $y_k (k = 1 \div r)$, характеризующие качество образовательных услуг альтернативных университетов из определённого набора $A = \{a_1, a_2, \dots, a_s\}$. Для согласованного отбора ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$ привлекаются m профильных специалистов, каждый из которых к тому же формирует ранговую оценку отобранного i -го фактора в виде r_{ij} и соответствующее ему нормированное значение оценки обобщённого веса ФВ в виде α_{ij} так, чтобы для каждого $j = 1 \div m$ выполнялось следующее равенство:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} = 1. \quad (1)$$

В этом случае оценку ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n; k = 1 \div r)$ следует осуществить на основе двух методов анализа: сравнительную качественную оценку – методом простого ранжирования (или методом предпочтений экспертов) и количественную оценку – методом задания соответствующих весовых коэффициентов. Исходя из этих предпосылок, необходимо определить степень согласованности экспертных оценок относительно приоритетности ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$, идентифицировать их обобщённые веса и инициировать вывод взвешенного суммарного индекса университета, теоретически располагающегося в пределах, например, отрезка $[0; 100]$. Для согласованной компиляции (consistent compilation) причинно-следственных связей между ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$ и КП $y_k (k = 1 \div r)$, а далее суммарными индексами университетов или, другими словами, с целью компиляции приобретённых знаний (knowledge compilation) путём перевода внешнего представления знаний о взвешенных суммарных оценках университетов, полученных на основе экспертных заключений, в эффективное (адекватное) внутреннее представление, необходимо разработать аналитическую модель в логическом базисе многослойной feedforward нейронной сети.

3. Предварительный экспертный анализ относительного влияния факторов

Предварительный анализ влияния ФВ, отражающих качество образовательных услуг, включает: 1) отбор собственно ФВ, оказывающих существенное влияние; 2) идентификацию обобщённых весов для отобранных ФВ, исходя из их относительного влияния; 3) формирование КП образовательных услуг и, соответственно, взвешенных суммарных индексов – рейтингов университетов.

Для установления ранговых оценок ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$, оказывающих относительное влияние на соответствующие ключевые показатели университетов, привлекаются экспер-

ты, которым предлагается ранжировать переменную x_{ki} по следующему принципу: наиболее важную индексировать цифрой «1», следующую, менее важную, – цифрой «2» и далее по убыванию в порядке предпочтения эксперта. Полученные таким образом ранговые оценки суммируются и оцениваются на согласованность.

Для определения степени согласованности экспертных заключений относительно приоритетности ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$, как правило, применяется коэффициент конкордации Кендалла, демонстрирующий множественную ранговую корреляцию экспертных мнений. Согласно [3], этот коэффициент вычисляется по формуле

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2)$$

где m – число привлечённых экспертов, n – число ФВ, S – отклонение экспертных заключений от среднего значения ранжирования ФВ $x_i (i = 1 \div n)$, которое вычисляется как [4]

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2, \quad (3)$$

где $r_{ij} \in \{1, 2, \dots, n\}$ – ранг i -го фактора влияния, установленный j -ым экспертом.

На предварительном этапе независимого анкетирования каждому из приглашённых экспертов также предлагается с учётом (1) установить значения нормированных оценок обобщённых весов ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$ в виде α_{ij} , которые используются для последующей идентификации весов переменных $x_{ki} (i = 1 \div n)$. Вначале рассчитываются групповые оценки ФВ и числовые характеристики (степени) компетентности экспертов. В частности, чтобы вычислить среднюю величину α_i по i -ой группе нормированных оценок обобщённых весов ФВ $x_{ki} (i = 1 \div n)$, применяется равенство

$$\alpha_i(t+1) = \sum_{j=1}^m w_j(t) \alpha_{ij}, \quad (4)$$

где $w_j(t)$ – коэффициент, характеризующий степень компетентности j -го эксперта ($j = 1 \div m$) на момент времени t . Как видно из (4), процесс нахождения групповых оценок нормированных значений обобщённых весов ФВ является итерационным и завершается при выполнении условия

$$\max_i \{ |\alpha_i(t+1) - \alpha_i(t)| \} \leq \varepsilon, \quad (5)$$

где ε – допустимая точность расчётов, которая устанавливается заблаговременно. В рассматриваемых ниже примерах точность выбрана единой для всех случаев, а именно как $\varepsilon = 0,0001$.

Показатели компетентности экспертов $w_j(t) (j = 1 \div m)$ на момент времени t вычисляются на основании следующих равенств:

$$\begin{cases} w_j(t) = \frac{1}{\eta(t)} \sum_{i=1}^n \alpha_i(t) \cdot \alpha_{ij} \quad (j = \overline{1, m-1}), \\ w_m(t) = 1 - \sum_{j=1}^{m-1} w_j(t), \quad \sum_{j=1}^m w_j(t) = 1, \end{cases} \quad (6)$$

где $w_j(t)$ – показатель компетентности j -го эксперта в t -ом приближении, а $\eta(t)$ – нормирующий множитель, вычисляемый по формуле

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i(t) \alpha_{ij}. \quad (7)$$

4. Ранжирование университетов на основе экспертных оценок ФВ

Каждый альтернативный университет a_r ($r = 1 \div s$) из совокупности A характеризуется комбинированной системой различных (в том числе и по природе) показателей, отражающих качество образовательных услуг. Поэтому ранжирование университетов из заявленной совокупности A осуществляется посредством количественных оценок факторов, оказывающих на ключевые показатели существенное влияние. При этом рейтинг университета как консолидированный индикатор его оценки агрегирует относительное влияние рассматриваемого числа ФВ посредством взвешенного суммирования их экспертных оценок. Согласно рекомендациям, вытекающим из международного стандарта ISO 9001:2015 (ISO – International Organization for Standardization) [4, 5], под качеством образовательного бизнес-процесса понимается способность основных его свойств отвечать требованиям участников процесса. При этом основными составляющими показателями здесь являются качество целей образовательного бизнес-процесса; качество средств и условий достижения целей образовательного процесса; качество конечного результата образовательного процесса.

Исходя из этих соображений, нами был выбран набор ФВ, характеризующих деятельность университета по трём основным КП: «Потенциал», «Активность и качество образования» и «Международное признание», который был также использован нами в [6] для оценки деятельности университетов посредством применения техники нечёткого вывода.

На стадии предварительной экспертизы оценка приоритетности и нормированных значений обобщённых весов ФВ x_{ki} ($i = 1 \div n$), список которых в составах, обозначенных выше КП y_k ($k = 1 \div 3$), представлен в табл. 1, осуществляется путём независимого анкетирования специально приглашённых для этого трёх групп профильных специалистов, например, по 15 экспертов в каждой.

Таблица 1 – Ключевые показатели образовательного бизнес-процесса и факторы влияния

x_1 – «Потенциал»		x_2 – «Активность и качество образования»		x_3 – «Международное признание»	
x_{11}	Квалификация научно-педагогических кадров	x_{21}	Подготовка бакалавров и магистров	x_{31}	Привлечённые зарубежные специалисты
x_{12}	Перспективность кадрового обеспечения	x_{22}	Подготовка докторантов	x_{32}	Членство в международных организациях
x_{13}	Членство в структуре Академии наук	x_{23}	Эффективность специализированных советов	x_{33}	Уровень участия в международных программах
x_{14}	Обладатели международных, государственных наград, почётных званий и т.п.	x_{24}	Привлекательность со стороны абитуриентов	x_{34}	Выигранные гранты (за последние 2 года)
x_{15}	Материально-техническая база (материально-техническое обеспечение)	x_{25}	Репутация среди работодателей	x_{35}	Число обучающихся иностранных студентов и студентов, обучающихся за рубежом

x_{16}	Социально-культурная база (в том числе обеспеченность общежитиями и спортивными площадками)	x_{26}	Качество исследований (апробация научных результатов в стране и за рубежом)		
		x_{27}	Трудоустройство выпускников		

4.1. Идентификация обобщённых весов ФВ для ключевого показателя «Потенциал»

Пусть на этапе предварительной экспертизы путём независимого анкетирования 15-ти экспертов из профильной группы получены ранговые оценки r_{ij} ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$) для ключевого показателя x_1 «Потенциал», которые сведены в табл. 2. В данном случае, то есть при $n = 6$ и $m = 15$, коэффициентом конкордации, рассчитанным по формуле (2), при величине $S = 2751,5$, вычисленной на основании (3) и данных из табл. 2, будет число $W = 12 \cdot 2751,5 / [15^2(6^3 - 6)] = 0,6988$. Величина W существенно превышает ключевой порог согласованности в размере 0,6, что свидетельствует о достаточно приемлемом уровне согласованности экспертных оценок по шестибальной системе оценивания приоритетности ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$).

На предварительном этапе независимого анкетирования каждому эксперту было также поручено установить значения нормированных оценок обобщённых весов ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$) в виде α_{ij} , не нарушая условия (1). По результатам проведённого анкетирования выставленные экспертами значения также сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Экспертные оценки рангов и нормированных значений весов ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$)

Эксперты	Обозначение и индексация ФВ											
	x_{11}		x_{12}		x_{13}		x_{14}		x_{15}		x_{16}	
	Оценки приоритетности (r_{ij}) и нормированных значений обобщённых весов (α_{ij})											
	r_{1j}	α_{1j}	r_{2j}	α_{2j}	r_{3j}	α_{3j}	r_{4j}	α_{4j}	r_{5j}	α_{5j}	r_{6j}	α_{6j}
01	1	0,300	2	0,250	3	0,150	4	0,125	5	0,100	6	0,075
02	1	0,350	3	0,175	2	0,200	5	0,100	4	0,150	6	0,025
03	2	0,300	1	0,350	4	0,100	3	0,150	5	0,075	6	0,025
04	1	0,250	3	0,175	2	0,200	4	0,150	6	0,100	5	0,125
05	2	0,250	1	0,300	4	0,150	3	0,200	5	0,075	6	0,025
06	1	0,400	4	0,125	2	0,200	3	0,150	6	0,025	5	0,100
07	1	0,275	2	0,250	3	0,200	4	0,175	6	0,025	5	0,075
08	2	0,250	3	0,200	4	0,175	1	0,300	5	0,050	6	0,025
09	1	0,450	2	0,250	4	0,100	3	0,125	5	0,050	6	0,025
10	3	0,200	1	0,300	2	0,275	4	0,100	5	0,075	6	0,050
11	1	0,500	2	0,200	6	0,025	4	0,075	3	0,150	5	0,050
12	1	0,450	2	0,200	6	0,025	4	0,100	5	0,075	3	0,150
13	2	0,250	1	0,300	3	0,200	4	0,100	6	0,025	5	0,125
14	1	0,250	2	0,200	5	0,125	4	0,150	3	0,175	6	0,100
15	1	0,500	2	0,250	5	0,050	3	0,100	4	0,075	6	0,025
Σ	21	4,975	31	3,525	55	2,175	53	2,100	73	1,225	82	1,000

На основании данных, представленных в табл. 3, проведём предварительные расчёты для идентификации обобщённых весов ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$). Так, полагая на начальном эта-

пе $t = 0$ степень компетентности экспертов единой и равной $w(0) = 1/15$, определим средние значения нормированных оценок обобщённых весов ФВ x_{ij} по всем группам $i = 1 \div 6$, которые в 1-ом приближении находятся по формуле (4) в виде $\alpha_i(1) = \sum_{j=1}^{15} w_j(0)\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^{15} \alpha_{ij}/15$. В результате искомыми оценками будут являться следующие числа: $\alpha_1(1)=0,33167$; $\alpha_2(1)=0,23500$; $\alpha_3(1)=0,14500$; $\alpha_4(1)=0,14000$; $\alpha_5(1)=0,08167$; $\alpha_6(1)=0,06667$. Не трудно заметить, что при $\varepsilon = 0,0001$ требование (5) для 1-го приближения не выполняется. Поэтому, чтобы перейти на следующий этап итерации, вычислим нормирующий множитель $\eta(1)$ по формуле (7) в виде

$$\eta(1) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(1)\alpha_{ij} = 0,33167 \cdot 4,9750 + 0,23500 \cdot 3,5250 + 0,14500 \cdot 2,1750 + \\ + 0,14000 \cdot 2,1000 + 0,08167 \cdot 1,2250 + 0,06667 \cdot 1,0000 = 3,2545.$$

Тогда, на основании формулы (6) показатели компетентности экспертов корректируются с учётом следующих равенств:

$$w_j(1) = \frac{1}{\eta(1)} \sum_{i=1}^6 \alpha_i(1)\alpha_{ij}; \quad w_{15}(1) = 1 - \sum_{j=1}^{14} w_j(1) \quad (j = 1 \div 14).$$

В результате данной коррекции получены соответствующие значения показателей компетентности экспертов: $w_1(1)=0,0647$; $w_2(1)=0,0658$; $w_3(1)=0,0691$; $w_4(1)=0,0585$; $w_5(1)=0,0648$; $w_6(1)=0,0678$; $w_7(1)=0,0647$; $w_8(1)=0,0624$; $w_9(1)=0,0755$; $w_{10}(1)=0,0615$; $w_{11}(1)=0,0745$; $w_{12}(1)=0,0707$; $w_{13}(1)=0,0635$; $w_{14}(1)=0,0584$; $w_{15}(1)=0,0779$.

В этом случае средними значениями групповых нормированных оценок весов ФВ x_{ij} во 2-ом приближении, рассчитанных в виде $\alpha_i(2) = \sum_{j=1}^{15} w_j(1)\alpha_{ij}$, будут числа: $\alpha_1(2)=0,33934$; $\alpha_2(2)=0,23531$; $\alpha_3(2)=0,14063$; $\alpha_4(2)=0,13815$; $\alpha_5(2)=0,08119$; $\alpha_6(2)=0,06538$.

Проверяя эти значения на выполнение условия (5) и убедившись, что оно вновь не выполняется, а именно:

$$\max_i \{|\alpha_i(2) - \alpha_i(1)|\} = \max \{ |0,33934 - 0,33167|; |0,23531 - 0,23500|; |0,14063 - 0,14500|; \\ |0,13815 - 0,14000|; |0,08119 - 0,08167|; |0,06538 - 0,06667| \} = 0,00767 > \varepsilon,$$

приступим к вычислению нормирующего множителя $\eta(2)$:

$$\eta(2) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(2)\alpha_{ij} = 0,33934 \cdot 4,975 + 0,23531 \cdot 3,525 + 0,14063 \cdot 2,175 + \\ + 0,13815 \cdot 2,100 + 0,08119 \cdot 1,225 + 0,06538 \cdot 1,000 = 3,2785.$$

В этом случае соответствующими показателями компетентности экспертов $w_j(2)$ ($j = 1 \div 15$) уже будут: $w_1(2)=0,0647$; $w_2(2)=0,0658$; $w_3(2)=0,0691$; $w_4(2)=0,0583$; $w_5(2)=0,0646$; $w_6(2)=0,0679$; $w_7(2)=0,0645$; $w_8(2)=0,0621$; $w_9(2)=0,0758$; $w_{10}(2)=0,0611$; $w_{11}(2)=0,0751$; $w_{12}(2)=0,0711$; $w_{13}(2)=0,0633$; $w_{14}(2)=0,0582$; $w_{15}(2)=0,0784$. Тогда, полагая на основании (3) $\alpha_i(3) = \sum_{j=1}^{15} w_j(2)\alpha_{ij}$, получим средние значения нормированных оценок

ФВ x_{ij} по группам $i = 1 \div 6$ в 3-ем приближении в виде следующих чисел: $\alpha_1(3)=0,33975$; $\alpha_2(3)=0,23525$; $\alpha_3(3)=0,14037$; $\alpha_4(3)=0,13804$; $\alpha_5(3)=0,08123$; $\alpha_6(3)=0,06537$.

Как видно из

$$\max_i \{|\alpha_i(3) - \alpha_i(2)|\} = \max\{ |0,3398 - 0,3393|; |0,2352 - 0,2353|; |0,1404 - 0,1406|; |0,1380 - 0,1381|; |0,0812 - 0,0812|; |0,0654 - 0,0654| \} = 0,0004 > \varepsilon,$$

условие (5) вновь не выполняется. Поэтому переходим к следующей итерации, то есть к вычислению нормирующего множителя:

$$\eta(3) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(3) \alpha_{ij} = 0,3398 \cdot 4,975 + 0,2352 \cdot 3,525 + 0,1404 \cdot 2,175 + 0,1380 \cdot 2,100 + 0,0812 \cdot 1,225 + 0,0654 \cdot 1,000 = 3,2796,$$

благодаря которому новыми показателями компетентности экспертов будут числа: $w_1(3)=0,0647$; $w_2(3)=0,0658$; $w_3(3)=0,0692$; $w_4(3)=0,0583$; $w_5(3)=0,0646$; $w_6(3)=0,0679$; $w_7(3)=0,0645$; $w_8(3)=0,0621$; $w_9(3)=0,0759$; $w_{10}(3)=0,0611$; $w_{11}(3)=0,0751$; $w_{12}(3)=0,0711$; $w_{13}(3)=0,0633$; $w_{14}(3)=0,0583$; $w_{15}(3)=0,0781$.

Тогда, с учётом (3), а точнее его частного выражения $\alpha_i(4) = \sum_{j=1}^{15} w_j(3) \alpha_{ij}$, получим окончательные средние по группам $i = 1 \div 6$ нормированные оценки обобщённых весов ФВ x_{ij} в 4-ом приближении: $\alpha_1(4)=0,33972$; $\alpha_2(4)=0,23524$; $\alpha_3(4)=0,14038$; $\alpha_4(4)=0,13804$; $\alpha_5(4)=0,08123$; $\alpha_6(4)=0,06538$, как видно из следующего:

$$\max_i \{|\alpha_i(4) - \alpha_i(3)|\} = \max\{ |0,33972 - 0,33975|; |0,23524 - 0,23525|; |0,14038 - 0,14037|; |0,13804 - 0,13804|; |0,08123 - 0,08123|; |0,06538 - 0,06537| \} = 0,000028 < \varepsilon,$$

условие (5) уже выполняется. Другими словами, средние значения нормированных оценок весов ФВ x_{ij} по группам $i = 1 \div 6$ в 4-ом приближении, то есть числа $\{\alpha_i(4)\}$ ($i = 1 \div 6$) будем считать обобщёнными весами ФВ x_{1i} ($i = 1 \div 6$).

4.2. Идентификация обобщённых весов ФВ для ключевого показателя «Активность и качество образования»

Как и в предыдущем случае, результаты предварительной экспертизы ФВ x_{2i} ($i = 1 \div 7$) по ключевому показателю x_2 – «Активность и качество образования», проведённой усилиями другой группы 15-ти профильных специалистов, сведены в табл. 3. При $n = 7$ и $m = 15$ коэффициентом конкордации Кендалла при величине отклонения экспертных заключений от среднего значения ранжирования $S = 3992$, вычисленной на основании (3) и данных из табл. 3, будет число $W = 12 \cdot 3992 / [15^2(7^3 - 7)] = 0,6337$, которое в силу $W > 0,6$ отражает приемлемость согласованности экспертных оценок приоритетности ФВ x_{2i} ($i = 1 \div 7$), проведённой по семибалльной системе оценивания.

Таблица 3 – Экспертные оценки рангов и нормированных значений весов ФВ x_{2i} ($i = 1 \div 7$)

Эксперты	Обозначение и индексация ФВ													
	x_{21}		x_{22}		x_{23}		x_{24}		x_{25}		x_{26}		x_{27}	
	Оценки приоритетности (r_{ij}) и нормированных значений обобщённых весов (α_{ij})													
	r_{1j}	α_{1j}	r_{2j}	α_{2j}	r_{3j}	α_{3j}	r_{4j}	α_{4j}	r_{5j}	α_{5j}	r_{6j}	α_{6j}	r_{7j}	α_{7j}
01	1	0,300	2	0,250	3	0,150	4	0,125	5	0,100	6	0,050	7	0,025
02	2	0,200	3	0,150	1	0,400	4	0,100	5	0,075	6	0,050	7	0,025
03	1	0,250	2	0,200	3	0,175	5	0,125	4	0,150	6	0,075	7	0,025
04	1	0,350	2	0,250	3	0,150	4	0,100	5	0,075	7	0,025	6	0,050
05	3	0,200	4	0,150	2	0,205	1	0,250	5	0,100	6	0,070	7	0,025
06	2	0,175	3	0,125	4	0,100	5	0,075	1	0,450	6	0,050	7	0,025
07	2	0,225	1	0,250	3	0,200	5	0,100	4	0,175	7	0,015	6	0,035
08	4	0,100	5	0,075	3	0,150	2	0,250	1	0,350	6	0,050	7	0,025
09	1	0,450	2	0,250	6	0,035	4	0,075	5	0,050	3	0,125	7	0,015
10	2	0,225	3	0,200	4	0,175	5	0,100	6	0,035	1	0,250	7	0,015
11	3	0,150	2	0,250	1	0,350	4	0,100	7	0,025	6	0,050	5	0,075
12	1	0,500	2	0,200	3	0,125	6	0,035	5	0,050	4	0,075	7	0,015
13	1	0,350	2	0,250	3	0,125	5	0,075	4	0,100	6	0,065	7	0,035
14	2	0,225	3	0,200	1	0,275	5	0,075	4	0,150	6	0,050	7	0,025
15	1	0,450	2	0,150	5	0,075	3	0,125	4	0,100	6	0,065	7	0,035
Σ	27	4,150	38	2,950	45	2,690	62	1,710	65	1,985	82	1,065	101	0,450

Путём аналогичных действий, представленных в разд. 4.1, а также в полном соответствии с техникой экспертной оценки, рассмотренной в разд. 3, идентифицированы обобщённые веса факторов ключевого показателя «Активность и качество образования» в 4-ом приближении в виде следующих чисел: $\alpha_1(4)=0,28770$; $\alpha_2(4)=0,20001$; $\alpha_3(4)=0,17630$; $\alpha_4(4)=0,11022$; $\alpha_5(4)=0,12519$; $\alpha_6(4)=0,07068$; $\alpha_7(4)=0,02990$.

4.3. Идентификация обобщённых весов ФВ для ключевого показателя «Международное признание»

Результаты предварительной экспертизы ФВ x_{3i} ($i = 1 \div 5$) по ключевому показателю x_3 – «Международное признание», проведённой 3-ей группой профильных специалистов, сведены в табл. 4. При $n = 5$ и $m = 15$ коэффициентом конкордации Кендалла при величине отклонения экспертных заключений от среднего значения ранжирования $S = 1448$, вычисленной на основании (3) и данных из табл. 4, будет $W = 12 \cdot 1448 / [15^2(5^3 - 5)] = 0,6436$, которое является приемлемым с точки зрения согласованности экспертных оценок по пятибалльной системе оценивания приоритетности ФВ x_{3i} ($i = 1 \div 5$).

Путём аналогичных действий, проведённых в разд. 4.1, а также в полном соответствии с техникой экспертной оценки, рассмотренной в разд. 3, идентифицированы обобщённые веса факторов ключевого показателя «Международное признание» в 4-ом приближении в виде следующих чисел: $\alpha_1(4)=0,29642$; $\alpha_2(4)=0,26484$; $\alpha_3(4)=0,16573$; $\alpha_4(4)=0,15367$; $\alpha_5(4)=0,11933$.

Таблица 4 – Экспертные оценки рангов и нормированных значений весов ФВ x_{3i} ($i = 1 \div 5$)

Эксперты	Обозначение и индексация ФВ									
	x_{31}		x_{32}		x_{33}		x_{34}		x_{35}	
	Оценки приоритетности (r_{ij}) и нормированных значений обобщённых весов (α_{ij})									
	r_{1j}	α_{1j}	r_{2j}	α_{2j}	r_{3j}	α_{3j}	r_{4j}	α_{4j}	r_{5j}	α_{5j}
01	1	0,300	2	0,250	3	0,175	4	0,150	5	0,125
02	1	0,450	3	0,175	2	0,200	5	0,075	4	0,100
03	2	0,225	1	0,250	4	0,175	3	0,200	5	0,150
04	1	0,300	3	0,250	2	0,275	4	0,100	5	0,075
05	2	0,200	1	0,400	4	0,125	3	0,175	5	0,100
06	1	0,250	4	0,175	2	0,225	3	0,200	5	0,150
07	1	0,300	2	0,250	3	0,175	5	0,125	4	0,150
08	2	0,275	3	0,150	4	0,125	1	0,350	5	0,100
09	1	0,300	2	0,250	4	0,125	3	0,175	5	0,150
10	3	0,150	1	0,450	2	0,200	4	0,125	5	0,075
11	1	0,500	2	0,250	5	0,025	4	0,075	3	0,150
12	1	0,250	2	0,225	4	0,175	3	0,200	5	0,150
13	2	0,300	1	0,350	3	0,250	4	0,075	5	0,025
14	1	0,350	2	0,300	5	0,075	4	0,125	3	0,150
15	1	0,250	2	0,225	4	0,175	3	0,200	5	0,150
Σ	21	4,400	31	3,950	51	2,500	53	2,350	69	1,800

4.4. Идентификация обобщённых весов КП образовательного процесса

Для идентификации обобщённых весов КП y_k ($k = 1 \div 3$), характеризующих образовательный процесс в университетах в целом по трём направлениям, также привлекается независимая группа экспертов, которые, как и в предыдущих трёх случаях, представляют свои ранговые оценки r_{kj} и нормированные оценки их обобщённых весов α_{kj} с учётом (1). Результаты предварительной экспертизы представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Экспертные оценки рангов и нормированных значений весов КП y_k ($k = 1 \div 3$)

Эксперты	Оцениваемые КП, их ранговые оценки (r_{kj}) и нормированные оценки их обобщённых весов (α_{kj})					
	y_1 – «Потенциал»		y_2 – «Активность и качество образования»		y_3 – «Международное признание»	
	r_{1j}	α_{1j}	r_{2j}	α_{2j}	r_{3j}	α_{3j}
01	1	0,400	2	0,350	3	0,250
02	1	0,450	3	0,150	2	0,400
03	1	0,500	2	0,300	3	0,200
04	1	0,450	3	0,150	2	0,400
05	1	0,500	2	0,350	3	0,150
06	1	0,400	3	0,250	2	0,350
07	1	0,600	2	0,250	3	0,150
08	1	0,700	2	0,200	3	0,100
09	1	0,500	2	0,400	3	0,100
10	2	0,400	1	0,450	3	0,150
11	1	0,500	2	0,300	3	0,200
12	1	0,550	2	0,250	3	0,200
13	1	0,400	3	0,250	2	0,350
14	1	0,550	2	0,250	3	0,200

15	1	0,400	2	0,350	3	0,250
Σ	16	7,300	33	4,250	41	3,450

При $n = 3$ и $m = 15$ коэффициентом конкордации Кендалла при величине отклонения экспертных заключений от среднего значения ранжирования $S = 326$, вычисленной на основании (3) и данных из табл. 5, будет $W = 12 \cdot 326 / [15^2(3^3 - 3)] = 0,7244$. Значение W также является приемлемым с точки зрения согласованности экспертных оценок по трёхбалльной системе оценивания приоритетности КП y_k ($k = 1 \div 3$). Это послужило основанием для идентификации обобщённых весов уже в привычной манере и получения в 4-ом приближении их соответствующих значений: $\alpha_1(4) = 0,49146$; $\alpha_2(4) = 0,28280$; $\alpha_3(4) = 0,22575$.

5. Формирование взвешенных индексов образовательных услуг в университетах

Метод экспертных оценок предполагает обсуждение факторов на предмет их влияния на уровни ключевых показателей и рейтинги университетов в целом. Каждому из приглашённых экспертов предлагается в индивидуальном порядке оценить степень влияния факторов x_{ki_k} ($k = 1 \div 3$; $i_1 = 1 \div 6$; $i_2 = 1 \div 7$; $i_3 = 1 \div 5$) на ключевые показатели y_k и, соответственно, влияние показателей y_k на значения индексов образовательных услуг в альтернативных университетах из конечного множества $A = \{a_1, a_2, \dots, a_s\}$ по пятибалльной шкале: 5 – ЧЕРЕСЧУР СИЛЬНОЕ; 4 – СУЩЕСТВЕННО СИЛЬНОЕ; 3 – СИЛЬНОЕ; 2 – СЛАБОЕ; 1 – НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ; 0 – ЧЕРЕСЧУР СЛАБОЕ.

Полученные таким образом экспертные оценки подвергаются анализу на предмет их согласованности (или противоречивости) по правилу: максимально допустимая разница между двумя экспертными заключениями по любому из ФВ x_{ki_k} не должна превышать 3.

Данное правило позволяет отфильтровать недопустимые отклонения в экспертных оценках альтернатив по каждому конкретному фактору влияния и ключевому показателю.

Вывод суммарной взвешенной оценки k -го ключевого показателя y_k ($k = 1, 2, 3$), теоретически располагающегося в пределах от 0 до 100, осуществляется посредством следующего критерия оценки:

$$C_k = \frac{\sum_{i_k=1}^n \alpha_{i_k} e_{ki_k}}{\max_{i_k} \sum_{i_k=1}^n \alpha_{i_k} e_{ki_k}} \times 100, \quad n = 6, 7, 5, \quad (8)$$

где α_{i_k} – обобщённый весовой коэффициент i_k -го фактора влияния, e_{ki_k} – экспертная оценка степени влияния фактора на ключевой показатель по пятибалльной шкале. При этом максимальный индекс означает консолидированно чересчур сильное влияние всех факторов.

На основе применения критерия оценки (8) в табл. 6 представлены 50 альтернативных сценариев консолидированных экспертных оценок на предмет влияния факторов x_{ki_k} на соответствующие КП y_k ($k = 1, 2, 3$) в гипотетических университетах.

Вывод окончательного рейтинга j -го университета ($j = 1 \div 50$), теоретически располагающегося в пределах от 0 до 100, осуществляется посредством взвешенного суммирования в следующем виде:

рая взвешенно суммирует консолидированные экспертные оценки относительного влияния КП y_k ($k = 1 \div 3$). Данная ИМ является отражением трёх других:

- ИМ₁ КП «Потенциал» – $\{(x_{11}^j, x_{12}^j, x_{13}^j, x_{14}^j, x_{15}^j, x_{16}^j) \rightarrow y_{1j}\}_{j=1}^{50}$;
- ИМ₂ КП «Активность и качество образования» – $\{(x_{21}^j, x_{22}^j, x_{23}^j, x_{24}^j, x_{25}^j, x_{26}^j, x_{27}^j) \rightarrow y_{2j}\}_{j=1}^{50}$;
- ИМ₃ КП «Международное признание» – $\{(x_{31}^j, x_{32}^j, x_{33}^j, x_{34}^j, x_{35}^j) \rightarrow y_{3j}\}_{j=1}^{50}$.

Мы исходим из того, что экспертные оценки относительного влияния величин ФВ на КП и, соответственно, КП на итоговый рейтинг университета не вызывают сомнения. Тогда предполагаемые многофакторные функции F_k , как отражающие причинно-следственные связи в рамках ИМ_k ($k = 1, 2, 3$), можно аппроксимировать трёхслойными feedforward нейронными сетями (рис. 1), индуцирующими на своих выходах сигналы вида

$$z_j = \sum_{p=1}^m c_p \varphi \left[\sum_{i=1}^r w_{pi} x_{ij} - \theta_p \right] \quad (j = 1 \div 50), \quad (10)$$

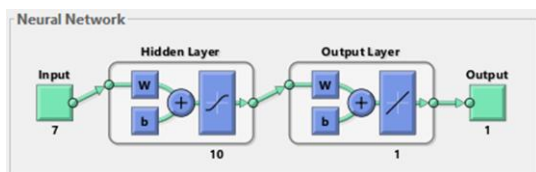


Рисунок 1 – Трёхслойная feedforward нейронная сеть в нотации пакета MATLAB

где r – число компонентов входного вектора, m – число нелинейных нейронов в «скрытом» слое, подбираемом пользователем в процессе симуляции методом проб и ошибок, w_{pi} и c_p – веса входных и выходных синоптических связей, соответственно, θ_p – порог (смещение) p -го нелинейного нейрона из «скрытого» слоя, $\varphi(\cdot)$ – функция активации

нелинейного нейрона из «скрытого» слоя, например, сигмоидального типа $\varphi(t) = 1 / (1 + e^{-t})$.

На вход нейронной сети net_k ($k = 1 \div 3$), компилирующей знания относительно k -го КП, поступают сигналы в виде значений из отрезка $[0; 5]$, как вектор входа с компонентами по числу ФВ. Это необходимо, чтобы для каждого $k = 1 \div 3$ аппроксимировать непрерывные функции $F_k : R^n \rightarrow R^1$ ($n = 6, 7, 5$), представленные в виде таблиц (см. табл. 6). То же самое необходимо и для компиляции знаний относительно обобщённого индекса образовательных услуг (рейтинга университета), а именно, чтобы аппроксимировать непрерывную функцию $F : R^3 \rightarrow R^1$, представленную в табличном виде (табл. 6).

Для каждого случая единственный выход нейронной сети net_k ($k = 1 \div 3$) должен представлять величину соответствующего КП. В частности, чтобы работать правильно для аппроксимации функции $F_2 : R^7 \rightarrow R^1$, описывающей КП «Активность и качество образования», нейронная сеть net_2 должна ответить, например, значением 8,31 в положении входного вектора (0,41; 0,17; 0,41; 0,02; 0,86; 0,95; 0,52) (см. сценарий 02 в табл. 6). При этом сеть имеет один «скрытый» слой, который включает 10 нелинейных нейронов с log-sigmoid функциями активации, диапазон которых позволяет реализовать выход в пределах отрезка $[0; 100]$.

После обучения, тестирования и валидации нейронных сетей net_k ($k = 1 \div 3$) (см. рис. 2) по каждому из трёх КП формируются соответствующие продукции (результаты пар «вход» – «выход»), которые сведены в табл. 7.

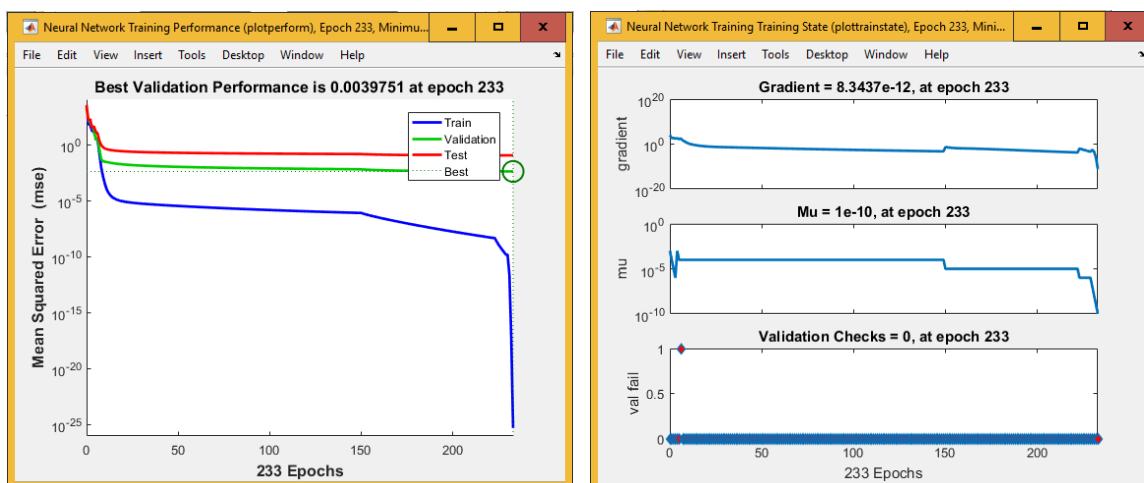


Рисунок 2 – Результаты обучения, тестирования и валидации нейронной сети в нотации пакета MATLAB для аппроксимации функции $F_2 : R^7 \rightarrow R^1$

Аналогичным образом строится нейронная сеть для агрегации итоговой оценки образовательных услуг в университетах, которая после аналогичного обучения, тестирования и валидации (см. рис. 3) формирует продукции в виде пар «Ключевые показатели» – «Рейтинг», также сведённые в табл. 7.

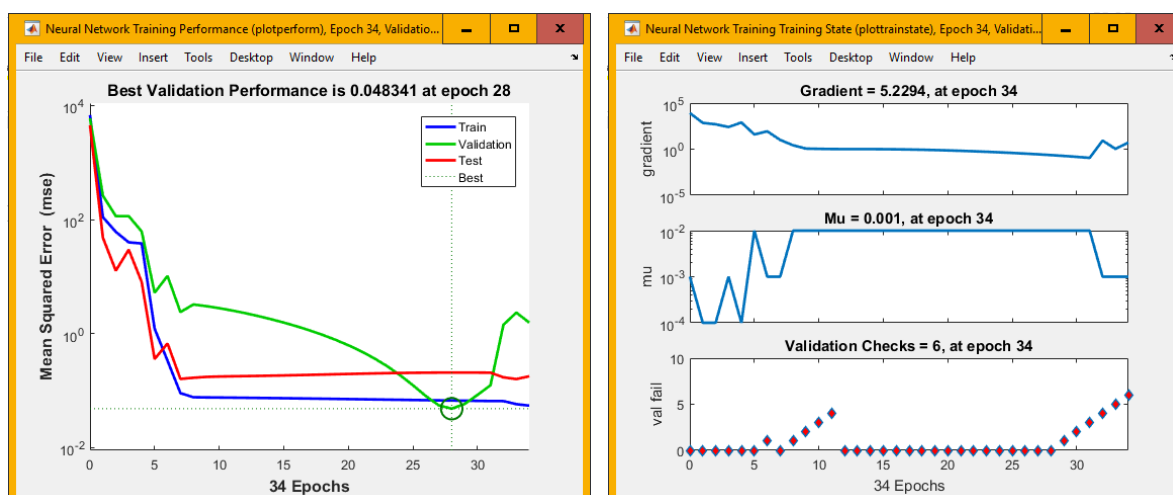


Рисунок 3 – Результаты обучения, тестирования и валидации нейронной сети в нотации пакета MATLAB для аппроксимации функции $F : R^3 \rightarrow R^1$

Таблица 7 – Формирование рейтингов университетов

Сценарий	Ключевые показатели						Рейтинг университета	
	«Потенциал»		«Активность и качество образования»		«Международное признание»			
	Экспертная оценка	Нейросетевая оценка	Экспертная оценка	Нейросетевая оценка	Экспертная оценка	Нейросетевая оценка	Экспертная оценка	Нейросетевая оценка
01	0,00	0,0188	0,00	0,0686	0,00	0,8829	0,00	0,0316
02	61,95	61,9618	8,31	8,2359	17,82	17,9551	36,82	36,7539
03	68,16	68,1635	14,55	14,3692	52,45	52,4463	49,45	49,1038
04	51,08	51,0764	68,91	69,3700	36,95	36,9519	52,93	53,1984
05	33,63	33,6372	45,34	45,3455	54,41	54,4128	41,63	41,7246
06	37,82	36,8508	35,23	35,2199	73,83	73,7717	45,22	44,6864
07	20,89	20,8684	42,11	42,1265	28,64	28,6435	28,64	28,6908

08	46,08	46,0857	51,45	51,6152	37,79	37,7762	45,73	45,3735
09	14,41	14,9971	56,23	56,2592	40,95	40,9515	32,23	32,5685
10	27,26	27,2331	32,96	32,9895	57,91	57,9082	35,79	35,7886
11	43,01	46,3261	44,73	44,7310	37,37	37,3721	42,22	43,4675
12	62,01	61,0264	33,02	33,0218	69,20	69,0470	55,44	54,6531
13	59,04	59,0469	38,49	38,3724	56,45	56,4514	52,64	52,5672
14	45,95	45,9496	38,47	38,4727	50,88	50,8841	44,95	44,8849
15	43,31	43,3068	36,33	36,3425	67,28	67,2792	46,75	46,5558
16	78,61	78,7962	45,45	45,4738	27,57	27,5686	57,71	57,8767
17	64,58	64,5871	38,23	38,2428	55,83	55,7920	55,15	55,1402
18	43,69	43,2915	72,56	72,6081	33,77	33,7698	49,61	49,5669
19	62,15	62,1774	46,74	46,6890	36,12	36,1225	51,92	51,8912
20	35,58	35,5564	34,20	34,2025	13,83	14,0862	30,28	30,3019
21	82,10	82,0656	41,70	41,8080	67,47	67,4749	67,37	67,0037
22	77,53	77,5959	56,97	56,9625	40,58	40,5751	63,37	63,2245
23	46,35	45,4093	56,48	56,4829	45,79	45,7892	49,09	48,5099
24	28,27	27,2830	60,56	60,5835	67,88	67,8841	46,34	46,5832
25	41,33	40,5524	34,66	34,8391	33,68	33,6756	37,72	37,4457
26	45,93	45,9250	34,69	34,4846	35,90	35,9049	40,49	40,3335
27	43,59	43,5918	20,08	20,0764	76,57	76,5683	44,39	44,5969
28	74,46	75,7915	57,53	57,5314	51,57	51,5720	64,51	64,7700
29	54,37	54,3733	37,85	37,8162	30,62	30,6292	44,34	44,0033
30	64,19	64,1980	44,78	44,8043	44,78	44,7845	54,32	54,3279
31	51,44	51,4410	58,83	58,8400	41,87	41,8704	51,37	51,2910
32	41,78	41,9174	24,79	24,7793	63,54	63,5641	41,89	41,9520
33	49,91	49,9084	53,68	53,6445	37,78	37,7822	48,24	47,9444
34	43,99	43,9741	29,25	29,2550	77,55	77,5220	47,40	47,3110
35	63,34	63,3474	47,15	47,1431	62,08	62,0964	58,48	58,3752
36	45,86	45,8651	46,39	46,4984	40,38	40,3779	44,77	44,4424
37	51,22	51,2232	49,61	49,9315	29,11	29,1209	45,77	45,5301
38	6,15	5,8152	95,10	95,0974	39,47	39,4730	38,83	38,7952
39	52,77	52,7713	48,96	48,9417	64,16	64,1703	54,26	54,3150
40	71,42	71,4253	62,24	62,2274	40,19	40,1874	61,77	61,5729
41	96,85	96,8443	74,93	74,9164	77,37	77,3735	86,25	86,2348
42	55,04	55,0467	60,47	60,4659	70,04	70,0230	59,96	60,1358
43	46,55	46,5473	59,24	59,4817	32,35	32,3463	46,93	46,6740
44	52,28	52,2910	47,16	47,1489	51,45	51,4424	50,64	50,5335
45	45,86	45,8835	36,33	36,2929	57,74	57,7432	45,85	45,7881
46	55,64	55,6425	15,37	15,3674	71,91	71,9148	47,93	47,9654
47	16,24	16,2502	38,25	38,2698	50,56	50,5571	30,21	30,1938
48	39,70	39,6985	45,88	45,8905	75,26	75,2391	49,47	49,6487
49	90,80	91,7047	54,13	54,1279	96,85	96,8525	81,80	81,7967
50	100,00	99,9931	100,00	99,3224	100,00	100,000	100,00	100,0035

7. Выводы

В статье предлагается методика конструктивной оценки эффективности деятельности вузов с привлечением множества критериев, скорректированных под региональную специфику. Список представленных в табл. 1 критериев не является полным и всеобъемлющим. Тем не менее, предлагаемая модель на основе экспертных заключений является типовой, которая при необходимости может быть диверсифицирована до более широкого списка критериев.

Для компиляции экспертных знаний относительно формирования рейтингов университетов в рамках данного подхода предлагается использовать нейросетевую модель (рис. 4), включающую на своём входе три сети $net_x (k = 1 \div 3)$, аппроксимирующие много-

факторные функции $F_k : R^n \rightarrow R^1$ ($n = 6, 7, 5$), а на выходе feedforward – нейронную сеть, агрегирующую итоговую оценку образовательных услуг в университете в виде соответствующего рейтинга.

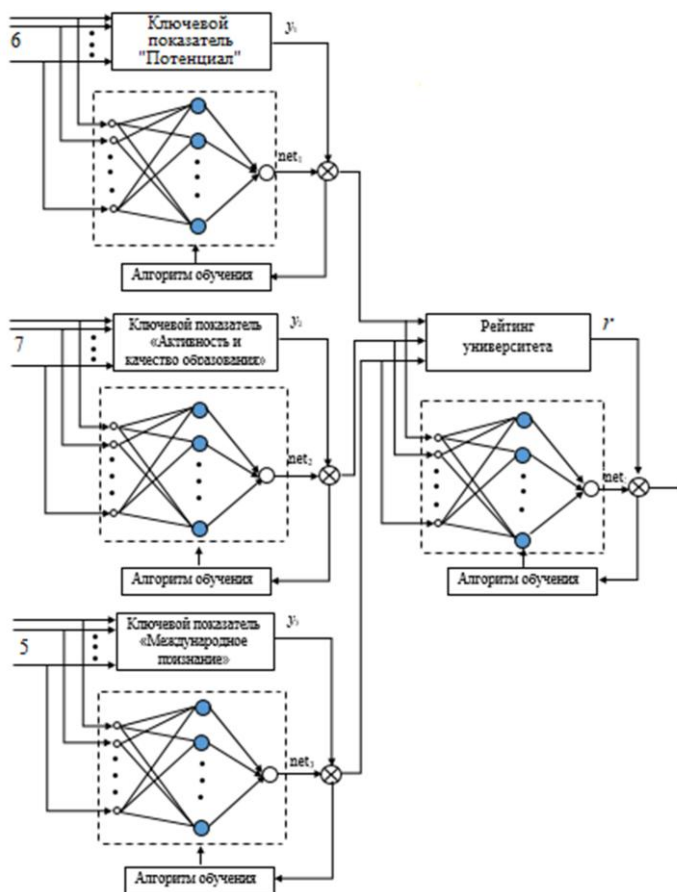


Рисунок 4 – Нейросетевой компилятор экспертных оценок образовательных услуг

Для эффективного обучения, тестирования и валидации нейронных сетей в нотации пакета MATLAB использованы достаточные наборы экспертных оценок, которые определяли «внешние» представления о качестве образовательных услуг на всех уровнях иерархической структуры университета. Собственно, исходя из данных соображений и был выбран достаточно большой список различных альтернативных сценариев для формирования как ключевых показателей, так и суммарных взвешенных индексов, или, проще говоря, рейтингов университетов в целом.

Таким образом, предлагаемый подход к оценке образовательных услуг в университетах может быть достаточно быстро и легко адаптирован под решение задачи многокритериальной оценки альтернатив из разных областей и для любого числа факторов влияния. Основным преимуществом этого подхода, как нам кажется,

является его возможность выявлять внутренние закономерности образовательного бизнес-процесса и, в определённом смысле, делать их транспарентными. В результате становится возможным не только интерпретировать текущую ситуацию в университете, но и указать пути разрешения проблем, стоящих перед ним и его структурными подразделениями. Очевидно, что для этого необходимо собрать достаточную статистику консолидированных экспертных оценок по всем критериям – факторам влияния и ключевым показателям образовательных услуг.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF/MQM/Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/15/5).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Zadeh L.A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.* 1973. Vol. SMC-3. P. 28–44.
2. Bell M.Z. Why expert systems fail. *Journal of Operational Research Society.* 1985. Vol. 36, N 7. P. 613–619.
3. Lin L., Hedayat A.S., Wu W. *Statistical Tools for Measuring Agreement.* New York: Springer, 2012. 173 p.

4. Международный стандарт ISO 9001:2005. URL: [https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-\(rus\).pdf](https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-(rus).pdf) (дата обращения: 04.01.2019).
5. Site of International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/62085.html> (дата обращения: 04.01.2019).
6. Марданов М.Дж., Рзаев Р.Р. Два подхода к комплексной оценке и ранжированию вузов. *Проблемы управления и информатики*. 2017. № 4. С. 36–55.

Стаття надійшла до редакції 11.01.2019