

UNİVERSİTET MÜƏLLİMİNİN FƏALİYYƏTİNİ ƏKS ETDİRƏN AKADEMİK İNDEKSİN HESABLANMASI ÜÇÜN “NEURO-FUZZY” YANAŞMASI

MİSİR MƏRDANOV, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor, AMEA-nın müxbir üzvü. E-mail: misirmardanov@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0003-3901-0719>

ELÇİN ƏLİYEV, texnika elmləri doktoru, professor. AR Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutu. E-mail: elchin@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-7987-2674>

ƏBÜLFƏT RƏHMANOV, direktor, SINAM MMC. E-mail: abulfat@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-2982-5925>

XANMURAD ABDULLAYEV, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, AR Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutu.
E-mail: khanmurad.abdullayev@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-0095-3114>

Məqaləyə istinad:

Mərdanov M., Əliyev E.,
Rəhmanov Ə., Abdullayev X. (2026).
Universitet müəlliminin fəaliyyətini
əks etdirən akademik indeksin
hesablanması üçün “neuro-fuzzy”
yanaşması. *Azərbaycan məktəbi*.
№ 1 (714), səh. 61–76

DOI:

10.30546/32898065.2026.01.1017

Məqalə tarixçəsi

Göndərilib: 03.09.2025

Qəbul edilib: 12.11.2025

ANNOTASIYA

Universitet müəlliminin fəaliyyət keyfiyyətinin monitorinqi təhsilin keyfiyyətinin idarə olunması probleminin ümumi çərçivəsində mürəkkəb və vacib məsələlərdən biridir. Müəllimin fəaliyyəti çoxşaxəlidir. Rəsmi hesabatlarla görə, bu fəaliyyətə tədris, tədris-metodik, elmi-tədqiqat, təşkilati və ictimai işlər, habelə tərtibə işləri daxildir və bunlar attestasiya zamanı kompleks şəkildə qiymətləndirilir. Universitet müəllimlərinin fəaliyyət keyfiyyətinin artırılmasının effektiv vasitəsi əsas fəaliyyət növləri üzrə (hesabat dövrü ərzində - semestr, tədris ili və ya əmək müqaviləsinin qüvvədə olduğu müddət) akademik fəaliyyətin qiymətləndirilməsidir. Məqalədə müəllim fəaliyyətinin çoxşaxəli qiymətləndirilməsi üçün “neuro-fuzzy” analiz üsullarının və ekspert qiymətləndirmələrinin tətbiqinə əsaslanan metodologiya təklif edilir. Müəllimlərin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsində bu yanaşma universitetdə Boloniya biznes təhsil prosesinə analitik və informasiya dəstəyi verən EMPRO sistemə inteqrasiya olunmuş uyğun bir seçim vasitəsilə həyata keçirilir.

Açar sözlər: Akademik indeks, ekspert qiymətləndirməsi, qeyri-səlis çoxluq, qeyri-səlis çıxarış sistemi, neyron şəbəkə modeli.

NEURO-FUZZY APPROACH TO CALCULATING THE ACADEMIC INDEX REFLECTING UNIVERSITY LECTURER PERFORMANCE

MISIR MARDANOV, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Azerbaijan National Academy of Sciences. E-mail: misirmardanov@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0003-3901-0719>

ELCHIN ALIYEV, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Control Systems, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan. E-mail: elchin@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-7987-2674>

ABULFAT RAHMANOV, Director, SINAM Ltd. E-mail: abulfat@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-2982-5925>

KHANMURAD ABDULLAYEV, Doctor of Philosophy in Technology, Institute of Control Systems, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan. E-mail: khanmurad.abdullayev@sinam.net
<https://orcid.org/0000-0002-0095-3114>

To cite this article:

Mardanov M., Aliyev E., Rahmanov A., Abdullayev K. (2026). Neuro-Fuzzy Approach to Calculating the Academic Index Reflecting University Lecturer Performance. *Azerbaijan Journal of Educational Studies*. Vol. 714, Issue 1, pp. 61–76

DOI:

10.30546/32898065.2026.01.1017

Article history

Received: 03.09.2025

Accepted: 12.11.2025

ABSTRACT

Monitoring the quality of performance of university instructors is one of the most complex and significant challenges within the general framework of higher education quality management. The activities of a university instructor are multidimensional. According to official reports, these activities include teaching, teaching-methodological work, scientific research, organizational and public duties, as well as tutorial work, all of which are subject to comprehensive evaluation during attestation. An effective means of improving the quality of academic performance of university instructors is the systematic evaluation of their academic activities across the main areas of professional responsibility within a defined reporting period, such as a semester, an academic year, or the term of an employment contract. This article proposes a methodology based on the application of neuro-fuzzy analysis techniques and expert evaluation methods for the multicriteria assessment of instructor performance. In evaluating instructors' activities, this approach is implemented through an appropriately designed selection mechanism integrated into the EMPRO information system, which provides analytical and informational support for the Bologna-compliant business education process at the university.

Keywords: Academic index, expert assessment, fuzzy sets, fuzzy inference system, neural network model.

GİRİŞ

Müxtəlif Qərarların Dəstəklənməsi Sistemlərinin (QDS) (Andreychikov, Andreychikova, 2000) inkişafı nəticəsində standartlaşdırma idarəetmənin müxtəlif sahələrinə, o cümlədən idarəetmənin ümumi prinsipləri və təhsil prosesinin vahid strukturu ilə fərqlənən Boloniya təhsil sistemi çərçivəsində müəyyənədi amilə çevrilib. Boloniya prosesi çərçivəsində təhsil xidmətlərinin göstərilməsi yalnız ona qoyulan müvafiq tələblərin unifikasiyasından sonra bütün Avropa məkanında kütləvi bir hadisəyə çevrilir. Universitetlərdə QDS böyük həcmdə akademik informasiyanı toplayan, saxlayan və analiz edən, bununla da biznes-təhsil prosesi çərçivəsində təşkilati qərarların qəbul olunmasını asanlaşdıran kompüter əsaslı qərar qəbulətməni dəstəkləyən sistemdir.

SINAM MMC informasiya texnologiyaları şirkəti bu cür QDS-i Elektron Təhsil İdarəetmə Həlli (EMPRO) şəklində hazırlayıb. EMPRO təhsil prosesinin idarə olunması, monitorinqi, sənədləşdirilməsi, hesabatlılığı, təhsil məzmununun çatdırılması və təhsilə nəzarət alətlərini özündə birləşdirən tətbiqi proqramdır. Bu sistem, əsasən, təhsil müəssisələri üçün nəzərdə tutulub, lakin korporativ təlim, attestasiya və sertifikatlaşdırma vasitəsi kimi müəssisələr üçün də maraqlı ola bilər. EMPRO müasir təhsil prosesinin təşkili, təlim proqramlarının hazırlanması, təhsilin məzmununun idarə olunması, bilik səviyyəsinin monitorinqi, fəaliyyətlərin və nəticələrin izlənilməsi, təhsil fəaliyyətlərinin idarə olunması, zəruri hesabatların hazırlanması, məsafədən dərslərin keçirilməsi və fəaliyyətin təmin olunması üçün nəzərdə tutulmuş proqram təminatıdır.

Beləliklə, EMPRO-nun interaktiv istifadəsi universitet rəhbərliyinə müəllimlərin akademik fəaliyyəti barədə ilkin mənbələrdən bilik formasında faydalı məlumatlar təqdim edə, həmçinin yaranan təşkilati problemlərin həlli üçün biznes modelləri təklif edə bilər.

Bir çox universitetlərdə müəllimlərin çoxşaxəli fəaliyyətinin inteqrasiya olunmuş qiymətləndirilməsi İnsan resursları (İR) şöbəsi tərəfindən həyata keçirilir. Bu şöbə universitet rəhbərliyi və ekspert icması ilə sıx əməkdaşlıq edərək universitetin akademik heyətinin idarə olunmasına dair ixtisaslaşmış funksiyaları yerinə yetirir (Bonczek, Holsapple, Whinston, 2014), yəni insan resurslarının idarə olunmasını həyata keçirir. Adətən, İR meneceri öz subyektiv mülahizələrinə əsaslanır və zehni olaraq özünün üstünlük verdiyi fikirləri formalaşdırır. Menecer müəllimin fəaliyyətinin kəmiyyət xarakteristikalarını qiymətləndirsə belə, onun qiymətləndirməsi yenə də fəzvi xarakter daşıyır, çünki menecer hər zaman keyfiyyət göstəricilərindən istifadə etməyə məcburdur. Bu səbəbdən, universitet müəlliminin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsini kompleks nəticə kimi nəzərə alaraq təklif etdik ki, bu fəaliyyətin hər bir komponenti müvafiq fəzvi cəmlə təsvir olunan linqvistik dəyişən termini şəklində təqdim olunsun (Mardanov, Aliyev, Rzayev, Abdullayev, 2023).

Ekspert-fuzzy paradigmasından çıxış edərək, müəllimin fəaliyyətinin inteqral qiymətləndirilməsi üçün məqalədə EMPRO sisteminə inteqrasiya olunmuş analitik opsiya (variant) təklif edilir. Bu opsiya universitetdə Boloniya təhsil sistemi üçün informasiya və analitik dəstəyi təmin edir. Təklif olunan yanaşma ekspert qiymətləndirmələrini, alternativlərin çoxmeyarlı (multi-criteria) fuzzi modellərini, eləcə də *qeyri-səlis çıxarış sistemi* (*Fuzzy Inference System, FIS*) əsasında əldə olunmuş məhsulların bazasında formalaşdırılan neural-fuzzy (hibrid) modelləşdirmə sistemini birləşdirir.

MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU

Təklif olunan ali təhsil müəssisələri müəllimlərinin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi prosedurlarının adekvatlığı bir sıra amillərdən asılıdır, o cümlədən: qiymətləndirmə meyarlarının çəkilərinin müəyyən edilməsi; hər bir meyar üzrə müəllimlərin fəaliyyəti ilə bağlı konsolidə olunmuş ekspert qiymətləndirmələrinin İnsan resurslarının idarə edilməsi (HRM) şöbəsinin üstünlük şkalasına uyğun şəkildə düzgün təşkil olunması, toplanması və saxlanması; qeyri-səlis çıxarış sisteminin (FIS) tipinə uyğun dil qaydalarının düzgün seçilməsi; keyfiyyət göstəricilərini əks etdirən qeyri-səlis çoxluqları bərpa edən üzvlük funksiyalarının müəyyənəşdirilməsi və s. (Bonczek, Holsapple, Whinston, 2014; Mərdanov, Aliyev, Rzayev, Abdullayev, 2023). Bu əsasda, hər bir göstərici üzrə ekspert qiymətləndirmələri və onların əhəmiyyət dərəcəsi nəzərə alınmaqla müəllimlərin elmi-pedaqoji fəaliyyətinin çoxmeyarlı qiymətləndirilməsi metodologiyasının neyro qeyri-səlis paradigmasında işlənilib hazırlanması məqsədəuyğundur. Bu metodologiya müvafiq analitik nüvəyə malik funksional variant şəklində qurulmalı və müəllimin cari akademik indeksini daxili korporativ rəqabət faktoru kimi hesablamaq imkanına malik olmalıdır.

QEYRİ-SƏLİS ÇIXARIŞ SİSTEMİ VASİTƏSİLƏ MÜƏLLİMLƏRİN FƏALİYYƏTİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Universitet müəllimlərinin fəaliyyətinin çoxmeyarlı qiymətləndirilməsi üçün Tennessee Texnologiya Universitetində (ABŞ) hazırlanan və aşağıdakı göstəricilərə əsaslanan meyarlar sistemi istifadə olunub (Bonczek, Holsapple, Whinston, 2014; Mərdanov, Aliyev, Rzayev, Abdullayev, 2023):

- x_1 – pedaqoji effektivlik;
- x_2 – elmi-tədqiqat fəaliyyəti;
- x_3 – xaricdən maliyyələşdirilən tədqiqatlarda iştirak;
- x_4 – tədqiqat layihələri və ixtisaslaşmış tədqiqatlar üzrə texniki hesabatlar;
- x_5 – nümayəndə orqanlarında iştirak;

- x_6 – elmi fəaliyyətlə əlaqəli olmayan ictimai təşkilatlarda təmsilçilik və çıxışlar;
 x_7 – ictimai və dövlət siyasətinə təsir edən orqanlarda təmsilçilik;
 x_8 – bələdiyyə, hökumət və məsləhət orqanlarında, müxtəlif komitələrdə xidmət;
 x_9 – elmi nəşrlərdə işlərin istinad səviyyəsi;
 x_{10} – komitələrdə, komissiyalarda və işçi qruplarında fəaliyyət;
 x_{11} – cari texnoloji məsələlər üzrə məsləhətçilik;
 x_{12} – istehsalatla, işəgötürənlərlə birbaşa əlaqə;
 x_{13} – texnoloji lisenziyalaşdırma, sertifikatlaşdırma və patentlər.

Universitet müəlliminin akademik indeksinin daxili korporativ rəqabət faktoru kimi istifadə olunması təklif edilir. Bu indeksin hesablanma üsullarından biri [2]-də çəkilərlə cəmləmə (weighted summation) düsturu şəklində təqdim olunub:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{13} \alpha_i e_i}{\max_{e_i} \{ \sum_{i=1}^{13} \alpha_i e_i \}} \quad (1)$$

Bu düsturda $\alpha_i - x_i$ qiymətləndirmə xüsusiyyətinin spesifik çəkisini ($i=1 \div 13$), e_i isə müəllimin həmin meyar üzrə 10 ballıq şkala üzrə konsolidə olunmuş ekspert qiymətləndirməsini göstərir. İndeks R nə qədər yüksəkdirsə, müəllimin çoxşaxəli fəaliyyəti üzrə uğur göstəricisi də bir o qədər yüksək hesab olunur.

Nümunə olaraq, biz 30 müəllimin a_k ($k=1 \div 30$) fəaliyyətinə dair x_i ($i=1 \div 13$) meyarları üzrə ekspert qiymətləndirmələrini və onlara uyğun [2]-də müəyyənləşdirilmiş çəkiləri (α_i) seçdik. Bu qiymətləndirmələr və həmin qiymətlər əsasında düstur (1) ilə hesablanmış inteqral indekslər R cədvəl 1-də ümumiləşdirilib.

Yuxarıdakı izahdan və x_i xüsusiyyətlərinin şərhindən aydın olur ki, bu göstəricilər keyfiyyət xarakterli (və ya zəif strukturlaşmış) kateqoriyalardır və onları ən yaxşı qeyri-səlis çoxluqlar təsvir edir. Bu məqsədlə müəllimlər a_k alternativlər kimi qəbul edilərək, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{30}\}$ çoxluğu universal çoxluq kimi seçilib. Qeyri-səlis altçoxluqların mənsubiyyət funksiyası kimi Gauss funksiyası qəbul edilir, burada: e_{ik} – k -cı müəllimin x_i meyarına uyğunluğu üzrə orta ekspert qiyməti; $\sigma_i=5$ isə fuzzifikasiya üçün seçilmiş standart kənarlaşmadır və o bütün hallarda eynidir:

$$\mu_{X_i}(e) = \exp[-(e_{ik} - 10)^2 / \sigma_i^2] \quad (2)$$

Cədvəl 1. Müəllimlərin ekspert qiymətləndirmələri əsasında əldə olunmuş akademik indeksləri

Müəllim	Müəllimin qiymətləndirilməsi meyarı													R
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	
	Qiymətləndirmə meyarlarının çəkilişi $\alpha_i (i=1 \div 13)$													
	0.134	0.131	0.114	0.093	0.073	0.031	0.037	0.029	0.108	0.048	0.054	0.057	0.0897	
a_1	0.10	0.12	1.50	2.89	2.95	2.86	5.11	3.28	2.12	2.86	3.01	1.25	4.09	0.209
a_2	0.91	9.91	4.87	1.81	6.88	1.96	2.76	6.85	1.81	1.67	2.29	4.08	3.61	0.409
a_3	1.36	7.07	1.73	1.96	1.93	3.78	4.74	7.59	3.16	1.77	6.11	2.15	6.26	0.369
a_4	1.05	4.32	3.06	4.83	4.64	1.52	2.65	1.25	2.97	1.77	1.85	1.89	1.28	0.284
a_5	9.19	1.27	6.86	7.35	4.57	8.97	0.09	7.93	2.17	8.79	4.24	2.95	2.69	0.516
a_6	3.51	2.79	5.40	0.59	2.71	0.70	8.25	0.60	8.04	4.31	3.30	8.79	3.89	0.428
a_7	8.83	1.44	1.15	0.65	9.83	7.28	3.16	9.62	5.54	1.85	9.02	7.87	7.31	0.534
a_8	4.62	1.41	9.53	1.56	2.58	7.51	3.93	4.90	9.56	4.49	3.01	2.87	4.78	0.489
a_9	4.19	9.11	8.56	1.15	4.64	0.46	0.55	1.60	5.48	7.65	7.29	5.05	7.69	0.576
a_{10}	2.94	2.09	4.12	2.89	3.83	6.39	8.34	4.76	8.53	4.11	9.85	3.09	6.06	0.485
a_{11}	8.39	6.19	2.18	6.81	3.52	2.51	8.46	4.85	1.93	2.60	7.06	4.25	1.25	0.482
a_{12}	0.01	4.69	5.74	2.71	1.24	2.22	2.98	1.33	6.92	0.30	6.44	4.51	2.34	0.352
a_{13}	2.93	1.23	7.55	5.58	7.63	2.31	2.55	8.51	2.71	1.21	6.06	5.46	0.15	0.402
a_{14}	6.79	5.85	1.72	0.31	8.90	8.61	9.83	2.59	6.73	6.78	9.91	3.62	6.74	0.583
a_{15}	2.28	9.25	5.75	8.47	5.45	0.61	8.82	0.31	8.80	7.01	1.64	8.16	0.90	0.581
a_{16}	2.55	7.48	8.44	5.20	8.73	4.30	9.55	1.75	7.41	0.00	7.61	4.54	1.73	0.574
a_{17}	9.94	2.55	7.98	1.98	6.12	5.55	4.80	8.49	6.54	2.45	2.33	6.43	4.82	0.572
a_{18}	7.82	6.43	4.43	2.60	4.64	8.30	6.72	0.50	6.55	9.08	0.77	8.80	0.00	0.535
a_{19}	8.11	3.34	9.59	6.68	7.11	3.11	3.57	9.54	5.20	2.51	5.17	5.66	9.24	0.657
a_{20}	0.02	3.15	2.96	9.70	9.48	8.53	5.84	5.21	9.66	2.30	2.74	1.49	0.19	0.452
a_{21}	7.05	8.95	1.20	0.58	2.17	4.15	8.94	3.32	0.42	9.29	7.03	6.76	0.31	0.445
a_{22}	4.38	0.87	8.12	0.95	8.92	1.13	1.90	5.80	3.60	3.30	9.44	4.67	9.35	0.495
a_{23}	4.43	3.78	4.45	7.52	1.92	6.85	5.13	9.72	3.21	8.27	8.76	7.56	5.50	0.543
a_{24}	6.52	5.63	1.20	1.21	9.21	8.84	5.06	1.01	7.80	5.06	4.30	6.49	5.36	0.535
a_{25}	7.70	9.74	0.48	6.94	9.27	8.62	4.93	2.34	2.83	6.13	5.12	7.08	7.10	0.631
a_{26}	8.07	9.56	9.85	0.37	9.56	8.17	7.83	8.23	6.41	3.50	6.89	3.37	7.88	0.732
a_{27}	5.62	4.07	6.26	0.17	0.31	0.01	3.60	4.83	8.72	4.67	8.02	8.00	1.36	0.463
a_{28}	1.05	1.55	1.67	2.05	1.46	2.22	1.35	1.09	1.05	1.28	1.05	1.08	0.01	0.132
a_{29}	0.46	1.22	3.71	4.15	5.31	6.51	9.95	9.84	7.45	0.30	7.77	9.29	6.23	0.475
a_{30}	9.80	9.77	9.60	9.16	5.86	5.34	4.28	4.42	1.38	9.34	6.23	8.48	4.18	0.743
max	9.94	9.91	9.85	9.70	9.83	8.97	9.95	9.84	9.66	9.34	9.91	9.29	9.35	9.712

Beləliklə, əgər x_i göstəricilərini lingvistik dəyişənlər kimi qəbul etsək, onların qiymətlərindən biri – KAFİ termini uyğun A diskret universal çoxluğun X_i qeyri-səlis altçoxluqlar vasitəsilə aşağıdakı kimi əks olunur:

$$X_1 = \{0.0198/a_1, 0.0367/a_2, 0.0504/a_3, \dots, 0.0406/a_{28}, 0.0262/a_{29}, 0.9984/a_{30}\};$$

$$X_2 = \{0.0201/a_1, 0.9997/a_2, 0.7098/a_3, \dots, 0.0575/a_{28}, 0.0458/a_{29}, 0.9978/a_{30}\};$$

$$X_3 = \{0.0556/a_1, 0.3491/a_2, 0.0648/a_3, \dots, 0.0623/a_{28}, 0.2059/a_{29}, 0.9936/a_{30}\};$$

$$X_4 = \{0.1324/a_1, 0.0682/a_2, 0.0755/a_3, \dots, 0.0798/a_{28}, 0.2549/a_{29}, 0.9719/a_{30}\};$$

$$X_5 = \{0.1370/a_1, 0.6775/a_2, 0.0738/a_3, \dots, 0.0541/a_{28}, 0.4152/a_{29}, 0.5030/a_{30}\};$$

$$X_6 = \{0.1301/a_1, 0.0756/a_2, 0.2123/a_3, \dots, 0.0888/a_{28}, 0.6140/a_{29}, 0.4190/a_{30}\};$$

$$X_7 = \{0.3846/a_1, 0.1226/a_2, 0.3305/a_3, \dots, 0.0501/a_{28}, 0.9999/a_{29}, 0.2703/a_{30}\};$$

$$X_8 = \{0.1643/a_1, 0.6720/a_2, 0.7932/a_3, \dots, 0.0418/a_{28}, 0.9989/a_{29}, 0.2882/a_{30}\};$$

$$X_9 = \{0.0833/a_1, 0.0681/a_2, 0.1535/a_3, \dots, 0.0406/a_{28}, 0.7710/a_{29}, 0.0513/a_{30}\};$$

$$X_{10} = \{0.1301/a_1, 0.0622/a_2, 0.0665/a_3, \dots, 0.0478/a_{28}, 0.0232/a_{29}, 0.9829/a_{30}\};$$

$$X_{11} = \{0.1413/a_1, 0.0925/a_2, 0.5458/a_3, \dots, 0.0406/a_{28}, 0.8199/a_{29}, 0.5665/a_{30}\};$$

$$X_{12} = \{0.0468/a_1, 0.2463/a_2, 0.0851/a_3, \dots, 0.0415/a_{28}, 0.9800/a_{29}, 0.9118/a_{30}\};$$

$$X_{13} = \{0.2473/a_1, 0.1957/a_2, 0.5719/a_3, \dots, 0.0185/a_{28}, 0.5662/a_{29}, 0.2579/a_{30}\}.$$

İndi də fərz edək ki, universitetin professor-müəllim heyətinin akademik fəaliyyətini qiymətləndirmək üçün HRM (Human Resource Management) departamenti öz üstünlük şkalasını əsas tutaraq, aşağıdakı məntiqi cəhətdən ziddiyyətsiz mülahizələri nəzərə alır (həmçinin [3]-ə bax).

*d*₁: Tədris effektivliyi (TE) və elmi-tədqiqat fəaliyyəti (ETF) kafidirsə, tədqiqat layihələri üzrə texniki hesabatlar (TH) və ixtisaslaşmış tədqiqatlar (İT) kafidirsə, təmsilçi orqanlarda (tələbələrin və ya müəyyən qrupların adından qərar qəbul edən qurumlar nəzərdə tutulur) iştirak kafidirsə, komitələrdə, komissiyalarda və işçi qruplarda fəaliyyət kafidirsə, sənaye ilə birbaşa əlaqə kafidirsə, texnologiyanın lisenziyalaşdırılması kafidirsə, onda müəllimin fəaliyyəti qənaətbəxşdir;

*d*₂: *d*₁-də qeyd olunan şərtlərə əlavə olaraq, elmi fəaliyyətlə əlaqəli olmayan ictimai təşkilatlarda təmsilçilik və çıxışlar kafi, ictimai və dövlət siyasətinə təsir edən orqanlarda təmsilçilik kafi, bələdiyyə, hökumət və məsləhət orqanlarında, müxtəlif komitələrdə xidmət kafi, cari texnoloji məsələlər üzrə məsləhətçilik kafi səviyyədədirsə, onda müəllimin fəaliyyəti daha çox qənaətbəxşdir;

*d*₃: Bütün fəaliyyət sahələrində müəllimin iştirakı kafidirsə, onda müəllimin fəaliyyəti mükəmməldir;

*d*₄: Tədris effektivliyi və elmi fəaliyyət kafidirsə, xarici maliyyələşdirilən tədqiqatlarda iştirak kafidirsə, texniki hesabatlar və ixtisaslaşmış tədqiqatlar kafidirsə, nümayəndə orqanlarında iştirak kafidirsə, nəşrlərdə işlərə istinad kafidirsə, komitə, komissiya və işçi qruplarında fəaliyyət kafidirsə, cari texnoloji məsələlər üzrə məsləhətçilik kafidirsə, işgötürənlərlə birbaşa əlaqə və texnoloji lisenziyalaşdırma, patentləşdirmə kafidirsə, onda müəllimin fəaliyyəti olduqca qənaətbəxşdir;

*d*₅: Tədris effektivliyi və elmi fəaliyyət kafidirsə, xarici maliyyələşdirilən tədqiqatlarda iştirak kafidirsə, texniki hesabatlar və ixtisaslaşmış tədqiqatlar kafidirsə, təmsilçi orqanlarda

iştirak kafidirsə, elmi fəaliyyətlə əlaqəli olmayan ictimai təşkilatlarda çıxışlar kafi deyil, ictimai və dövlət siyasətinə təsir edən qurumlarda təmsilçilik kafi deyil, komitələrdə, komissiyalarda və işçi qruplarında fəaliyyət kafidirsə, cari texnoloji məsələlər üzrə məsləhətçilik kafidirsə, işəgötürənlərlə birbaşa əlaqə kafi deyil, texnoloji lisenziyalaşdırma və patentləşdirmə kafidirsə, onda müəllimin fəaliyyəti yenə də qənaətbəxşdir;

d_6 : Tədris effektivliyi və elmi fəaliyyət kafi deyil, texniki hesabatlar kafi deyil, elmi işlərə istinad səviyyəsi kafi deyilsə, onda müəllimin fəaliyyəti qeyri-qənaətbəxşdir.

Bu ekspert mülahizələri KAFİ adı altında qiymətləndirmə anlayışlarını giriş kimi qəbul edən əsas verbal model şəklində qəbul edilə bilər. Çıxışlar (nəticələr) isə aşağıdakı anlayışlar şəklində ifadə olunur: “QEYRİ-QƏNAƏTBƏXŞDİR”, “QƏNAƏTBƏXŞDİR”, “DAHA ÇOX QƏNAƏTBƏXŞDİR”, “OLDUQCA QƏNAƏTBƏXŞDİR”, “MÜKƏMMƏLDİR”. Bu modelin qeyri-səlis mühitdə tətbiqi üçün əvvəlcədən müəyyən edilmiş X_i ($i=1\div 13$) qeyri-səlis çoxluqları şəklində girişlərə malik uyğun bir qeyri-səlis çıxarış sistemindən istifadə edilə bilər.

Çıxışların qeyri-səlis təsviri üçün $U=\{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9, 1\}$ diskret çoxluğu universal çoxluq kimi qəbul edilir. [4]-ə əsasən hər bir $u \in U$ üçün mənsubiyyət funksiyaları aşağıdakı kimidir:

- Qənaətbəxşdir (s): $\mu_s(u)=u$;
- Daha çox qənaətbəxşdir (ms): $\mu_{ms}(u)=u^{(1/2)}$;
- Olduqca qənaətbəxşdir (vs): $\mu_{vs}(u)=u^2$;
- Mükəmməldir (p): $\mu_p(u)=1$, əgər $u=1$, əks halda $\mu_p(u)=0$;
- Qeyri-qənaətbəxşdir (us): $\mu_{us}(u)=1-u$.

Nəticə etibarilə, $d_1\div d_6$ mülahizələri simvolik formada aşağıdakı implikativ qaydalar şəklində yenidən ifadə oluna bilər:

$$d_1: (x_1=X_1) \& (x_2=X_2) \& (x_4=X_4) \& (x_5=X_5) \& (x_{10}=X_{10}) \& (x_{12}=X_{12}) \& (x_{13}=X_{13}) \Rightarrow (y=S);$$

$$d_2: (x_1=X_1) \& (x_2=X_2) \& (x_4=X_4) \& (x_5=X_5) \& \dots \& (x_8=X_8) \& (x_{10}=X_{10}) \& \dots \& (x_{13}=X_{13}) \Rightarrow (y=MS);$$

$$d_3: (x_1=X_1) \& (x_2=X_2) \& (x_3=X_3) \& \dots \& (x_{12}=X_{12}) \& (x_{13}=X_{13}) \Rightarrow (y=P);$$

$$d_4: (x_1=X_1) \& \dots \& (x_5=X_5) \& (x_9=X_9) \& (x_{10}=X_{10}) \& (x_{11}=X_{11}) \& (x_{12}=X_{12}) \& (x_{13}=X_{13}) \Rightarrow (y=VS);$$

$$d_5: (x_1=X_1) \& (x_2=X_2) \& (x_3=X_3) \& (x_4=X_4) \& (x_5=X_5) \& (x_6=\neg X_6) \& (x_7=\neg X_7) \& (x_{10}=X_{10}) \& (x_{11}=X_{11}) \& (x_{12}=\neg X_{12}) \& (x_{13}=X_{13}) \Rightarrow (y=S);$$

$$d_6: (x_1=\neg X_1) \& (x_2=\neg X_2) \& (x_4=\neg X_4) \& (x_9=\neg X_9) \Rightarrow (y=US).$$

Qaydaların sol hissələrindən olan qeyri-səlis çoxluqların kəsişmə əməliyyatını həyata keçirməklə və Lukaseviç implikasiyasını $\mu(a, u) = \min\{1, 1-\mu(a)+\mu(u)\}$ [4, 6] tətbiq etməklə, müvafiq qeyri-səlis münasibətlər aşağıdakı matrislər şəklində əldə olunub:

$$R_1 = \begin{bmatrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\ 0.0198 & 0.9802 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0367 & 0.9633 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0504 & 0.9496 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0406 & 0.9594 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.0232 & 0.9768 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.2579 & 0.7421 & 0.8421 & 0.9421 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} & 0 & 0.3162 & 0.4472 & 0.5477 & 0.6325 & 0.7071 & 0.7746 & 0.8367 & 0.8944 & 0.9487 & 1 \\ 0.0198 & 0.9802 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0367 & 0.9633 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0504 & 0.9496 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0406 & 0.9594 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.0232 & 0.9768 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.2579 & 0.7421 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.0198 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9802 & 1.0000 \\ 0.0367 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 1.0000 \\ 0.0504 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 1.0000 \\ 0.0406 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 1.0000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.0232 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 1.0000 \\ 0.0513 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 1.0000 \end{bmatrix},$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} & 0 & 0.01 & 0.04 & 0.09 & 0.16 & 0.25 & 0.36 & 0.49 & 0.64 & 0.81 & 1 \\ 0.0198 & 0.9802 & 0.9902 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0367 & 0.9633 & 0.9733 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0504 & 0.9496 & 0.9596 & 0.9896 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0406 & 0.9594 & 0.9694 & 0.9994 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.0232 & 0.9768 & 0.9968 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0513 & 0.9487 & 0.9587 & 0.9887 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix},$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\ 0.0198 & 0.9802 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0367 & 0.9633 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0504 & 0.9496 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0406 & 0.9594 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.0200 & 0.9800 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.0882 & 0.9118 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix},$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} & 1 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.8676 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9324 & 0.8324 & 0.7324 & 0.6324 & 0.5324 & 0.4324 & 0.3324 & 0.2324 & 0.1324 \\ 0.0003 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9997 \\ 0.2902 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9098 & 0.8098 & 0.7098 \\ 0.6570 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9430 & 0.8430 & 0.7430 & 0.6430 & 0.5430 & 0.4430 & 0.3430 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.2290 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9710 & 0.8710 & 0.7710 \\ 0.0016 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9984 \end{bmatrix}.$$

Qeyri-səlis münasibətlər R_1, R_2, \dots, R_6 -nın “min” əməliyyatı ilə kəsişməsi nəticəsində, ümumi funksional həll R matrisi şəklində əldə olunub.

$$R = \begin{bmatrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\ a_1 & 0.9802 & 0.9802 & 0.9324 & 0.8324 & 0.7324 & 0.6324 & 0.5324 & 0.4324 & 0.3324 & 0.2324 & 0.1324 \\ a_2 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9633 & 0.9997 \\ a_3 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9496 & 0.9098 & 0.8098 & 0.7098 \\ a_4 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9594 & 0.9430 & 0.8430 & 0.7430 & 0.6430 & 0.5430 & 0.4430 & 0.3430 \\ a_5 & 0.9526 & 0.9626 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9803 & 0.9744 \\ a_6 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9710 & 0.9582 & 0.8582 \\ a_7 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9697 & 0.9468 \\ a_8 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9478 & 0.9924 \\ a_9 & 0.9565 & 0.9665 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9738 & 0.9687 \\ a_{10} & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9181 & 0.9168 \\ a_{11} & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9531 & 0.9017 \\ a_{12} & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.8840 & 0.7840 & 0.6840 \\ a_{13} & 0.9794 & 0.9794 & 0.9794 & 0.9794 & 0.9794 & 0.9579 & 0.8579 & 0.7579 & 0.6579 & 0.5579 & 0.4579 \\ a_{14} & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9627 & 0.8627 & 0.7627 & 0.6627 \\ a_{15} & 0.9636 & 0.9736 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9767 & 0.9778 \\ a_{16} & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9751 & 0.8751 & 0.7751 \\ a_{17} & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9238 & 0.9998 \\ a_{18} & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9816 & 0.9274 & 0.8274 \\ a_{19} & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8939 & 0.8671 \\ a_{20} & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9814 & 0.9963 \\ a_{21} & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9766 & 0.9566 \\ a_{22} & 0.9643 & 0.9643 & 0.9643 & 0.9643 & 0.8829 & 0.7829 & 0.6829 & 0.5829 & 0.4829 & 0.3829 & 0.2829 \\ a_{23} & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.9267 & 0.8826 & 0.7826 \\ a_{24} & 0.9545 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9604 & 0.9246 & 0.8246 \\ a_{25} & 0.4503 & 0.5503 & 0.6503 & 0.7503 & 0.8503 & 0.9503 & 0.9734 & 0.9734 & 0.9734 & 0.9734 & 0.9973 \\ a_{26} & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9755 & 0.9923 \\ a_{27} & 0.9790 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9815 & 0.9367 \\ a_{28} & 0.9815 & 0.9798 & 0.8798 & 0.7798 & 0.6798 & 0.5798 & 0.4798 & 0.3798 & 0.2798 & 0.1798 & 0.0798 \\ a_{29} & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9768 & 0.9710 & 0.8710 & 0.7710 \\ a_{30} & 0.7421 & 0.8421 & 0.9421 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9487 & 0.9984 \end{bmatrix}$$

[4]-ə əsasən müəllimin fəaliyyətinin qənaətbəxş olub-olmaması ilə bağlı qeyri-səlis nəticənin çıxarılışı U universal çoxluğunun E_j qeyri-səlis altçoxluğu şəklində ifadə olunur

və bu altçoxluğun mənsubiyyət funksiyasının uyğun qiymətləri R matrisinin k -cı sətrindən götürülür.

Qeyri-səlis nəticələrin ədədi qiymətlərlə qiymətləndirilməsi üçün defazzifikasiya üsulu tətbiq olunur. Məsələn, a_1 müəllimin fəaliyyətinin qənaətbəxşliyi ilə bağlı qeyri-səlis nəticə aşağıdakı qeyri-səlis çoxluq şəklində təqdim olunur (R matrisinin 1-ci sətrinə bax):

$E_1 = \{0.9802/0, 0.9802/0.1, 0.9324/0.2, 0.8324/0.3, 0.7324/0.4, 0.6324/0.5, 0.5324/0.6, 0.4324/0.7, 0.3324/0.8, 0.2324/0.9, 0.1324/1\}$.

Bu qeyri-səlis çoxluq üçün uyğun α -səviyyəli altçoxluqlar ($E_{1\alpha}$) müəyyənləşdirilir və onların müvafiq kardinal ədədləri (elementlərin sayca çəkili qiymətləndirilməsi) aşağıdakı düstur vasitəsilə hesablanır:

$$M(E_{1\alpha}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_j.$$

Belə ki, aşağıdakıları tapırıq:

- əgər $0 < \alpha < 0.1324$: $\Delta\alpha = 0.1324$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.8, 0.9, 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.50$;
- əgər $0.1324 < \alpha < 0.2324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.8, 0.9\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.45$;
- əgər $0.2324 < \alpha < 0.3324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.7, 0.8\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.40$;
- əgər $0.3324 < \alpha < 0.4324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 0.6, 0.7\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.35$;
- əgər $0.4324 < \alpha < 0.5324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.30$;
- əgər $0.5324 < \alpha < 0.6324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.25$;
- əgər $0.6324 < \alpha < 0.7324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.20$;
- əgər $0.7324 < \alpha < 0.8324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2, 0.3\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.15$;
- əgər $0.8324 < \alpha < 0.9324$: $\Delta\alpha = 0.1$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1, 0.2\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.10$;
- əgər $0.9324 < \alpha < 0.9802$: $\Delta\alpha = 0.0478$, $E_{1\alpha} = \{0, 0.1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.05$.

[4, 6]-ə əsasən müəllimin fəaliyyətinin qənaətbəxşliyi ilə bağlı qeyri-səlis nəticənin ədədi qiymətləndirilməsi aşağıdakı düsturla həyata keçirilir:

$$F(E_k) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(E_{k\alpha}) d\alpha \quad (k = 1 \div 30).$$

Xüsusi halda, a_1 -ə münasibətdə qeyri-səlis nəticə üçün aşağıdakıları alırıq:

$$F(E_1) = \frac{1}{0.9802} \int_0^{0.9802} M(E_{1\alpha}) d\alpha = \frac{1}{0.9802} [0.5 \cdot 0.1324 + 0.45 \cdot 0.1 + 0.40 \cdot 0.1 + 0.35 \cdot 0.1 + 0.30 \cdot 0.1 + 0.25 \cdot 0.1 + 0.20 \cdot 0.1 + 0.15 \cdot 0.1 + 0.1 \cdot 0.1 + 0.05 \cdot 0.0478] = 0.2944.$$

Eyni qayda ilə Cədvəl 2-də ümumiləşdirilmiş digər müəllimlərin akademik fəaliyyətinin keyfiyyəti ilə bağlı qeyri-səlis nəticələrin ədədi qiymətləndirmələrini hesablamaq olar. Bu cədvəldə həm də hər iki üsulla müəllimlərin sıralanması təqdim olunur. Defəzifikasiya edilmiş ən yüksək qiymətə malik olan müəllim ən yüksək akademik fəaliyyət keyfiyyətinə sahib olan müəllim kimi hesab olunur.

Cədvəl 2. Müəllimlərin akademik indekslərinə əsasən sıralanması

Müəllim	(1)-dən istifadə etməklə		FIS-in tətbiqilə	
	İndeks	Dərəcə	İndeks	Dərəcə
a_1	0.209	29	0.2944	29
a_2	0.409	24	0.5182	5
a_3	0.369	26	0.4779	23
a_4	0.284	28	0.3846	27
a_5	0.516	14	0.5020	8
a_6	0.428	23	0.4935	17
a_7	0.534	13	0.4988	13
a_8	0.489	16	0.5225	4
a_9	0.576	7	0.5010	10
a_{10}	0.485	17	0.4999	11
a_{11}	0.482	18	0.4973	16
a_{12}	0.352	27	0.4698	24
a_{13}	0.402	25	0.4168	26
a_{14}	0.583	5	0.4664	25
a_{15}	0.581	6	0.5014	9
a_{16}	0.574	8	0.4837	22
a_{17}	0.572	9	0.5380	3
a_{18}	0.535	12	0.4894	20
a_{19}	0.657	3	0.4985	14
a_{20}	0.452	21	0.5075	7
a_{21}	0.445	22	0.4990	12
a_{22}	0.495	15	0.3616	28
a_{23}	0.543	10	0.4898	19
a_{24}	0.535	11	0.4914	18
a_{25}	0.631	4	0.5941	1
a_{26}	0.732	2	0.5085	6
a_{27}	0.463	20	0.4978	15
a_{28}	0.132	30	0.2699	30
a_{29}	0.475	19	0.4838	21
a_{30}	0.743	1	0.5409	2

EKSPERT-FUZZY QIYMƏTLƏNDİRMƏLƏRİN ÇOXLAYLI NEYRON ŞƏBƏKƏSİNİN MƏNTİQİ BAZISINDƏ KOMPİLYASIYASI

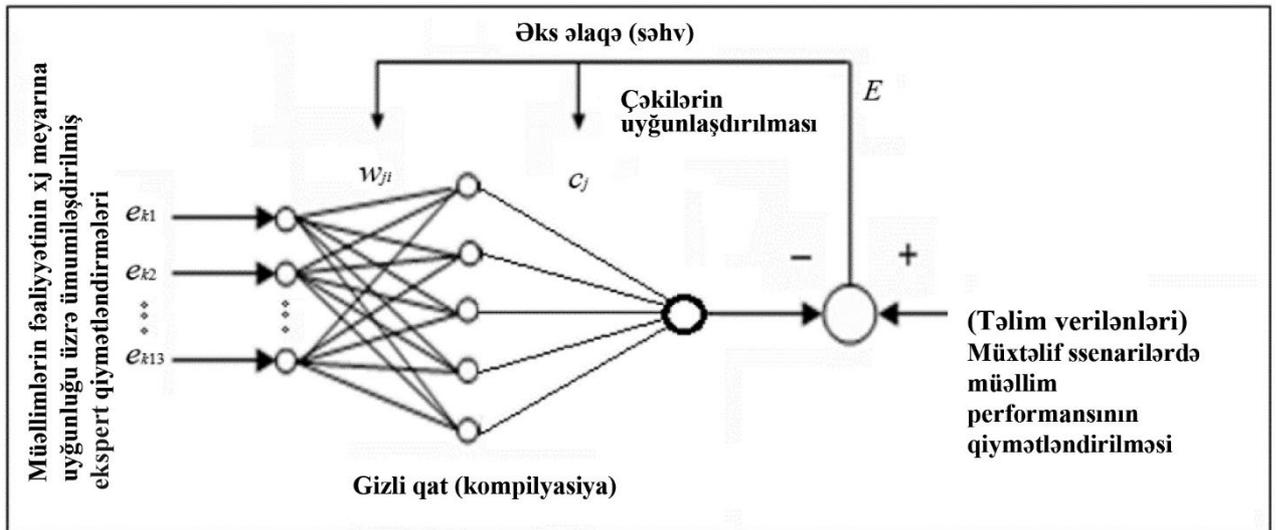
Neyron şəbəkə modeli (1) və FIS əsasında ekspert rəyləri ilə əldə olunmuş alternativlərin inteqral qiymətləndirmələrinin xarici təsvirini effektiv daxili təsvirə çevirməklə əldə olunmuş biliklərin toplanması və sistemləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Bizim araşdırmalarımızda 30 müəllimin qənaətbəxş elmi-tədris fəaliyyətinə dair xarici biliklər

$$\{(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{13k}) \rightarrow y_k\}_{k=1}^{30}$$

informasiya modeli şəklində təqdim olunur; burada y_k müəllimin akademik indeksidir və bu indeks həm (1), həm də FIS-dən istifadə olunmaqla hesablanır. Kəmiyyətə qiymətləndirmələrdə heç bir şübhə olmadığı halda, F xəyali çoxfaktorlu funksiyası üçlaylı feedforward neyron şəbəkəsi ilə approksimasiya oluna bilər. Bu isə

$$z_k = \sum_{j=1}^r c_j \phi[\sum_{i=1}^{13} w_{ji} x_{ik} - \theta_j] \quad (k=1 \div 30)$$

çıxış siqnallarına ($k=1 \div 30$) gətirib çıxarır, burada r – simulyasiya zamanı istifadəçi tərəfindən seçilən gizli layda olan qeyri-xətti neyronların sayıdır; w_{ji} və c_j uyğun olaraq giriş və çıxış sinoptik əlaqələrin çəkilibdir; θ_j gizli layda yerləşən j -ci qeyri-xətti neyronun hədd (bias) qiymətidir; $\phi(\cdot)$ gizli layda yerləşən qeyri-xətti neyronun $\phi(t) = 1/[1 + e^{-(t-\theta)}]$ siqmoid tipli aktivasiya funksiyasıdır.



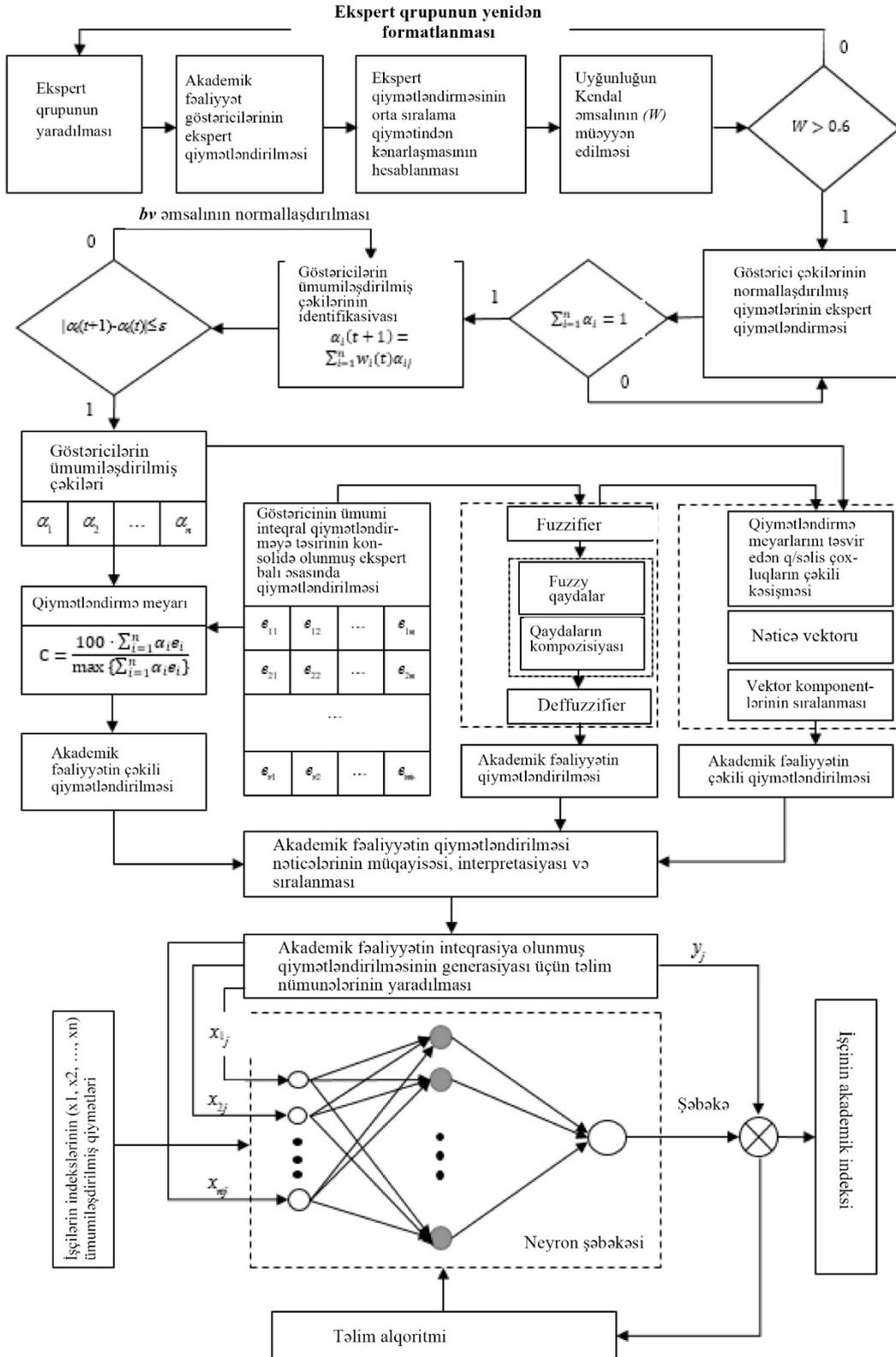
Şəkil 1. Üçlaylı neyron şəbəkənin təlimi (öyrədilməsi) proseduru

Şəkil 1 neyron şəbəkəsinin parametrlərinin tənzimlənməsi yolu ilə öyrədilməsi sxemini göstərir: giriş və çıxış əlaqələrinin çəki əmsalları, həmçinin gizli laydakı qeyri-xətti neyronların hüdud səviyyələri. Şəbəkə $(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{13k})$ giriş vektoru şəklində formalaşdırılmış ekspert qiymətləndirmələrinin konsolidasiya olunmuş siqnallarını qəbul edir. Arzu olunan çıxışlar isə iki ssenari, yəni (1) və FIS-in vasitəsilə hesablanan göstəricilərdir. Bu isə təsəvvür edilən kəsilməz funksiyanın approksimasiyası üçün tələb olunur: $F: R^{13} \rightarrow R^1$.

Birinci ssenari üzrə təlim keçdikdən sonra, məsələn, (0.10, 0.12, 1.50, 2.89, 2.95, 2.86, 5.11, 3.28, 2.12, 2.86, 3.01, 1.25, 4.09) (Cədvəl 1-də 1-ci sətir) giriş məlumatlarına neyron şəbəkəsi çıxışda 0.209-dan ixtiyari dərəcədə kiçik kənarlaşma siqnalı ilə cavab verməlidir.

Müzakirə olunan məsələ və onun həlli əhəmiyyətli dərəcədə daha mürəkkəbdir. Ümumi halda əsas problem müəllimlərin yekun akademik göstəricilərinin hesablanmasında istifadə olunan meyarların mahiyyətinin və onların nisbi çəkisinin müəyyən edilməsidir. Bu, kəmiyyət metodları ilə aparılan təhlilin əsas çətinliyi olaraq qalır. Ekspert sistemlərinin və ekonometriya modellərinin qarşılaşdığı çətinlikləri nəzərə alaraq, müəllimlərin çoxmeyarlı qiymətləndirilməsinə yanaşmanın mümkün həlli həm obyektiv (kəmiyyət), həm də subyektiv (keyfiyyət) göstəricilərlə sərbəst işləyə bilən xüsusi riyazi nüvəyə əsaslanan qiymətləndirmə sistemidir. Belə nüvə, məsələn, çoxlaylı neyron şəbəkənin məntiqi bazisində qurulmuş hibrid modelləşdirmə sistemi ola bilər, məsələn, çoxlaylı neyron şəbəkəsinin məntiqi bazisində FIS formasında (Rzayev, 2016; Zadeh, 1975). Belə bir sistemin nümayiş nümunəsi ANFIS-dir (Adaptiv Neural Fuzzy Inference System). ANFIS qiymətləndirmə xüsusiyyətlərini linqvistik dəyişənlər formasında qəbul etməklə ölçmələrin vahidliyi prinsipini, birmənalı anlaşılıqlığı və çoxmeyarlı qiymətləndirmənin yekun nümunəsinin adekvat təqdimatını təmin edə bilər.

Beləliklə, neural-fuzzy paradiqma əsasında universitet müəlliminin elmi-pedaqoji fəaliyyətinin inteqral qiymətləndirilməsi üçün həm ekspert qiymətləndirmələrini, həm də çoxmeyarlı alternativlərin qeyri-səlis modellərini birləşdirən funksional-analitik nüvə təklif olunur. Bu nüvənin strukturu şəkil 2-də təqdim edilib. Bu struktur [2 və 3]-də təsvir olunmuş bizim tədqiqatlarımızı da özündə birləşdirir.



Şəkil 2. EMPRO sisteminin informasiya-analitik nüvəsinin strukturu

NƏTİCƏ

Göstərilən bütün nümunələrdə əsas məlumatların vahid, ardıcıl və ziddiyyətsiz olmasına baxmayaraq, ümumi çəkili qiymətləndirmə üsulu ilə əldə olunan reyting nəticələri, FIS vasitəsilə əldə olunan müvafiq nəticələrdən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Bununla belə, implikativ qaydalara əsaslanan evristik yanaşmanı reallaşdıran adaptiv FIS ən uğurlu qiymətləndirmə mexanizmi hesab oluna bilər, çünki onun formalaşdırılması xüsusi riyazi biliklər tələb etmir. HR-menecerlər FIS-in əsasında duran şifahi modelin strukturuna daim düzəlişlər edə bilərlər.

Beləliklə, məqalədə həm ənənəvi, həm də hibrid versiyada müəllimin akademik indeksini – onun çoxşaxəli fəaliyyətini əks etdirən integral göstəricini hesablayan neyron şəbəkə strukturunun (həm ənənəvi, həm də hibrid versiyada) yaradılması üçün təlim nümunəsinin formalaşdırılmasının iki üsulu təklif olunub.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

- ¹ Andreychikov, A.V., Andreychikova, O.N. (2000). Analiz, sintez, planirovaniye resheniy v ekonomike – Moskva: Finansy i statistika. 368 s.
- ² Bonczek, R.H., Holsapple, C.W., Whinston, A.B. (2014). Foundations of decision support systems. Academic Press, New York.
- ³ Mərdanov, M.J., Əliyev, E.R., Rzayev, R.R., Abdullayev, Kh.Kh. (2023). Formation of the academic index of a university teacher based on weighted evaluation criteria. The Springer Series “Lecture Notes in Networks and Systems”, 758, Vol. 2, pp. 600-608.
- ⁴ Mərdanov, M.J., Əliyev, E.R., Rzayev, R.R., Abdullayev, Kh.Kh. (2023). Universitet müəllimlərinin akademik fəaliyyətini əks etdirən göstəricilərinin ekspert təhlili əsasında integral indeksinin hesablanması. Azerbaijan Journal of Educational Studies. №2, pp. 10-20 (in Azerbaijani).
- ⁵ Rzayev, R.R. (2012). Neuro-Fuzzy Modeling of Economic Behavior. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken (in Russian).
- ⁶ Rzayev, R.R. (2016). Analytical Decision Support in Organizational Systems. Palmerium Academic Publishing, Saarbruchen (in Russian).
- ⁷ Zadeh, L. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I // Information sciences. 8(3). P. 199-249.