

## LÜTFİ ZADƏNİN İRSİ VƏ QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQİN HUMANİSTİK SİSTEMLƏRİN DAVRANIŞLARININ ÖYRƏNİLMƏSİNDƏ ƏHƏMİYYƏTİ

**MİSİR MƏRDANOV**, AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor, AMEA-nın Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu, Azərbaycan, Bakı. e-mail: misirmardanov@yahoo.com | <http://orcid.org/0000-0003-3901-0719>

**RAMİN RZAYEV**, Texnika elmləri doktoru, professor, AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu, Azərbaycan, Bakı. e-mail: ramirza@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0001-7658-2850>

**XANMURAD ABDULLAYEV**, Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu. e-mail: [khanmurad.abdullayev@sinam.net](mailto:khanmurad.abdullayev@sinam.net) <https://orcid.org/0000-0002-0095-3114>

### Məqaləyə istinad:

Mərdanov M., Rzayev R., Abdullayev X. (2021). Lütfi Zadənin irsi və qeyri-səlis məntiqin humanistik sistemlərin davranışlarının öyrənilməsində əhəmiyyəti. *Azərbaycan məktəbi*. № 3 (696), səh. 11–28

### Məqalə tarixçəsi

Göndərilib: 29.07.2021

Qəbul edilib: 26.08.2021

### ANNOTASIYA

2017-ci il sentyabrın 6-da Berkli şəhərində (ABŞ, Kaliforniya) zəmanəmizin böyük alimi Lütfi Əsgər Zadə 97 yaşında vəfat etdi. Təbiiqə riyaziyyat və süni intellekt nəzəriyyəsinin bir sıra əsas elmi istiqamətlərinin banisi olan L.Zadənin şəxsiyyətində dünya elmi əvəzolunmaz itki ilə üzləşdi. Professor L.Zadə ətraf mühit haqqında mövcud təsəvvürləri sürətlə dəyişən yeni fundamental elmi paradıqmaları yaratmağa qadir olan azsaylı alimlərdən biri idi. Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin və linqvistik dəyişənlərin əsaslarının təməlini qoyan elmi tədqiqatları alimə dünya şöhrəti qazandırmışdır. L.Zadə qeyri-səlis məntiqin və təqribi mühakimə nəzəriyyəsinin tək banisi, eyni zamanda mümkünlük nəzəriyyəsinin və ümumi qeyri-müəyyənlik nəzəriyyəsinin, Z-ədədləri və ümumiləşdirilmiş məhdudiyətlər nəzəriyyəsinin, dənəvər (qranulyar) və yumşaq hesablamaların müəllifidir.

**Açar sözlər:** Humanistik sistem, linqvistik dəyişən, qeyri-səlis çoxluq, qeyri-səlis məntiq.

## L.ZADE'S LEGACY AND THE SIGNIFICANCE OF FUZZY LOGIC IN THE STUDY OF THE BEHAVIOR OF HUMANISTIC SYSTEMS

**MISIR MARDANOV**, Institute of Mathematics and Mechanics of ANAS, Azerbaijan, Baku. e-mail: misirmardanov@yahoo.com  
<http://orcid.org/0000-0003-3901-0719>

**RAMIN RZAYEV**, Institute of Control Systems of ANAS, Azerbaijan, Baku. e-mail: raminrza@yahoo.com | <https://orcid.org/0000-0001-7658-2850>

**KHANMURAD ABDULLAYEV**, Institute of Control Systems of ANAS, Azerbaijan, Baku. e-mail: khanmurad.abdullayev@sinam.net  
<https://orcid.org/0000-0002-0095-3114>

### To cite this article:

Mardanov M., Rzayev R., Abdullayev Kh. (2021). L.Zade's legacy and the significance of fuzzy logic in the study of the behavior of humanistic systems. *Azerbaijan Journal of Educational Studies*. Vol. 696, Issue III, pp. 11-28

### Article history

Received: 29.07.2021  
Accepted: 26.08.2021

### ABSTRACT

September 6, 2017 in Berkeley (USA, California) at the 97-th year, the Great scientist of modernity Lotfi Askar Zadeh passed away. In the person of L.Zade, who is the founder of a number of major scientific directions in applied mathematics and the theory of artificial intelligence, world science has suffered an irreparable loss. Professor L.Zadeh was one of those few scientists whose original ideas are capable of generating new fundamental scientific paradigms that are rapidly changing notions about the environment. The world-famous scientist was brought by his scientific research, which laid the foundations of the theory of fuzzy sets and linguistic variables. L.Zadeh is the personal founder of fuzzy logic and the theory of approximate reasoning, the author of the theory of possibility and the general theory of uncertainty, the developer of the theory of Z-numbers and generalized constraints, the founder of granular and soft computing.

**Keywords:** Humanistic system, linguistic variable, fuzzy set, fuzzy logic.

## GİRİŞ

İki əsrin qovuşmasında Lütfi Zadə ilə sıx əməkdaşlıq edən elm adamları onu dövrü-müzün Eynşteyni adlandırırlar. Bir çoxları isə onun qabaqcıl elmi düşüncəni əhəmiyyətli dərəcədə zənginləşdirdiyini, XX əsrdə müxtəlif sahələrdən olan mütəxəssislərin bizi əhatə edən reallıq və hər şeydən əvvəl, klassik elmlərin təşəkkül tapmış normaları haqqında fikirlərində bir inqilab etdiyini iddia edirlər. L.Zadə “Qeyri-səlis riyaziyyat”, “Qeyri-səlis fizika”, “Qeyri-səlis kimya”, “Qeyri-səlis psixologiya”, “Qeyri-səlis topoqrafiya” və s. kimi bir çox müasir elm sahələrinin yaranmasının əsasını qoyub. Adi bir adamın, hətta qeyri-səlis məntiqin tətbiqi üzrə işlərlə tanışlığı olmayan bəzi mütəxəssislərin L.Zadənin kəşflərinin mahiyyətinin nə olduğunu başa düşməsi çətindir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu görkəmli elm xadimi hazırda dünyada tədqiqatçıların elmi kəşflərində ən çox istinad etdikləri alimdir. Məsələn, təkcə XX əsrin son onilliyində onun əsərlərinə istinadların sayı 36 mini keçmişdir.

Lütfi Zadənin qeyri-dəqiq qərarlar qəbul etməkdə linqvistik dəyişənlərin əhəmiyyəti və rolu ilə bağlı qeyri-standart fikirləri zəif strukturlu humanistik sistemlərin (insanın iştirakını nəzərdə tutan) sağlam insan mühakimələri paradigmatında analizi və məsələlərin həlli üçün yeni imkanlar yaradır. Xüsusi halda, I.B. Turksen (Türkşen İ.B.) öz məqaləsində (Turksen, 2001) qeyd edir: “... *L.Zadənin ən əhəmiyyətli tezisi ondan ibarətdir ki, humanistik sistemlərdə mühakimələr və qərarların qəbul olunması ölçülərdən (baxmayaraq ki, onlar vacib komponentdir) daha çox, linqvistik və ya hiss edilən qiymətləndirmələrə əsaslanır*”. Qeyri-səlis məntiq vasitələri sayəsində giriş və çıxış dil xüsusiyyətləri arasındakı səbəb-nəticə əlaqələrini dolğun şəkildə əks etdirən hər cür verbal modelləri rəsmiləşdirmək mümkündür. Nəticədə, kəmiyyət (ölçülə bilən) məlumatlarla yanaşı, hesablama prosesinə keyfiyyət (ölçülməyən, zəif strukturlaşdırılmış) kateqoriyaların cəlb edilməsi mümkün olub.

## LÜTFİ ZADƏNİN ELMI VƏ İDEOLOJİ İRSİ

Lütfi Zadəyə ümumdünya elmi şöhrətli Olimpə sürətlə qalxmaq üçün dünyanın aparıcı elmi dövrü nəşrlərində dərc olunan qeyri-səlis çoxluqlar və qeyri-səlis məntiqlə bağlı fundamental məqalələri imkan verdi: “Qeyri-səlis çoxluqlar” (Zadeh, 1965), “Qeyri-səlis hadisələrin ehtimal ölçüləri” (Zadeh, 1968), “Kompleks sistemlərin və qərarqəbuletmə proseslərinin təhlilinə yeni yanaşmanın əsasları” (Zadeh, 1973), “Qeyri-səlis çoxluqlar mümkünlük nəzəriyyəsinin əsası kimi” (Zadeh, 1978), “Təxmini mülahizələr nəzəriyyəsi” (Zadeh, 1979) və s. Bir çox sahələrdə elmi təfəkkür modellərində (paradigmatlarda) nəzərəçarpacıq bir irəliləyiş edərək, bu əsərlər klassik riyaziyyatın, təbiət elmlərinin, xüsusən də mühəndislik və qeyri-təbiət (humanitar) elmlərinin inkişafına əhəmiyyətli təsir göstərdi. Yuxarıda göstərilən məqalələr çoxsaylı tətbiqi kəşflərə, elektronika sahəsində yeni

həllərin ortaya çıxmasına səbəb oldu və “Yumşaq hesablama texnologiyası” əsaslarını – effektiv hibrid neyro-qeyri-səlis modelləşdirmə sistemlərinin yaradılmasına gətirib çıxardı.

L.Zadənin elmi və ideoloji irsi əslində necə görünür və necə ifadə olunur? Bu suala qısa şəkildə cavab verməyə çalışacağıq.

1965-ci ildə özünün ilk işində (Zadeh, 1965) L.Zadə əsas münasibətləri və onlarla əlaqəli əməliyyatları (bərabərlik, yuvalama, əlavə, birləşmə, kəsişmə) müəyyən edən “mənsubiyyət dərəcələrinin davamı (kontiniumu)”, eləcə də qeyri-səlis çoxluqların qabarıq kombinasiyası; inikas nəticəsində yaranan qeyri-səlis çoxluqlar; qabarıq qeyri-səlis çoxluqların separabelliyi kimi qeyri-səlis çoxluqlar haqqında ümumi anlayış daxil edir.

Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsini dərindən başa düşmək üçün, ilk növbədə “qeyri-səlis (fuzzy)” termininin etimoloji kökünə müraciət etmək lazımdır. R.Hodgenin məqaləsində (Hodge, 2001) qeyd olunur ki, “*qeyri-səlis məntiq L.Zadənin insan dillərinə xas olan müxtəlif məntiqləri incə qavraması ... elmi təfəkkür üçün təbii dillərin güclü və zəif cəhətlərinin tədqiq olunmasına marağı əsasında yaranmışdır*”. Dilçilik sahəsində geniş biliyə malik olan bu böyük alim fiziki və mexaniki hadisələrin mahiyyəti ilə heç bir əlaqəsi olmayan “qeyri-səlis” ifadəsini dil və ya təfəkkür kateqoriyası olaraq istifadə edir. XX əsrin sonlarında yazdığı məqaləsində (Zadeh, 1997) isə fiziki hadisələr axınını sərhəd şərtlərinin tipologiyası kimi adlanan qeyri-səlis kateqoriyaların təsviri baxımından irəli sürmüşdür ki, burada o, insanların sifət cizgilərinə görə bir-birlərini necə qəbul edib, tanıdıqlarını təsvir edir.

Qeyri-səlis məntiqin inkişafının ilkin mərhələsi L.Zadənin üçüncünü istisna edən məntiq qanununu və ona ikili olan uyğunluq məntiq qanununu zəiflətməyin zəruriliyinə dair sübutuna əsaslanırdı. Aristotel dövründən bəri bu qanunlar klassik çoxluqlar nəzəriyyəsində dayanıqlı hesab edilmişdir. Yeni “vinerdənsənəki” tarix göstərdi ki, yeni nəzəriyyələri kəşf etmək və inkişaf etdirmək üçün ənənəvi düşüncə tərzindən imtina etmək lazımdır. Nəticədə, elm dünyası iki hissəyə bölündü: süni intellektə çatmaq üçün klassik yanaşmaların (“*yuxarıdan aşağıya*”) tərəfdarları və yeni düşüncənin və yanaşmaların yaradılmasını müdafiə edən (“*aşağıdan yuxarıya*”) yolun tərəfdarları. Əslində, klassik nəzəriyyənin əsas aksiomunu rədd edərək, L.Zadə 1965-ci ildə yüksələn inkişaf yolu ilə bu sıçrayışı həyata keçirdi.

O, 1968-ci ildə, qeyri-səlis hadisələrin başvermə ehtimalı ölçülərinə həsr olunmuş bir məqaləsində (Zadeh, 1968) “bu gün aydın bir gündür”, “*x*-in qiyməti təxminən 7-dir”, “virusun varlığını test edərkən müsbət nəticələrdən bir qədər çox mənfi nəticələr əldə edildi” kimi nümunələrlə izah edilən “qeyri-səlis hadisə” anlayışını daxil etdi. “Fikirdə iştirak edən sözlərin mənasının qeyri-dəqiqliyi səbəbindən bu ifadələr zəif strukturlaşdırılmış ifadələrdir, yəni onların müəyyən bir növə aid olduğu bilinir”. Məhz belə ifadələri L.Zadə riyazi ifadələrin qeyri-səlis ümumiləşdirmələri hesab edirdi. Bunların

vasitəsilə də qeyri-səlis hadisələr halı üçün hesabi orta, variasiya, entropiya kimi anlayışları ümumiləşdirdi.

Məlum olduğu kimi, 1-ci tip qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin əsasını (Fuzzy-1) dəqiq müəyyən edilmiş sərhədləri təsvir edən mənsubiyyət funksiyaları təşkil edir. Ancaq sərhədlər müəyyən zonalarla ifadə edildikdə, yəni zəif fərqləndirildikdə (bulanıq şəkildə), belə hallarda L.Zadə onları 2-ci tip (və ya Fuzzy-2), daha sonralar isə bu qaydada ifadə edirdi. Xüsusilə, 2-ci növ qeyri-səlis çoxluq  $\tilde{A}$  belə təyin olunur:

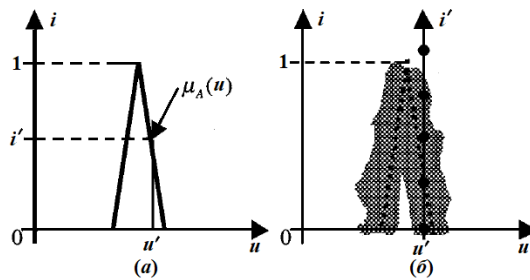
$$\tilde{A} = \{((u, i), \mu_{\tilde{A}}(u, i)) \mid \forall u \in U \text{ və } \forall i \in J_u \subseteq [0, 1]\},$$

burada  $U$  – universum;  $\mu_{\tilde{A}}(u, i)$  isə  $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(u, i) \leq 1$  şərtini ödəyən 2-ci növ uyğun mənsubiyyət funksiyasıdır. Universum  $U$  kontiniumdursa, onda onun qeyri-səlis alt çoxluğu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\tilde{A} = \int_{u \in U} \int_{i \in J_u} \mu_{\tilde{A}}(u, i) / (u, i), \quad J_u \subseteq [0, 1],$$

burada « $\int$ » simvolu bütün mümkün  $u$  və  $i$  üzrə birləşməni əks etdirir. Diskret universum halında « $\int$ » simvolu « $\sum$ » simvolu ilə əvəz olunur.

Fuzzy-2 halında, elementlərin qeyri-səlis çoxluqlara mənsubiyyətinin ayrı-ayrı qiymətləri 2-ci növ mənsubiyyət funksiyaları ilə verilir, yəni bu halda mənsubiyyətin müəyyənləşdirilməsində qeyri-dəqiqliyin özü nəzərə alınır. Bu cür mənsubiyyət funksiyaları bu və ya digər sözün (bax, şəkil 1b) müxtəlif semantik xüsusiyyətləri ilə bağlı linqvistik qeyri-müəyyənliyini ifadə edə bilər. Ünsiyyət praktikasında, bir çox sözlərin qeyri-dəqiq mənası olur, hətta eyni bir kontekstdə belə, bəzən ikimənalı olur və ya başa düşülmür. Məsələn, 2-ci və daha yüksək tipli qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə müxtəlif sahələrdə qərarqəbuletmə prosesində baş verən risklərin ölçüsünü əks etdirmək mümkündür.



Şəkil 1. a – 1-ci növ üçbucaqlı mənsubiyyət funksiyası; b –  $u = u'$  olduqda diskretləşmə daxil olmaqla 1-ci növ "aydın görünməyən" mənsubiyyət funksiyası

Qeyri-səlis məntiqin inkişafı və tətbiqində növbəti vacib addım 1970-ci ildə R.Bellman (Bellman R.E.) ilə birlikdə L.Zadə tərəfindən nəşr olunan qeyri-səlis mühitdə qərarqəbuletməyə həsr olunmuş kitabda (Bellman, Zade, 1970) öz əksini tapdı. Xüsusilə, məqalədə əsas məqsədlərin və / və ya baza məhdudiyyətlərinin zəif strukturlaşmış formada, daha doğrusu, qeyri-dəqiq təbiətli formada verildiyi çoxaddımlı qərarqəbuletmə

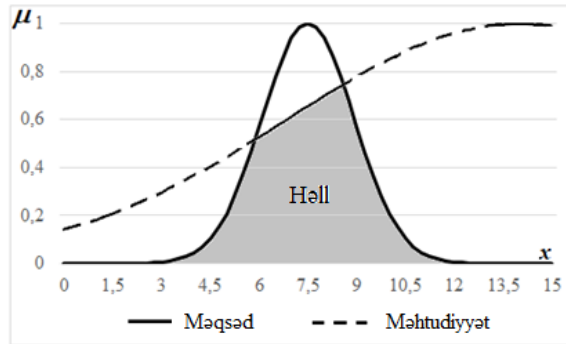
proseslərinin nümunələrindən istifadə edərək, kökündən yeni bir yanaşma göstərilir. Sonradan bu yanaşma qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarqəbuletmə prosesində, daha konkret desək, qeyri-səlis məlumatların mövcudluğu şəraitində çoxkriteriyalı optimallaşdırma məsələsinin həllində Bellman – Zadə prinsipi adlandırılmağa başlandı. Tapşırığın özü aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\min_{\bar{x}} \{f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x})\}, \quad \bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in S,$$

burada  $f_k: R^n \rightarrow R$  ( $k \geq 2$ ) – qənaətbəxşlik meyarlarını təsvir edən və bir qayda olaraq, qarşılıqlı ziddiyyət təşkil edən məqsəd funksiyaları;  $S$  boş olmayan təyin oblastıdır.

Bellman-Zadə prinsipi üzrə qeyri-səlis mühitdə qərarların qəbul olunması, eyni zamanda qeyri-səlis məqsədləri (keyfiyyət meyarlarını) və qeyri-səlis məhdudiyyətləri təmin edən ən yaxşı alternativin çoxmeyarlı seçimidir (bax, şəkil 2). Bu halda məqsəd və məhdudiyyətlər arasında heç bir fərq qoyulmur, belə bir fərq olarsa, o, şərti xarakter daşıyır.

L.Zadə 1971-ci ildə dərc olunan oxşarlıq və qeyri-səlis nizamlar haqqında yeni bir məqaləsində (Zadeh, 1971) oxşarlıq münasibətinə, həm də qeyri-səlis xətti nizamlar, qeyri-səlis ön nizamlar və zəif nizamlara refleksivlik, simmetriklik və tranzitivlik xassələrinə malik olan “qeyri-səlis münasibətlər” kimi baxır. Əslində, bu məqalə onun qeyri-səlis çoxluqların əsaslarını bundan sonrakı tətbiqi işlər üçün ilkin şərt kimi yaratdığı beşillik araşdırmalarının nəticəsi oldu.



Şəkil 2. Bellman-Zade prinsipi üzrə qərarqəbuletmənin illüstrasiyası

İllər keçdikcə qərarqəbuletmə prosesi və idarəetmə texnologiyaları daha mürəkkəb şərtlərlə üzləşir ki, burada qeyri-müəyyənliyin əsas faktorlarından biri idarəetmə obyektinin yerləşdiyi informasiya vəziyyətinin mürəkkəbliyinin eksponensial olaraq artmasıdır. Digər çətinlik yaradan amil, paylanma xarakterli və qeyri-stasionar əlaqələr də daxil olmaqla çoxsaylı əlaqələrin olması ilə xarakterizə olunan idarəetmə obyektinin özünün mürəkkəbliyi səbəbindən idarəetmə sisteminin mürəkkəbliyinin artmasıdır. Buna görə də bütün bu məsələlər idarəetmə texnologiyasında kompleks sistemlərin yeni yanaşma və modellərinin tətbiqi zərurətini yaratdı.

1973-cü ildə L.Zadə ilk dəfə olaraq linqvistik dəyişən anlayışını və məntiqi çıxarışın kompozisiya qaydasını (Zadeh, 1973) tədqiqatlarına daxil etdi və tezliklə bu, qeyri-səlis çıxarış mexanizminin inkişafında öz əksini tapdı. Məqalədə qeyd olunurdu ki, məhdud sayda linqvistik qaydalar zəif strukturlaşdırılmış sistemlərin davranışlarının təsviri üçün təxmini olsa da, hələ də effektiv vasitədir. Belə sistemlər isə onlara dəqiq riyazi metodların tətbiqi üçün pis formallaşdırıla bilən sistemlərdir. Zəif strukturlaşdırılmış sistemlərə (məsələlərə) ən çox iqtisadiyyat, idarəetmə, məlumat axtarışı, süni intellekt, psixologiya, dilçilik, tibb, biologiya, bir sözlə, insan faktorunun olduğu sahələrdə rast gəlmək olur. Bu işin davamı olaraq 1975-ci ildə E.Mamdani və S.Assilian (Mamdani, Assilian, 1975) qeyri-səlis tənzimləyici kimi linqvistik qaydalar sistemini sənayedə tətbiq etməklə qeyri-səlis idarəetmənin təməlini qoydular.

Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin daha da inkişaf etdirilməsi üçün əsas model (paradiqma) olaraq L.Zadənin mühakiməsini vurğulamağa ehtiyac vardır: *“Riyaziyyat, fizika, kimya, mühəndislik elmləri və bu kimi digər sahələrdə üstünlük təşkil edən yüksək dəqiqlik standartları biliklərimizin qeyri-dəqiq olması ilə xarakterizə olunan sosiologiya, psixologiya, dilçilik, tarix, fəlsəfə, antropologiya, ədəbiyyat, incəsənət və digər sahələrlə əyani ziddiyyət təşkil edir”*. Bu fikri o, 1976-cı ildə *“Mürəkkəb və ya qeyri-dəqiq anlayışların tərifinə qeyri-səlis alqoritmik yanaşma”* adlı məqaləsində bildirmişdir. Başqa bir vacib paradiqma L.Zadənin bu ifadəsi hesab edilə bilər: *“əsas marağımız məlumatın ölçüsünü təyin etməkdən daha çox (Şannon və Wienerin statistik informasiya nəzəriyyəsi əsərləri mənasında), informasiyanın mənasını təsvir etməkdirsə, informasiyanın analizinə mümkünlük nöqtəyi-nəzərindən yanaşma ona ehtimal nöqtəyi-nəzərindən yanaşmadan öz təbiətinə görə daha rahat və təbiidir”*. Bu paradiqmanı o, 1978-ci ildə nəşr olunan *“Qeyri-səlis çoxluqlar mümkünlük nəzəriyyəsinin əsası kimi”* məqaləsində qeyd etmişdi. Elə bu məqalədə L.Zadə *“imkanların paylanması”, “mümkünlük ölçüsü”, “həqiqətin keyfiyyətli təsviri”, “ehtimalı kvalifikasiya”* və s. kimi anlayışları elmi dövriyyəyə buraxmışdır.

Qeyri-səlis məntiqin inkişafında ən vacib mərhələ L.Zadənin 1975-1976-cı illərdə nəşr olunan *“Linqvistik dəyişən anlayışı və onun təxmini qərarların qəbul olunmasında tətbiqi”* (Zadeh, 1975; 1976) ümumi başlığı altında dərc edilən məqalələri olmuşdur. Bu seriya müəllifin belə bir ifadəsi ilə açılır: *“Linqvistik dəyişən dedikdə, o dəyişən başa düşülür ki, onun qiymətləri hər hansı təbii və ya süni bir dildə sözlər və söz birləşmələridir”*. Elə bu məqalədə qeyd edilir: *“Bizim dəqiqlik, ciddilik və kəmiyyətə heyranlığımızı və qeyri-müəyyən, ciddi olmayan və keyfiyyətə olan biganəliyimizi nəzərə alsaq, rəqəmsal kompüterlərin gəlişi təəccüblü deyil, çünki onlar mexaniki olanlarla, yəni cansız sistemlərlə çox effektiv şəkildə əməliyyat aparırlar. Bu cansız sistemlərin davranışı mexanika, fizika, kimya, elektromaqnetizm qanunları ilə müəyyən olunur. Təəssüf ki, humanistik sistemlər haqqında bunu söyləmək olmaz ...”*.

1979-cu ildə nəşr olunan “Təxmini mühakimələr nəzəriyyəsi” (Zadeh, 1979) adlı növbəti əsərində L.Zadə proyeksiya, semantik ekvivalentliyin məntiqi nəticəsi və s. prinsipləri nəzərə alaraq, təxmini mühakimələri təmin etmək baxımından qeyri-səlis çıxarış sisteminin imkanlarını ətraflı təhlil edir.

Professor L.Zadənin elmi əsərləri süni intellekt nəzəriyyəsinin inkişafına böyük təsir göstərmişdir. O, 1983-cü ildə nəşr olunan “Ekspert sistemlərində qeyri-müəyyənliyin idarə olunmasında qeyri-səlis məntiqin rolu” məqaləsində yazırdı: *“Qeyri-müəyyənliyin idarə olunması problemi ekspert sistemlərinin dizaynında çox vacib məsələdir, çünki adi ekspert sisteminin məlumat bazasında olan məlumatların çox hissəsi qeyri-dəqiqdir, natamamdır və ya etibarlı deyil”*.

1996–2001-ci illərdə nəşr olunan “Qeyri-səlis məntiq – sözlərlə hesablamalar” (Zadeh, 1996; 2001) ümumi başlığı altında bir sıra əsərlərdə L.Zadə bildirirdi: *“Qeyri-səlis məntiqin əsas töhfəsi sözlərlə hesablamalar üçün metodologiyanın yaradılmasıdır. Bunun üçün başqa bir metodologiya hələ yoxdur”*. Həmin məqalədə professorun çox vacib bir qeydi vardır: *“Hesablama, adətən, rəqəmlər və simvollarla manipulyasiyanı nəzərdə tutur. Əksinə olaraq, insanlar hesablama və mühakimələrdə sözlərdən istifadə edirlər və bu zaman şifahi nəticələrə gələrkən təbii dil vasitələri ilə ifadə olunan və ya psixoloji (qavrayışlı) obrazlar şəklində çıxış edən sözlərdən istifadə edirlər”*.

Professor L.Zadənin süni intellekt sahəsində daha çox araşdırma aparmaq üçün leytmotiv sayıla biləcək əsas fikirlərini təqdim edirik:

- “Maşın intellektinin (yüksək əmsallı intellektuallığa malik MIQ) əsasları axtarıldıqan, biz, ən qəribə insan qabiliyyətlərindən birinin fundamental qiymətini daha yaxşı başa düşməyə gəlib çıxdıq. Bu, əslində, heç bir ölçmə və hesablama işi aparmadan geniş diapazonda fiziki və zehni məsələləri yerinə yetirmək deməkdir. Bu qabiliyyətin əsasında insan beyninin duyğu-qavrama obrazlarla manipulyasiyası ilə əlaqəli ən vacib xüsusiyyətinə əsaslanır: məsafə, ölçü, çəki, güc, rəng, oxşarlıq, həqiqət və digər fiziki və zehni xüsusiyyətlərin hiss olunması”.
- “Qavrayış qiymətləndirmələrlə ölçmələr arasındakı əsas fərq, hər şeydən əvvəl, ölçülərin dəqiq, qiymətləndirmələrin qeyri-dəqiq olmasıdır”.
- “İnsanlar özlərinin qavrama obrazlarını təsvir etmək üçün sözlərdən istifadə edirlər və bu əsasda qavrayış obrazları ilə manipulyasiya sözlərlə hesablamalara gətirib çıxarır”.
- “Yaxın illərdə sözlərlə və qavrayış qiymətləndirmələri ilə hesablamalar, görünür ki, elm və texnikanın ən vacib istiqamətlərindən biri olacaq”.

Bütün həyatı boyu ABŞ-ın böyük universitetlərində səmərəli fəaliyyət göstərən professor L.Zadə, eyni zamanda bir çox xarici ölkələrin akademialarının həqiqi və fəxri üzvüdür. Eyni üzvlük statusu ona 1965-ci ildə, otuz illik ayrılıqdan sonra ilk dəfə Bakıya – doğulduğu və uşaqlıq illərinin keçdiyi şəhərə səfər edərkən Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası tərəfindən də verildi.



## UNİVERSİTETLƏRİN RƏQABƏT QABİLİYYƏTİNİ QIYMƏTLƏNDİRMƏK VƏ REYTINGLƏRİNİ HESABLAMAQ ÜÇÜN QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQİN TƏTBİQİ

Azərbaycanda L.Zadənin nailiyyətlərini bu və ya digər tətbiqi məsələlərin həllində fəal şəkildə istifadə edən müxtəlif sahələrdən olan çoxlu mütəxəssislər vardır. Xüsusilə, son beş il ərzində universitetlərin rəqabət qabiliyyətinin qiymətləndirilməsi və reytinglərinin hesablanması üçün məlumat və analitik dəstək sisteminin metodoloji əsası hazırlanmışdır. Burada başlanğıc nöqtə ondan ibarətdir ki, məsələnin özü zəif strukturlaşmış məsələdir, universitetin özü isə humanistik sistemdir. L.Zadə həmişə humanistik sistemləri sanki fərq, diferensial və ya inteqral tənliklərlə ifadə olunan mexaniki sistemlər kimi təhlil etmək meylini gücləndirən bir ənənəyə qarşı çıxırdı. O bir vaxtlar yazırdı: *“Bizim əsas tezisimiz odur ki, mahiyyət etibarilə adi kəmiyyət metodları ilə sistemlərin analizi humanistik sistemlər və ümumiyyətlə, humanistik sistemlərlə mürəkkəbliyə cəhətdən müqayisə oluna bilən sistemlər üçün yararlıdır ... Sistem nə qədər mürəkkəbdirsə, onun davranışları haqqında o qədər də dəqiq və eyni zamanda praktiki əhəmiyyətə malik mühakimələr irəli sürə bilsək”* (Zadəh, 1973). Xüsusi halda, L.Zadə hesab edirdi ki, dəqiq kəmiyyət analizi insanın fəal iştirakını şərtləndirən real sosial, iqtisadi və digər məsələlərin həlli üçün, görünür ki, böyük praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Universitetlərin rəqabət qabiliyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi, zəif strukturlaşmış bir məsələ olaraq, çoxşaxəli yanaşma tələb edir. Buna görə də onun həlli üçün tərəfimizdən riyazi statistikanın metod və modelləri, qeyri-səlis məntiqin elementləri, qeyri-səlis çoxluqlar və neyron şəbəkələri nəzəriyyələrindən, həm də hibrid (neural-fuzzy) sistemlərdən və müasir informasiya texnologiyalarından istifadə edilmişdir. Aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən 9 məqalə və bir monoqrafiya nəşr olunmuşdur.

2015-ci ildə qeyri-səlis çıxarış metodunun tətbiqinə əsaslanaraq hazırladığımız çalışmada təhsil xidmətlərinin marketing məkanının və əmək bazarında universitetin rəqabət mövqeyinin qiymətləndirilməsi üçün modellər təklif edilmişdir (Mərdanov, Rzayev, Džhamalov, Xudadova, 2015). Bu tədqiqat kontekstində universitetlərin rəqabət qabiliyyətinin qiymətləndirilməsi üçün çevik və universal bir sistemin yaradılmasına qeyri-səlis bir yanaşma təklif olunur. Elə həmin ildə Rusiyanın aparıcı “İdarəetmə problemləri” jurnalında bir məqalə dərc edildi (Mərdanov, Rzayev, Džhamalov, Gasanov, 2015). Bu məqalədə universitetlərin rəqabət qabiliyyətinin, onların qeyri-səlis çıxarış sisteminin tətbiqi ilə qiymətləndirilməsi təklif olunur. Buraya universitetlərin rəqabət qabiliyyətliliyinin təhlilinə marketing mühitinin və universitetlərin təhsil xidmətləri bazarında rəqabət mövqeyinin çoxmeyarlı qiymətləndirilməsi daxildir.

Universitetlərin marketing mühiti 13 göstərici üzrə qiymətləndirilmişdir:  $x_1$  – dövlət dəstəyi,  $x_2$  – abituriyentlərin rəqabəti,  $x_3$  – ümumtəhsil məktəbləri ilə əlaqə,  $x_4$  – media strukturları vasitəsilə populyarlığın qazanılması,  $x_5$  – milli iqtisadiyyatın vəziyyəti,  $x_6$  – sosial-demografik vəziyyət,  $x_7$  – cəmiyyətin sosial-mədəni mövqeyi,  $x_8$  – cəmiyyətin siyasi və hüquqi təminatı,  $x_9$  – hədəfə istiqamətləndirmə,  $x_{10}$  – tətbiq olunan tədris texnologiyası,

$x_{11}$  – universitetin təşkilati strukturu,  $x_{12}$  – professor-müəllim heyətinin səviyyəsi,  $x_{13}$  – bir-birinə rəqib olan ali məktəblərin sayı. Universitet ixtisaslarının rəqabət mövqələrinin qiymətləndirilməsi 2 göstərici əsasında aparılır:  $y_1$  – verilən ixtisas üzrə universitetin bazar payı,  $y_2$  – universitetin verilən ixtisas üzrə bazar payının artım sürətidir. Hər iki halda da keyfiyyəti qiymətləndirmə meyarlarının  $x_i$  ( $i = 1 \div 13$ ) və  $y_j$  ( $j = 1, 2$ ) linqvistik dəyişənləri (termləri) təsviri üçün uyğun  $\tilde{A}$  qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə aşağıdakı Gauss mənsubiyyət funksiyasından istifadə edilmişdir :

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \exp[-(u-u_0)^2/\sigma^2],$$

burada  $u$  – cari mövqe üzrə universitetin göstəricisi;  $u_0$  – bütün universitetlərin cari mövqe üzrə göstəricilərinin orta qiyməti;  $\sigma^2$  – sıxlıqdır (dispersiya).

Marketing mühitinə və universitetlərin rəqabət mövqeyinə münasibətdə qiymətləndirmə mühakimələri  $J = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\}$  diskret universiumunun uyğun qeyri-səlis alt çoxluqları vasitəsilə təsvir olunan çıxış linqvistik dəyişənlərin termləri (qiyməti) şəklində düzülmüşdür. Xüsusi halda,  $\forall j \in J$  çıxış xassələri növbəti termlərdir:

$F = \text{ƏLVERİŞLİ}$ ,  $\mu_F(j) = j$ ;  $MF = \text{ƏLVERİŞLİDƏN DAHA YUXARI}$ ,  $\mu_{MF}(j) = \sqrt{j}$ ;

$VF = \text{ÇOX ƏLVERİŞLİ}$ ,  $\mu_{VF}(j) = j^2$ ;  $P = \text{QÜSURSUZ}$ ,  $\mu_P(j) = \begin{cases} 1, & \text{if } j = 1, \\ 0, & \text{if } j < 1; \end{cases}$

$UF = \text{ƏLVERİŞSİZ}$ ,  $\mu_{UF}(j) = 1-j$ .

“Podxod k otsenke konkurentosposobnosti visshix uchebnix zavedeniy” (Mardanov, Rzayev, Dzhamalov, Gasanov, 2015) sərlovhəli məqalədə göstərilən yanaşmanın aprobasiyası qeyri-səlis çıxarış sistemindən istifadə edərək beş hipotetik universitetin nümunəsində aparılmışdır. Nəticədə, ümumi funksional həll, məsələn, universitetlərin marketing mühitinin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı matris şəklində alınır:

$$R = \begin{bmatrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\ u_1 & a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} & a_{18} & a_{19} & a_{1,10} \\ u_2 & a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} & a_{28} & a_{29} & a_{2,10} \\ u_3 & a_{30} & a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} & a_{38} & a_{39} & a_{3,10} \\ u_4 & a_{40} & a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,3} & a_{4,4} & a_{4,5} & a_{4,6} & a_{4,7} & a_{4,8} & a_{4,9} & a_{4,10} \\ u_5 & a_{50} & a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} & a_{58} & a_{59} & a_{5,10} \end{bmatrix},$$

burada hər bir sətir, uyğun universitetin marketing sahəsinin qiymətləndirilməsinə münasibətdə qeyri-səlis çıxarışını əks etdirən  $J$  diskret universiumunun  $E_i$  ( $i = 1 \div 5$ ) qeyri-səlis alt çoxluğunun mənsubiyyət funksiyasının  $a_{ik}$  ( $i = 1 \div 5$ ;  $k = 0 \div 10$ ) qiymətlərinin mənasını göstərir.  $E_i$  qeyri-səlis qiymətləndirmə nəticələrinin defazifikasiyası (səlisləşdirilməsi) üçün aşağıdakı düstur tətbiq olunmuşdur:

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

burada  $E_{i\alpha}$  –  $\alpha$ -səviyyə çoxluğu ( $\alpha \in [0, 1]$ ) və bu formada təyin olunur:  $E_{i\alpha} = \{j \mid \mu_{E_i}(j) \geq \alpha, j \in I\}$ ;  $\alpha_{\max}$  –  $E_{i\alpha}$ -da maksimal qiymətdir;  $M(E_{i\alpha}) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k - E_{i\alpha}$  çoxluğunun gücüdür.

2016-cı ildə tərəfimizdən (Mardanov, Rzayev, 2016) qeyri-səlis məntiqi çıxarış metodunun tətbiqinə əsaslanan QS WUR (QS World University Rankings) versiyası üzrə universitetlərin əsas göstəricilərinin qiymətlərinin aqreqasiyasına alternativ yanaşma təklif olunmuşdur. QS versiyasına görə siyahıdan ilk onluqda yer almış dünya universitetləri qiymətləndirilən alternativlər olaraq seçilmişdi. Hesablamaların nəticələrinə əsasən əsas göstəricilərin çəkilər üzrə məcmu qiymətləndirilməsi əsasında QS versiyasından bir qədər fərqlənən ən yaxşı universitetlərin reytingləri alınmışdır.

Bir il sonra, universitetləri göstərdikləri təhsil xidmətlərinin keyfiyyətinə görə qiymətləndirmək və sıralamaq üçün tərəfimizdən iki yanaşma tətbiq edilmişdir: 1) əsas universitet göstəricilərinin çəkilər üzrə hesablamalarına əsaslanan *statistik* yanaşma; 2) qeyri-səlis məntiqi çıxarış mexanizminin tətbiqinə əsaslanan *verbal* (Mardanov, Rzayev, 2017; Mardanov, Rzayev, Dzhamalov, Khudadova, 2017) yanaşma. Təsadüfi seçilmiş universitetlərin (hipotetik alternativlərin) qiymətləndirilməsi üçün bu metodların tətbiqinin nəticələrinə əsasən oxşar məcmu nəticələr (reytinglər) və onlara uyğun iki sıralama üsulu əldə olunmuşdur. Qeyd edilmişdir ki, daha çox sayda universitetin əhatə olunduğu təqdirdə, məsələn, QS metodologiyasında olduğu kimi, göstəricilərin qiymətləndirilməsi meyarlarının fəzififikasiyası keyfiyyəti nəzərəcərpacaq dərəcədə yaxşılaşacaq və bunun nəticəsi olaraq arzu olunan qiymətləndirilmələrin dəqiqliyi artacaq.

2017-ci ildə Almaniyanın “Palmarium Academic Publishing” nəşriyyatında qeyri-müəyyənlik şəraitində alternativlərin çoxkriteriyalı seçimi üçün qeyri-səlis metodları əks etdirən “Universitetlərin çoxkriteriyalı sıralaması üçün qeyri-səlis metodologiya” (Mardanov, Rzayev, Dzhamalov, 2017) kitabı nəşr olundu. Bu kitabda qeyri-müəyyənlik şəraitində alternativlərin çoxkriteriyalı seçimi qeyri-səlis metodlar, həm də təhsil xidmətlərinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi, universitetlərin sıralanması və onların təşkilati strukturlarının optimallaşdırılması ilə bağlı məsələlərin həllinə yanaşmalar öz əksini tapmışdır.

Növbəti 2018 və 2019-cu illərdə informasiya qıtlığı şəraitində alternativlərin çoxkriteriyalı qiymətləndirilməsi üçün qeyri-səlis metodlar nəzərdən keçirilmişdir (Mardanov, Rzayev, 2018; 2019). Qərarqəbuletmə prosesinin analitik dəstəklənməsi məqsədilə ekspert rəyləri əsasında əldə edilən alternativlərin çəkilər üzrə yekun qiymətləndirmələr haqqında biliklərin xarici təqdimatının feedforward neyron şəbəkəsinin məntiqi bazisində effektiv daxili təqdimata adekvat transformasiyası vasitəsilə, əldə edilmiş biliklərin kompilyasiyasına yeni yanaşmalar ifadə olunmuşdur.

2019-cu ildə isə regional xüsusiyyətlərə uyğunlaşdırılmış bir sıra kriteriyalardan istifadə edərək universitetlərin fəaliyyətinin səmərəliliyinin konstruktiv qiymətləndirilməsi üçün metodologiya təklif edilmişdir (Mardanov, Rzayev, Ibragimov, Dzhamalov, 2019). Bu çoxluq 18 kriteriyadan ibarətdir və üç hissəyə bölünür – “Potensial”, “Fəaliyyət və təhsilin keyfiyyəti”, “Beynəlxalq nüfuz” əsas göstəriciləri üzrə. Onlardan bəziləri, universitetdə

müəyyən bir keyfiyyətə malik obyektlərin və ya universitetin əmək bazarında payının onların ümumi sayına və ya həcminə nisbəti olaraq hesablanır. Digər göstəricilər, məsələn, müraciət edənlər arasında cəlbəedicilik və / və ya işəgötürənlər arasında nüfuz kimi göstəricilər sırf keyfiyyət xarakteri daşıyır. Bir sıra göstəricilər isə, məsələn, universitetlərin beynəlxalq proqramlarda iştirak səviyyəsi kimi müxtəlif sxemlərə görə hesablanır. Qalanları ölçmələrin mütləq qiymətləridir. Təklif olunan metodika o faktı nəzərə alır ki, universitetlərin fəaliyyətinin müxtəlif göstəriciləri onların reytinglərinin müəyyənləşdirilməsində fərqli çəkilməyə malikdir, lakin onların prioritetləri universitetin spesifikasiyasından, ölçüsündən, yaşından və bir sıra digər xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişməlidir. Belə bir analiz nəticəsində nəinki universitetlərin reytingləri müəyyənləşdirilir, həm də onların mütərəqqi inkişaf mexanizmi göstərilir. Bu mülahizələrdən çıxış edərək qeyd etmək olar ki, həmin metodologiya çərçivəsində ekspert qiymətləndirmələri və neyron şəbəkə modelləşdirməsinin kombinasiyasına əsaslanan təhsil xidmətlərinin çoxkriteriyalı qiymətləndirilməsi və universitetlərin reytinglərinin müəyyənləşdirilməsinə yanaşma təklif olunur.

Təhsil xidmətlərinin keyfiyyətini əks etdirən amillərin nisbi təsirinin ilkin ekspert təhlilinə aşağıdakılar daxildir: 1) təsir edən amillərin seçilməsi; 2) nisbi təsirə əsaslanaraq seçilmiş amillər üçün ümumiləşdirilmiş çəkilmənin identifikasiyası; 3) təhsil xidmətlərinin əsas göstəricilərinin və buna uyğun olaraq ümumi çəki indekslərinin – universitet reytinglərinin yaradılması.

$x_{ki}$  ( $i = 1 \div n$ ) amillərinin dərəcə (ranq) qiymətləndirmələrinin qurulması üçün  $x_{ki}$  dəyişənlərini aşağıdakı prinsipə görə sıralamaq üçün mütəxəssislər cəlb olunur: ən vacib olanı “1” rəqəmi ilə, sonrakı, daha az əhəmiyyət kəsb edəni “2” rəqəmi ilə və mütəxəssisin üstünlük verdiyi formada azalma sırası ilə bu qaydada davam etmək. Bu şəkildə əldə edilən dərəcə qiymətləndirilmələri cəmlənir və onların uzlaşması qiymətləndirilir. Ekspert rəylərinin  $x_{ki}$  ( $i = 1 \div n$ ) prioriteti üzrə uzlaşma dərəcəsini müəyyənləşdirmək üçün ekspert rəylərinin çoxsaylı dərəcə (ranq) korrelyasiyasını nümayiş etdirən Kendall uyğunluq (konkordasiya) əmsalı istifadə olunur:

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

burada  $m$  – cəlb olunmuş ekspertlərin sayı;  $n$  – amillərin sayı;  $S$  – ekspert rəylərinin  $x_i$  ( $i = 1 \div n$ ) dərəcələrinin orta qiymətlərindən kənarlaşmasını göstərir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

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

burada  $r_{ij} \in \{1, 2, \dots, n\}$  –  $j$ -ci ekspert tərəfindən qoyulan  $i$ -ci təsir amilinin dərəcəsidir.

Anketlərin müstəqil şəkildə doldurulmasının ilkin mərhələsində dəvət olunan ekspertlərin hər birindən  $x_{ki}$  ( $i = 1 \div n$ ) ümumiləşdirilmiş çəkilərinin normallaşdırılmış dəyərləndirilmiş qiymətlərini  $\alpha_{ij}$  şəklində təyin etmələri xahiş olunur. Bundan sonra təsir amillərinin və ekspertlərin səriştələrinin qruplar şəklində qiymətləndirilməsi hesablanır.  $x_{ki}$  ümumiləşdirilmiş çəkilərinin normallaşdırılmış qiymətləndirilmələrinin  $i$ -ci qrupu üzrə  $\alpha_i$  qiymətlərinin hesablanması üçün aşağıdakı bərabərlik tətbiq olunur:

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

burada  $w_j(t)$  –  $t$  zamanında  $j$ -ci ekspertin ( $j = 1 \div m$ ) səriştəlilik dərəcəsini xarakterizə edən əmsəldir. Bu bərabərlikdən görüldüyü kimi, ümumiləşdirilmiş çəkilərinin normallaşdırılmış qiymətlərinin qrup şəklində qiymətlərinin tapılması prosesi təkrarlanan prosesdir və aşağıdakı şərt ödənildikdə başa çatır:  $\max_i \{|\alpha_i(t+1) - \alpha_i(t)|\} \leq \varepsilon$ , burada  $\varepsilon$  – hesablamaların mümkün olan dəqiqliyidir.

Ekspertlərin  $t$  zamanında səriştə göstəriciləri  $w_j(t)$  ( $j = 1 \div m$ ) aşağıdakı bərabərliklər əsasında hesablanır:

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

burada  $w_j(t)$  –  $j$ -ci ekspertin  $t$ -ci yaxınlaşmada səriştə göstəricisidir;  $\eta(t)$  isə  $\eta(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i(t) \alpha_{ij}$  düsturu ilə hesablanan normallaşdırıcı amildir.

Ekspert rəyləri əsasında əldə edilən biliklər, universitetlərin ümumiləşdirilmiş çəki ballarının xarici təsvirləri olaraq, öz çıxışlarında aşağıdakı şəkildə siqnalları induksiya edən üç qatlı feedforward neyron şəbəkəsinin məntiqi bazisdə effektiv daxili təsvirinə kompilyasiya olunur:

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

burada  $r$  – giriş vektorunun komponentlərinin sayı;  $m$  – sınaq və səhv yolu ilə simulyasiya prosesində istifadəçi tərəfindən seçilən “gizli” qatda qeyri-xətti neyronların sayı;  $w_{pi}$  və  $c_p$  – uyğun olaraq sinoptik giriş və çıxış əlaqələrinin çəkiləri;  $\theta_p$  – “gizli” layın  $p$ -ci qeyri-xətti neyronun həddi;  $\varphi(\cdot)$  – “gizli” layın qeyri-xətti neyronun aktivasiya funksiyası, məsələn, sigmoidal tipli  $\varphi(t) = 1 / (1 + e^{-t})$ .

## AKADEMİK REYTING SİSTEMİ

Verilənlərin emalının bütün mümkün metod və vasitələrinin inkişafı ilə standartlaşdırma təhsil biznes-prosesində həlledici amildir, çünki akademik reyting yalnız qarşıya qoyulan tələblər unifikasiya olunduqdan sonra kütləvi bir fenomen olur. Böyük həcmli məlumatların toplanması, saxlanması və təhlilini həyata keçirən avtomatlaşdırılmış akademik reyting sisteminin (AARS) fəaliyyəti tələbələrin, müəllimlərin və universitet bölmələrinin bir sıra göstəricilər üzrə rəqlənməsini təmin edir ki, bu da öz növbəsində nəinki həvəsləndirmə sistemini, həm də təhsil biznes-prosesində təşkilati qərarqəbuletməyə informasiya dəstəyini təmin edir. AARS universitet rəhbərliyini ilkin mənbələrdən alınan reytinglər şəklində faydalı məlumatlarla təchiz edir. AARS-ın köməyi ilə məlumat seqmentlərini təhlil etmək, akademik indekslərin nəinki cari, həm də gələcək dövrlər üçün müqayisəli qiymətlərini əldə etmək mümkündür. Beləliklə, təhsil xidmətlərinin göstərilməsi üzrə dinamik inkişaf edən bazar şəraitində, universitetin bütün komponentləri də daxil olmaqla onun AARS vasitəsilə məlumat profili formalaşdırılır: tələbələrin, müəllimlərin və digər istifadəçilərin fərdi profilləri, bölmə və dəstək vasitələrinin profilləri universitetin mütərəqqi inkişafında stimullaşdırıcı amilə çevrilir.

Bütün mümkün statistik qiymətləndirmə metodlarından istifadə edən hazırkı reytingləşdirmə sistemləri axtarılan inteqral qiymətləndirmələri ümumiləşdirmək və əldə etmək üçün kifayət qədər funksionallığa malikdir. Ancaq bu cür sistemlər analitik qiymətləndirmə modellərinin olmasını nəzərdə tutmur, daha doğrusu, bir tərəfdən təsir amilləri, digər tərəfdən isə yekun (ümumiləşdirilmiş) qiymətləndirmələr arasında gizli səbəb-nəticə əlaqələrini nəzərə almır. Bir qayda olaraq, belə qiymətləndirmələr tədqiqat sahəsi üzrə ekspertlərin təsir amillərinə və əsas göstəricilər üzrə əldə olunan ədədi məlumatlara (kəmiyyət qiymətləndirmələrinə) nisbətə onların rəylərinə (keyfiyyət qiymətləndirmələrinə) əsaslanır.

Arzu olunan inteqral qiymətləndirmələri əldə etmək üçün öz-özünü inkişaf etdirən hibrid (neural-fuzzy) struktur prinsiplərə əsaslanan intellektual AARS konsepsiyası təklif olunur (Zadeh, 1979). İlkin mərhələdə prioritet qaydası üzrə sıralanan qiymətləndirmə göstəricilərinin (və ya kriteriyaların) siyahıları yaradılır. Bu məqsədlə tam məlumatlara sahib olan ekspertlər cəlb olunur. Onlar, birincisi, təsir edən amillərin xüsusi çəkirlərini rəqlərə ayırır və qiymətləndirir, ikincisi, bu və ya digər göstərici üzrə məlumat profilinin (tələbə, müəllim və s.) mümkün nəticələrini qiymətləndirir. Hər bir konkret halda ekspert öz subyektiv mühakimələrinə əsaslanır və xəyali olaraq özünün üstünlüklər şkalasını yaradır. Ekspert, hətta istifadəçinin kəmiyyət xüsusiyyətlərini qiymətləndirirsə belə, onun qiymətləndirməsi hələ də “qeyri-dəqiq” rəng çalarına malikdir, çünki o həmişə keyfiyyət kateqoriyalarından istifadə etməli olur. Buna görə də, inteqral qiymətləndirməni (tələbə,

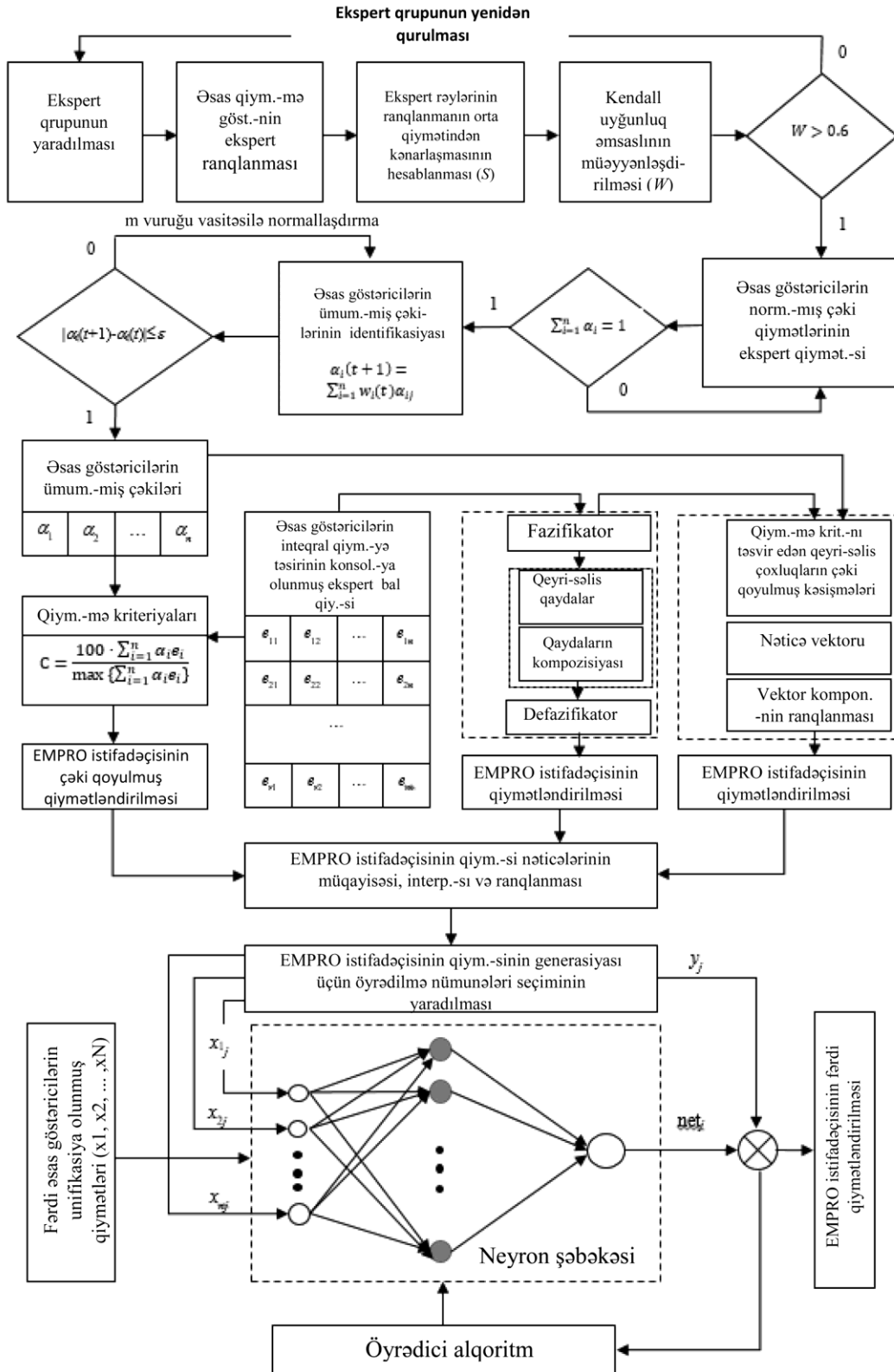
müəllim və s.) kompozisiya nəticəsi olaraq qəbul edilir, onun hər bir komponenti uyğun qeyri-səlis çoxluqla təsvir olunan linqvistik dəyişənin qiyməti şəklində təqdim olunur.

Beləliklə, qeyri-səlis paradıqmadan çıxış edərək, inteqral qiymətləndirmə üzrə (tələbə, müəllim və s.) çıxarış etmək üçün çoxkriteriyalı qiymətləndirmənin bəzi qeyri-səlis metodlarını özündə birləşdirən AARS-ın analitik nüvəsi təklif olunur. Bütün mümkün məlumat profillərinin, o cümlədən bütövlükdə universitetin profilinin yaradılması üçün təklif olunan prosedurların adekvatlığı bir çox amillərdən, o cümlədən informasiyanın lazım olan şəkildə təşkili, toplanması və saxlanması, ilkin ekspert qiymətləndirmələri əsasında əsas göstəricilərin çəkələrinin müəyyən edilməsindən, qeyri-səlis çıxarış sistemində implikativ qaydaların düzgün seçimindən və qeyri-səlis çoxluqları keyfiyyətli qiymətləndirmə kriteriyaları kimi bərpa edən mənsubiyyət funksiyalarının müəyyənəşdirilməsindən asılıdır. Analitik nüvənin sxemi Şəkil 3-də göstərilir.

## NƏTİCƏ

Lütfi Zadənin bütün elmi ictimaiyyətə yönəlmiş əsas mesajı budur ki, humanistik sistemlərdə düşünmə və qərarqəbuletmə yalnız ölçülərə (kəmiyyət qiymətləndirmələrinə) deyil, həm də linqvistik qiymətləndirmələrə əsaslanır. Qeyri-səlis məntiq texnologiyaları sayəsində həm kəmiyyət, həm də keyfiyyət xüsusiyyətlərini hesablama prosesinə cəlb etmək mümkündür.

Universitetdəki təhsil xidmətlərinin keyfiyyətinin kompleks göstəricisi təhsil proqramlarının uyğunluq dərəcəsini, təhsil prosesinin maddi-texniki təminatını, elmi-metodiki bazasını, kadr tərkibini və s. xarakterizə edən çox geniş spektrdə müxtəlif parametrləri əks etdirir. Corc Fon Neymana görə, zəif strukturlaşmış sistemin (şübhəsiz, universitetdə tədris prosesi buna aiddir) qiymətləndirilməsi üçün adekvat bir model əldə etmək istəyi öz mənasını itirir, çünki onun mürəkkəbliyi prosesin özünün mürəkkəbliyi ilə müqayisə oluna bilər. Aydındır ki, belə bir modelin tətbiqi təhsil prosesi mexanizmini nisbətən sadə və əyani şəkildə təsvir etməyə imkan verməyəcək. Üstəlik, tədris prosesi üçün kompleks, açıq və dinamik inkişaf edən bir sistem olaraq, L.Zadənin *uyğunsuzluq prinsipi* (Zadeh, 1973) tətbiq olunur. Bu prinsipə görə, onun cari və gələcək vəziyyətləri haqqında dəqiq, eyni zamanda praktiki əhəmiyyət kəsb edən mühakimələr almaq mümkün deyildir. Buna görə də, bir çox reyting agentlikləri tərəfindən tədris xidmətlərinin əsas keyfiyyət göstəricilərinin statistik qiymətləndirilməsi bu xidmətləri təşkil edən komponentlərin əvvəlcədən seçilmiş çəkələrlə cəmlənməsi yolu ilə aparılmışdır. Bu zaman çəkələrin identifikasiyası üçün profil mütəxəssislərinin evristik bilikləri əsas resurs rolunda çıxış edir.





Adətən, ekspert sistemləri səbəb-nəticə əlaqələrini əks etdirmədiyi üçün haqlı olaraq tənqid olunur. Alternativlərin qiymətləndirilməsinə analitik yanaşma,  $F = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  şəkilli çoxfaktorlu funksiyası şəklində sonlu sayda faktorun nisbi təsirini özündə ümumiləşdirən indeks vasitəsilə alternativləri müqayisə etməyə imkan verir. Bununla belə, qiymətləndirilən göstəricilərin ədədi təsvirini təşkil edən kifayət qədər kəmiyyət verilənləri, qiymətləndirmə kriteriyaları haqqında məlumatlar, üstünlük vermələr haqqında məlumatlar olmadıqda qərar qəbul edərkən istifadə olunan  $F$  tipli ekonometrik modellər verilmiş faktorların cari mənbələrinin çətin tapılmasından zərər çəkir. Buna görə də, işçi modeli giriş və çıxışları ekspert qiymətləndirmələri ilə müəyyən edilən “Qara qutu” şəklində göstərmək məqsədə uyğundur.

### İstifadə edilmiş ədəbiyyat

- <sup>1</sup> Bellman, R.E., Zadeh, L.A. (1970). Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*. Vol.17, №4. p.141-164.
- <sup>2</sup> Hodge, R. (2001). Key Terms in Fuzzy Logic Deep Roots and New Understanding, University of Western Sydney, Australia.
- <sup>3</sup> Mamdani, E.H., Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*. Vol. 7, №1. p.1-13.
- <sup>4</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R. (2016). Al'ternativnoye agregirovaniye reytingovykh otsenok v ramkakh QS-tehnologii ranzhirovaniya vysshikh uchebnykh zavedeniy. *Matematicheskoye Mashiny i Sistemy*. Institut Problem Matematicheskikh Mashin i Sistem, Kiyev. №4. s. 122-133.
- <sup>5</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R. (2017). Dva podkhoda k kompleksnoy otsenke i ranzhirovaniyu vuzov. *Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskyy zhurnal "Problemy upravleniya i informatiki"*. №4. s. 36-55.
- <sup>6</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R. (2018). Metody mnogokriterial'noy otsenki al'ternativ v logicheskoy bazise neyronnykh setey. *Nauchnyy zhurnal "Avtomatizatsiya i izmereniya v mashino-priborostroyenii"*. №3. s. 75-85.
- <sup>7</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R. (2019). One Approach to Multi-Criteria Evaluation of Alternatives in the Logical Basis of Neural Networks. *Springer's Series "Advances in Intelligent Systems and Computing"*. Vol. 896. p. 279-287.
- <sup>8</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R., Dzhamalov, Z.R. (2017). Nechotkaya metodologiya mnogokriterial'nogo ranzhirovaniya universitetov. Saarbruchen (Germany): Palmerium Academic Publishing, 164 p.
- <sup>9</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R., Dzhamalov, Z.R., Gasanov, V.I. (2015). Podkhod k otsenke konkurentosposobnosti vysshikh uchebnykh zavedeniy // *Problemy upravleniya*. Moskva. №6. s. 23-34.
- <sup>10</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R., Dzhamalov, Z.R., Khudadova, A.K. (2015). Otsenka konkurentosposobnosti vysshego uchebnogo zavedeniya na osnove nechotkogo analiza yego kachestvennykh kharakteristik // *Izvestiya Azerbaydzhanskoyn Inzhenernoy Akademii*. Tom 7. №4. s. 113-130.

<sup>11</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R., Dzhamalov, Z.R., Khudadova, A.K. (2017). Integrated Assessment and Ranking of Universities by Fuzzy Inference. *Procedia Computer Science*. Vol. 120. p. 213-220.

<sup>12</sup> Mardanov, M.Dzh., Rzayev, R.R., Ibragimov, N.S., Dzhamalov, Z.R. (2019). Formirovaniye reytingov universitetov na osnove kompilyatsii ekspertnykh otsenok v logicheskoy bazise neyronnoy seti. *Matematicheskkiye Mashiny i Sistemy*. Institut Problem Matematicheskikh Mashin i Sistem, Kiyev. №1. s. 107-123.

<sup>13</sup> Turksen, I.B. (2001). O vklade Lotfi Zade v sovremennuyu nauku i nauchnoye mirovozzreniye. *Novosti Iskusstvennogo Intellekta*. № 2-3. s. 12-15.

<sup>14</sup> Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. Vol.8. p. 338-353.

<sup>15</sup> Zadeh, L.A. (1968). Probability Measures of Fuzzy Events. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. Vol.10. p. 421-427.

<sup>16</sup> Zadeh, L.A. (1971). Similarity Relations and Fuzzy Orderings. *Information Sciences*. Vol.3. p.177-200.

<sup>17</sup> Zadeh, L.A. (1973). Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. Vol. SMC-3. p. 28-44.

<sup>18</sup> Zadeh, L.A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Parts 1 and 2. *Information Sciences*. Vol.8. p. 199-249, 301-357.

<sup>19</sup> Zadeh, L.A. (1976). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Part 3 // *Information Sciences*. Vol.9. p. 43-80.

<sup>20</sup> Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol.1. p. 3-28.

<sup>21</sup> Zadeh, L.A. (1979). A Theory of Approximate Reasoning. *Machine Intelligence* / Ed. by J. Hayes, D. Michie and L.I. Mikulich. New York: Halstead Press. p.149-194.

<sup>22</sup> Zadeh, L.A. (1996). Fuzzy Logic – Computing with Words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. Vol. 4. p. 103-111.

<sup>23</sup> Zadeh, L.A. (1997). Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 90. p.111-127.

<sup>24</sup> Zadeh, L.A. (2001). From Computing with Numbers to Computing with Words – From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions. *Computing with Words* / Ed. by P.P. Wang. New York: Wiley and Sons, p. 35-68.