

DÜNYADA VƏ AZƏRBAYCANDA BİOTİBBİ TEXNOLOGİYALAR SAHƏSİNDƏ QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ NƏZƏRİYYƏSİ: TƏTBİQLƏR VƏ APARILAN TƏDQİQATLAR

Qadir Arzu oğlu Qafarov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

FUZZY LOGIC THEORY IN THE FIELD OF BIOMEDICAL TECHNOLOGIES IN THE WORLD AND AZERBAIJAN: APPLICATIONS AND RESEARCH

Gadir Arzu Gafarov

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan: qafarov1997@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2560-1147>

Abstract. The article looks at research in this area to study the impact of fuzzy logic theory on biomedical research. Azerbaijani scientists engaged in the application of fuzzy logic theory in the field of biomedical technologies were noted, and their research was considered. The scientific results of the research conducted in this direction in the world and the number of scientific publications were determined. In the end, the direction of the research conducted in Azerbaijan was compared with the world trend and specific directions were identified. It was found that the research on the establishment of an expert diagnostic system for various diseases focused more on the diagnosis of dental diseases.

Keywords: fuzzy logic, biomedical research, diagnostic expert systems, scientific publications, scientific research.

© 2025 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi

İntellektual sistemlərin layihələndirilməsində qeyri-səlis məntiq konsepsiyası vasitəsilə həyata keçirilir. Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi bazasında qurulmuş konsepsiyanın əsasını 1965-ci ildə Lütfi Zadə tərəfindən qoyulmuşdur. Bəzi elm cəmiyyətinin nümayəndələri Bayes məntiqinə üstünlük versələr də, statistika və idarəetmə mühəndisləri (statisticians and control engineers) qeyri-səlis məntiq konsepsiyasından geniş surətdə istifadə edirlər. Oklahoma Dövlət Universitetinin Kimya Mühəndisliyi Məktəbinin müdiri prof. R. Russell Rhineheart ilk başda qeyri-səlis məntiq anlayışının əslində əhəmiyyətsiz olduğunu bildirməsinə baxmayaraq, Nicholas Sheble-nin köməyi ilə qeyri-səlis məntiq konsepsiyası həyata keçirilir.

Bir növ qeyri-səlis məntiq insan duyğularını müəyyən etmə imkanına malik kompüter proqram təminatıdır. Bəzi tədqiqatçılar proqramlaşdırılmış səs analizində qeyri-səlis məntiqi tətbiqi etmişdirlər. Qeyri-səlis məntiqin tətbiqi ilə səsdən insan hissənin vəziyyətini müəyyən etmək mümkün olmuşdur. Eyni zamanda bioloji sistemlərdə müxtəlif problemli situasiyaların süni intellekt vasitəsilə layihələndirilməsi və analizi aparılmışdır.

Qeyri-səlis məntiqin əsasında insan duyğularını proqramlaşdırılmış səs analizi vasitəsilə ayırd edə bilən kompüter proqramları yaradılmışdır. Bu proqramlar eyni zamanda dünyada müxtəlif fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi məqsədilə robotların proqramlaşdırılması prosesində də faydalı hesab olunur.

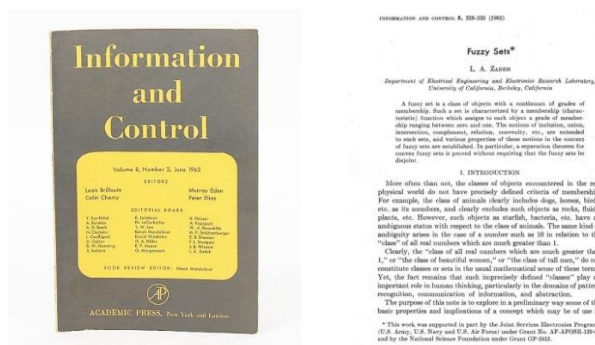
Aparılan tədqiqatların istiqamətləri

Aşağıda süni intellekt sahəsində aparılmış tədqiqatların nəticələri və onların nəşr edilməsi nəzərdə keçirilir [3]:

1) Əvvəldə də qeyd edildiyi kimi, süni intellektin banisi sayılan Lütfi Zadə məhz bu sahə üzrə ilk tədqiqat əsərinin müəllifidir. Kaliforniya Universitetinin Elektrotexnika kafedrasının müdiri vəzifəsində çalışan L.Zadə "Information and control" jurnalının 1965-ci il 3 noyabr buraxılışında "Fuzzy sets" adlı məqaləsi ilə qeyri səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin əsasını qoymuşdur.

2) 1990-ci ildə Lütfizadə mürəkkəb sistemlərin və qərar qəbul etmə prosesinin analizi üçün yeni fikirlər irəli sürülmüşdür. Beləliklə, 1990-ci ildə qərar qəbul etmə və mürəkkəb sistemlərin analizi məsələlərində qeyri-səlis məntiqdən istifadə edilməsinə başlanılmışdır. Həmin ildə 3 məqalə dərc edilmişdir: 1) Fuzzy Logic for medical expert systems, 2) Real-time expert-system-based fuzzy

control of mean arterial pressure in pigs with sodium nitroprusside infusion, 3) Fuzzy multi-level classifier for medical applications.



Şəkil 1. Lütfi Zadənin qeyri səlis çoxluq nəziyyəsinədə dair elmi məqaləsinin çap olunduğu jurnal [4]

3) 1992-ci ildə artıq tədqiqatçıların marağı qeyri-səlis məntiqi kontrollerlərin və maşınların layihələndirilməsi sahəsinə yönəlmişdir. Qeyd olunan ildə 20-ə qədər məqalə dərc edilmişdir. Bu məqalələrin tədqiqat obyekti və predmeti qeyri-səlis məntiqi kontrollerlərin yaradılması və proqramlaşdırılması olmuşdur.

4) 1993-cü ildə artıq süni intellekt sahəsində qeyri-səlis məntiq konsepsiyası istifadə edilməyə başlandı. Robotların, maşınların və müxtəlif sistemlərin qurulmasında qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin imkanları tədqiqatların predmetinə çevrilmişdir. Qeyd olunan ildə aparılmış tədqiqat nəticələri üzrə dərc olunan məqalə sayı 27-ə çatmışdır. Məqalələrin məzmunundan məlum olur ki, aparılmış tədqiqatların istiqaməti daha çox tətbiqi məsələlərə yönəlmişdir.

5) 1994-cü ildə qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi müxtəlif təyinatlı ekspert sistemlərin qurulmasında vasitəyə çevrildi. Qeyd olunan ildə 46 elmi məqalə nəşr edilmişdir. Bu məqalələrin analizi göstərir ki, optik telekommunikasiya sahəsində ilk qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinin əsası bu ildə aparılan tədqiqatlarla qoyulmuşdur. 46 məqalədən 3-ü optik sistemlərdə qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinə həsr edilmişdir.

6) 1995-ci ildə səs əmrinin tanınması və protein struktur siniflərinin proqnozlaşdırılması ilə əlaqəli tədqiqat işlərinin aparılmasına başlandı. Bu illərdə 73 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

7) 1996-cı ildə aparılan tədqiqatlarda yeni bir istiqamət formalaşmışdır. Dərman müalicəsində tətbiq olunmağa başlanılan qeyri-səlis çoxluq nəzəriyyəsi ilə preparatlarının optimallaşdırılması texnikası və onun proqram təminatı işləndi. Qeyd olunan ildə 69 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

8) 1997-ci ildə aparılan tədqiqatların əsas istiqaməti informasiya texnologiyaları sahəsində verilənlərin emalı (data processing) üzrə qeyri-səlis çoxluq nəzəriyyəsinə yönəlmişdir. Bu ildə nəşr olunan elmi məqalələrin sayı 95-ə çatmışdır.

9) 1998-ci illərdə aparılan tədqiqatlar daha çox kontrollerlərin qeyri-səlis məntiq əsasında layihələndirilməsinə həsr edilmişdir. Qeyd olunan ildə 84 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

10) 1999-cu ildə qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi vasitəsilə kosmik aparat sistemlərinin tədqiqinə başlanılmışdır. Belə ki, kosmik aparatların modelləşdirilməsi, funksional imkanların inkişaf etdirilməsi və onların sınaqdan keçirilməsi məsələlərində qeyri səlis məntiq nəzəriyyəsi tətbiq edilirdi. Qeyd olunan ildə 90 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

11) 2000-ci ildə qeyri-səlis məntiqdən istifadə olunmaqla idarə olunan genetik alqoritmin qurulması, tək girişli qeyri-səlis məntiq kontrollerlərinin layihələndirilməsi və qərarlıq analizi kimi istiqamətlərdə tətbiqi məsələlərə baxılmışdır. Ümumilikdə bu kimi məsələlərə həsr olunan 96 tədqiqat işi nəşr olunmuşdur.

12) 2001-ci ildə aparılan tədqiqatların istiqaməti özü öyrənən qeyri-səlis diskret sistemlərin (self-learning fuzzy discrete system) qurulmasına yönəlmişdir. Qeyd olunan ildə 151 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

13) 2002-ci ildə tibbi sahədə qərarların qəbul edilməsində dəstək sistemlərinin qurulmasına dair tədqiqatlara daha çox rast gəlinir. Bu ildə 119 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

14) 2003-cü ildə qeyri-səlis məntiq ilə vektor maşını üzərində tədqiqat işləri aparılmışdır. Qeyd olunan ildə 141 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

15) 2004-cü ildə qeyri-səlis vektor mühitində (Fuzzy vector media) tədqiqatların aparılmasına başlanılmışdır. Qeyd olunan ildə 182 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

16) 2005-ci ildə tədqiqatçılar güclü qeyri-səlis idarəetmə və beyin segmentasiyası üçün qeyri-xətti sistemlərin qurulması üzrə istiqamətlərdə məqalələr dərc etdirmişdir. Bu ildə 191 elmi məqalə nəşr edilmişdir.

17) 2006-cı ildə uyğunlaşan-adaptiv qeyri-səlis əlaqələr (adaptive fuzzy association) üzərində tədqiqatlara başlanılmışdır.

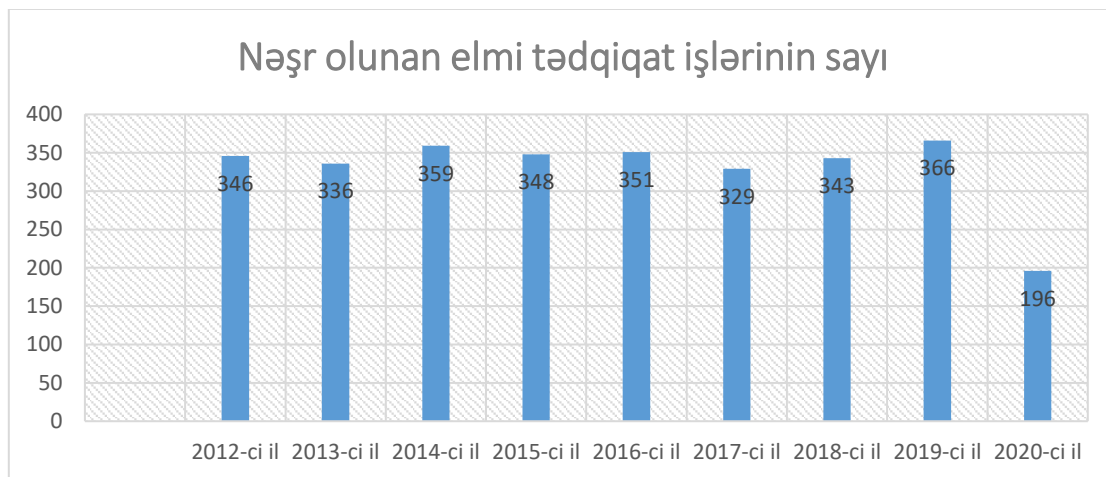
18) 2007-ci ildə data mining və qeyr-səlis sinir əsaslı sistemlər kimi müxtəlif mövzularda ümumilikdə 253 tədqiqat işi nəşr edilmişdir.

19) 2008-ci ildə tədqiqatçılar neyro qeyri-səlis məntiqdən istifadə etməyə başladılar və ümumilikdə 290 tədqiqat işi nəşr edilmişdir.

20) 2009-cü ildə aparılan qeyri-səlis məntiqə dair tədqiqatların böyük bir qismi klinik tətbiqlərə əsaslanır və ümumilikdə 312 tədqiqat işi nəşr edilmişdir.

21) Qeyri-səlis məntiq əsasında müxtəlif fəaliyyət sahələrini əhatə edən 2010-cü ildə 306, 2011-ci ildə 334 tədqiqat işi nəşr olunmuşdur.

Növbəti illərdə demək olar ki, insan fəaliyyətinin bütün sahələrində qeyr-səlis məntiq nəzəriyyəsi tətbiq edilmişdir. 2012-ci ildən 2020-ci ilə qədər nəşr olunan elmi tədqiqat işlərinin nəticələri aşağıdakı qrafikdə təsvir olunmuşdur.



Şəkil 2. Tədqiqat işlərinin illərə görə paylanması

Qeyd edək ki, 2015-ci ildə dərc olunan elmi tədqiqat işlərinin nəticələri əsasən biotibbi texnologiyalar və biotexnologiyalar sahəsinə aiddir. 2020-ci ildə nəşr olunan məqalələrin sayı (196 elmi tədqiqat nəticəsi) əvvəlki illərə nəzərən kəskin azalmışdır. Görünür ki, koronavirus pandemiyası elm tədqiqatların aparılmasına da güclü təsir göstərmişdir.

İllər üzrə verilən göstəricilərdən məlum olur ki, biotibbi texnologiyalar sahəsində qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi üzrə müəllifləri Halim M, Ho KM və Liu A. olan “Fuzzy Logic for medical expert systems” adlı məqalə olmuşdur. Məqalədə linqvistik yanaşmadan istifadə edərək tibbdə qərarların qəbul edilməsi məsələsinə baxılmışdır [5]. Həmin ildə L.I. Kuncheva müəllifliyi ilə “Fuzzy multi-level classifier for medical applications” məqaləsi çap edilmişdir. Hər iki məqalədə baxılan məsələlər ilə tibbi tədqiqatlarda qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinin fundamental əsası qoyulmuşdur [6].

Qeyri-səlis məntiq əsaslı biotibbi tədqiqatlar

Biotibbi texnologiyalar sahəsində mühəndislik sistem analizi və modelləşdirmə texnikalarının bioloji sistemlərə tətbiq olunması, fizioloji sistemlərin parametrlərinin ölçülməsi və monitorizasiyası, bioelektrik məlumatlarla əlaqədar signal emal metodlarının diaqnostik məqsədlər üçün istifadəsi, xəstə ilə əlaqədar məlumatların kompüter analizi, müalicəvi məqsədli üsul və sistemlər, tibbi vizuallaşdırma sistemlərinin inkişaf etdirilməsi, kompüter vasitəsilə diaqnozun qoyulması istiqamətli metodların işlənməsi kimi tədqiqat istiqamətlərini qeyd olar [7, 19]:

Qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi tibb və biologiyada mühüm rol oynayır [8]. Qeyri-səlis məntiqin bir çox xəstəlik qrupu ilə kəsişdiyini aşağıdakı nümunələr əsasında görmək olar.

- 1) Müvafiq litium dozasını müəyyən edilməsi,
- 2) Radiasiya terapiyasında optimal qərarların qəbul edilməsi,
- 3) Anesteziya zamanı pasientin hipertoniyasına nəzarətin təşkil edilməsi,
- 4) İnsan beynindəki sinir liflərini vizuallaşdırılması,
- 5) Dərman istifadəsinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi,
- 6) Şizofreniyada eşitmə P50 komponentinin öyrənilməsi,
- 7) Ultrasəs təsvirlərinin süni sinir şəbəkələri vasitəsilə seqmentasiyası,
- 8) Genetik alqoritmlər və çox laylı şəbəkələrdən istifadə edərək biotibbi təsvirlərin sinifləşdirilməsi,
- 9) EEG-də daşıyıcı informasiyaların süni sinir şəbəkələri vasitəsilə analizi və şərh edilməsi.

Əslində isə tibb və biologiya sahəsində tətbiqi məsələlər olduqca genişdir. Aşağıdakı cədvəldə biotibbi tədqiqatlarda qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi məsələlərinə həsr edilmiş məqalələrin sayı göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Biotibbi tədqiqatlarda qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi tətbiq olunan tədqiqat işləri [8]

Nəşr olunduğu il	Nəşrlərin sayı
≤1990	13
1991	2
1992	14
1993	24
1994	38
1995	66
1996	58
1997	76
1998	66
1999	68
2000	76
2001	128
2002	175

Biotibbi texnologiyalar sahəsi üzrə ən aktual istiqamətlərdən biri bioinformatikadır. Bioinformatika, bilikləri bioloji məlumatların kompüter analizindən əldə edir. Bu verilənlər genetik kodda saxlanılan məlumatlardan və müxtəlif mənbələrdən, xəstələrin statistikasından və elmi ədəbiyyatlardan əldə olunan eksperimental nəticələrin kəmiyyət göstəricilərindən (və bu səbəbdən qeyri-dəqiqlikdən) ibarət ola bilər. Bioinformatika kompüter elmlərini, biologiyayı, fiziki və kimyəvi prinsipləri və böyük həcmli bioloji məlumatların analiz və modelləşdirmə vasitələrini, xroniki xəstəliklərin idarə edilməsini, molekulyar hesablamanın öyrənilməsini, klonlaşdırma və bio-

hesablama sistemlərinin inkişafını özündə birləşdirir. Bioinformatika, yeni texnoloji inkişafa yüksək təsir göstərən çox aktiv və cəlbədicə tədqiqat sahələrindən biridir.

Qeyri-səlis çoxluq və qeyri-səlis məntiq texnologiyaları hal-hazırda bioinformatikada tez-tez istifadə olunur. Buna aşağıdakı bəzi nümunələri misal çəkə bilərik [8].

- 1) protein motivlərinin (protein motifs) elastikliyi artırılma üsullarının öyrənilməsi,
- 2) polinükleotidlər arasındakı fərqli xüsusiyyətlərin araşdırılması,
- 3) qeyri-səlis adaptiv rezonans nəzəriyyəsi (fuzzy adaptive resonance theory) istifadə edərək eksperimental nəticələrin təhlil edilməsi,
- 4) genetik qeyri-səlis sistemlərdən istifadə edərək DNT sıralanması,
- 5) qeyri-səlis k qonşu (k-nearest neighbors) alqoritmindən istifadə edərək dipeptid tərkibindən zülalların hüceyrəaltı yerlərinin proqnozlaşdırılması,
- 6) gen ifadələrinin təhlil edilməsi,
- 7) amin turşusu ardıcılığının təsnif edilməsi,
- 8) genlər arasındakı əlaqələri təhlil edilməsi,
- 9) genetik şəbəkəni deşifrənməsi.

Diaqnostik sistemlərdə qeyri-səlis məntiq və aparılan tədqiqatlar

Qeyri-səlis məntiq müxtəlif parametrlər əsasında yeni proqram təminatı hazırlamaqla ürək xəstələrini aşkar etmək üçün yeni imkanlar və istiqamətlər təqdim edir. Məlum olmuşdur ki, ürək xəstəliklərinin diaqnostikasında qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi 2000-ci illərdən sonraya təsadüf edir. Son illərdə ürək xəstəliklərindən əziyyət çəkən və dünya üzrə ürək xəstəliyindən ölənlərin sayısının çox olması tədqiqata marağın artmasına səbəb olmuşdur deyə bilərik.

Aşağıdakı cədvəldə ürəyin ekspert diaqnostik sisteminin qurulması istiqamətində tədqiqat aparmış müəlliflər göstərilmişdir.

Cədvəl 2

Ürəyin diaqnostikasında qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi

Nəşr ili	Tədqiqatçı	Metodologiya	Alət
2008	<u>Abdulkadir Sengur</u>	LDA və ANFIS yanaşması	MATLAB proqram təminatı
2011	Soni J və digərləri	Qərar ağacı (Decision Tree) KNN (k-nearest neighbors algorithm)	Tangara Tool
2011	Ansari A.Q və Gupta N.K	7 giriş parametrlili Mamdani qeyri-səlis məntiq, Neyro qeyri-səlis interfeys sistemi	MATLAB simulyasiyası
2012	Ephzibah	Neyro-Qeyri-səlis yanaşma	MATLAB proqram təminatı
2016	Olainiyi və digərləri	Back-propagation, Feedforward alqoritm	MATLAB proqram təminatı
2018	Chauhan	Random-Forest klasifikatoru və Qərar ağacı (Decision Tree)	MATLAB proqram təminatı

2010-cu ildə Zarandi M.H. və digərləri diaqnostik parametrləri qeyri-səlis məntiqlə təyin edərək astma diaqnozu üçün yeni sistem təklif etdi. İranda aparılmış tədqiqatda 94% həssaslıqla nəticələr əldə olundu [9].

Aşağıdakı cədvəldə astma xəstəliyinin ekspert diaqnostik sisteminin qurulması istiqamətində tədqiqat aparmış müəlliflər göstərilmişdir.

Cədvəl 3

Astma xəstəliyinin diaqnostikasında qeyr-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi

Nəşr ili	Tədqiqatçı	Metodologiya	Alət
2010	Zarandi M.H. və digərləri	Qeyri-səlis dəyərlərlə təyin olunmuş parametrlər	Mamdani qeyri-səlis məntiq
2014	Patra S and Thakur G.S.	Self-Organizing Map (SOM), Learning Vector Quantization, Back-Propagation Alqoritmi	Neuro-Fuzzy Fitting Tool (Neyro-qeyri-səlis quraşdırma)
2015	Badnjevic A və digərləri	Sinir Şəbəkəsi Təsnifatçısı, Levenberg-Marquardt Alqoritmi	MATLAB proqram təminatı

Qaraciyər xəstəliklərinin ekspert diaqnostikası sahəsində ilk işləri Satarkar S.L and Ali M.S adları ilə bağlıdır. Aşağıdakı cədvəldə qaraciyər xəstəliklərinin ekspert diaqnostik sisteminin qurulması istiqamətində tədqiqat aparmış müəlliflər göstərilmişdir.

Cədvəl 4

Qaraciyər xəstəliklərinin diaqnostikasında qeyr-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi

Nəşr ili	Tədqiqatçı	Metodologiya	Alət
2013	Satarkar S.L and Ali M.S	Mamdani qeyri-səlis məntiq (3 giriş, 1 çıxış parametrlili)	Fuzzy Logic Toolbox
2015	Hashmi A	Mamdani qeyri-səlis interfeys sistemi	MATLAB FIS

Diş xəstəliklərinin ekspert diaqnostik sistemlərinin qurulmasında aparılan ilk tədqiqat Azərbaycanlı texnika elmləri namizədi; kompüter mühəndisliyi üzrə fəlsəfə doktoru, professor, KTO Karatay Universiteti (Konya) Kompüter mühəndisliyi kafedrasının müdiri Allahverdi Novruz və Akcan T. adı ilə bağlıdır. 2011-ci ildə apardıqları tədqiqat nəticəsində diş xəstəliklərinin diaqnostikasına sərf edilən müddət minimuma endirilmişdir [11, 19]. 2016-cı ildə isə Allahverdi N. hazırlanan ekspert sistem vasitəsilə diş xəstəlikləri ilə yanaşı, eyni zamanda ürək və anemiya risklərinin ekspert diaqnostikasında da həyata keçirmək mümkündür. Aparılmış axtarışlar nəticəsində Allahverdi Novruzun ResearchGate elmi bazasında 117 elmi məqaləsi mövcuddur, tibbi diaqnostik ekspert sistemlərin qurulmasına dair 13 elmi məqaləsi müəyyən edilmişdir.

Əgər süni intellekt sahəsində çalışan azərbaycanlı elm adamlarından söhbət açılmışdırsa, texnika elmlər doktoru, professor Rafiq Əliyevi də qeyd etməmək mümkün deyildir. Professor Rafiq Əliyevin qeyri-səlis məntiq, sof Kompüter, intellektual robotlar, qeyri-səlis idarəetmə sistemləri, neyro-qeyri-səlis sistemlər və paylanmış intellektual sistemlər sahəsində apardığı tədqiqatların əksəriyyəti onların real həyat problemlərinə tətbiqi ilə əlaqədardır. Alimin tədqiq etdiyi ESPLAN ekspert sistem digər fəaliyyət sahələrində olduğu kimi tibb sahəsində də öz tətbiqini tapmışdır. Alimin tibbi diaqnostik sistemlərdə qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinə dair Journal of Medical Systems jurnalında nəşr olunan "Selection of an Optimal Treatment Method for Acute Periodontitis Disease" məqaləsi N. Allahverdi kimi diş xəstəliklərinin ekspert diaqnostikası məsələsinə həsr edilmişdir. Məqalə diş və onun sümük qundağı (çənənin alveol artımı) arasındakı ensiz boşluğu dolduran birləşdirici toxumanın diaqnostikasında qeyri-səlis Choquet inteqrasiya əsaslı yanaşma tətbiq edərək ən optimal müalicə metodunun seçilməsinə həsr edilmişdir [12]. Xəstəliyin hər mərhələsində fərqli müalicə metodlarının tətbiqinin effektivliyi diş həkimi tərəfindən linqvistik olaraq qiymətləndirilir. Bir sözlə, ən effektiv müalicə metodu qeyri-səlis sıralama metodu vasitəsi ilə müəyyən edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, professor R.Əliyevin ResearchGate elmi bazasında 122 elmi məqaləsi qeyd olunmuşdur.

Azərbaycanda tibbi diaqnostikada ekspert sistemlərin qurulması digər tədqiqatçıların da maraq dairələrinə daxil olmuşdur. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "İnformasiya texnologiyaları və idarəetmə" fakültəsinin dosenti Aynur Cəbiyeva da bu sahədə tədqiqat aparan azərbaycanlı alimlər sırasındadır. Aynur Cəbiyevanın Macarıstanın Budapeşt şəhərində "9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception" konfransında dərc olunan "The expert system virtual ophthalmologist" məqaləsi oftalmologiya sahəsində ekspert sistemin qurulmasına həsr edilmişdir [13]. Yenə həmin konfransda azərbaycanlı digər alimi texnika üzrə elmlər doktoru Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin Lətifət Qardaşova və həm müəllifi Azərbaycan Tibb Universitetinin Terapevtik Stomatologiya kafedrasının dosenti Bahadur Əliyevin "Selection of an optimal treatment method for acute pulpitis disease" məqaləsi dərc olunmuşdur. Məqalədə, Z ədədinə əsaslanan yanaşma tətbiq edərək kəskin pulpit xəstəliyi (diş pulpasının iltihabıdır) üçün optimal müalicə metodunun seçilməsinə həsr edilmişdir [14].

Qeyd etmək lazımdır ki, L. Qardaşovanın ResearchGate elmi bazasında 41 elmi məqaləsi qeyd olunmuşdur. Məqalələrdən 5-i tibbi diaqnostikada ekspert sistemlərin qurulması və ən optimal müalicə metodunun seçilməsinə həsr edilmişdir. Məqalələrdən ən maraq cəlbəedici isə "Fuzzy Expert System for Rectal Cancer" məqaləsidir. Məqalənin məqsədi kolorektal xərçəng xəstəliyi üçün qeyri-səlis nəzəriyyəsinə əsaslanan tibbi ekspert sisteminin qurulmasıdır [15].

Görünür ki, N. Allahverdi, R. Əliyev, L. Qardaşov və B. Əliyev kimi azərbaycanlı alimlərin daha çox diş xəstəliklərinin ekspert diaqnostik sistemlərinin qurulması istiqamətində işlər görmüşdülər.

Azərbaycanda süni intellektin və ümumilikdə informasiya texnologiyalarının tibbi və bioloji sistemlərdə tətbiqi məsələləri ilə məşğul olan alimlər sırasında AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor Mənsümə Məmmədovanı və İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun Tədris-İnnovasiya Mərkəzində pedaqoji fəaliyyətlə məşğul olan, texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Zərifə Cəbrayilovanı qeyd etmək lazımdır [18]. ResearchGate elmi bazasında 52 elmi məqalə ilə Zərifə Cəbrayilova və 44 elmi məqalə ilə Mənsümə Məmmədovanın əsas elmi istiqamətləri qeyd olunan digər azərbaycanlı alimlərdən fərqli olaraq diaqnostika və müalicə proseslərin qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinə deyil, tibbi sistemlərdə süni intellekt problemləri, elektron tibbi sistemin yaradılması və elmi-nəzəri problemləri, informasiya texnologiyaların səhiyyə xidmətlərində tətbiqi və tibbi sosial media istifadəçilərinin fərdi məlumatlarının təhlükəsizliyi məsələləri kimi məsələlərə həsr edilmiş məqalələr yerləşdirilmişdir. Müəlliflərin tibbi ekspert sistemlərin problemləri və perspektivlərinə həsr edilmiş məqaləsi diqqəti cəlb edir. Məqalədə, tibbi ekspert sistemləri haqqında məlumat verilir və təbii tibbi zəkanın süni tibbi zəkaya çevrilməsindən bəhs olunur. Müasir ekspert sistemlərin imkanlarını və inkişaf perspektivlərini təsvir edir. Məqalənin əsas üstün cəhətini onda görürük ki, tibbi ekspert sistemlərin qurulması istiqamətindəki Azərbaycan-dakı vəziyyət təhlil edilir və Azərbaycanda elektron səhiyyə sisteminin inkişaf etdirilməsi üçün tibb sahəsi ilə bilik mühəndisliyinin (knowledge engineering) yetişdirilməsi və inkişaf etdirilməsinin zəruriliyi qeyd olunur [16].

Elə məhz Azərbaycanda süni intellektin bir istiqaməti kimi bilik mühəndisliyi haqqında geniş miqyaslı məlumat verən ilk alimlərimizdən biri Zərifə Cəbrayilovadır. Zərifə Cəbrayilovanın "Tibbi Bilik Mühəndisliyi: Təbii Tibbi İntellektin Süni Tibbi İntellektə Transformasiyası Problemləri" adlı elmi məqaləsində tibbi məsələlərin həllində bilik mühəndisliyi texnologiyasının tətbiqi problemlərinə, biliyin alınmasının metod və nəzəri aspektləri, biliyin təsvir üsulları analizinə, ekspert sistemlərin yaradılmasında bilik mühəndislərinin icra etdiyi funksiyalar mərhələlərlə göstərilməsinə baxılmışdır [17,]. Sonda isə Respublikamızda elektron tibbin formalaşması, tibbi elektron sistemlərin yaradılması üçün bilik mühəndisliyinin inkişafına və bilik mühəndislərinin hazırlanmasına diqqətin artırılmasının vacibliyi əsaslandırılır. Zəngin elmi yaradıcılığa sahib Zenfira Cəbrayilova 5 kitab və monoqrafiya və 119 elmi əsas müəllifidir [7, 18].

Baxılan məsələlərdən aşağıdakı nəticələr çıxarılmışdır:

1. Qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi barəsində əsaslı və genişmiqyaslı tədqiqatların başlanılması 1990-cı ildən sonra başlamışdır.
2. 1990-cı ildə biotibbi tədqiqatlarda qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqinə əsaslanan tədqiqatlar aparılmışdır.
3. Optik telekommunikasiya sahəsində qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi 1994-cü ildə bir çox tədqiqatçının elmi istiqamətlərindən biri olmuşdur.
4. Klinik sahədə qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin əsas tətbiqinə 2009-cu ildən başlanılmışdır.
5. 2015-ci ildən etibarən biotibbi texnologiyalar və biotexnologiyalar sahəsində qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi intensiv xarakter daşıyır.
6. 2000-ci ildən etibarən müxtəlif xəstəliklərin diaqnostikasında ekspert diaqnostika sistemlərinin qurulmasına başlanılmışdır. 2008-ci ildə ürək xəstəliyinin diaqnostikası üçün ekspert sistemin tətbiqi Serger tərəfindən LDA və ANFIS yanaşması ilə MATLAB proqram təminatında istifadə edərək həyata keçirilmişdir.
7. Dış xəstəliklərinin diaqnostik ekspert sistemlərinin qurulması azərbaycanlı alim N. Allahverdinin adı ilə bağlıdır. N. Allahverdi tərəfindən hazırlanan ekspert sistemdə dış xəstəlikləri deyil, eyni zamanda ürək və anemiya risklərinin ekspert diaqnostikası da mümkündür. Bundan başqa R. Əliyevdə dış xəstəliklərinin diaqnostik ekspert sistemlərinin qurulması üzərində də tədqiqatlar aparmışdır.
8. A. Cəbiyeva, L. Qardaşova, Z. Cəbrayıllova və M. Məmmədova tibbi diaqnostik ekspert sistemlərin qurulması və eyni zamanda elektron səhiyyə xidmətlərinin elmi-nəzəri məsələləri üzərində tədqiqatlar aparan azərbaycanlı alimlərimizdir.
9. Azərbaycanda oftalmologiyada, xərçəng xəstəliyinin diaqnostikasında və dış xəstəliklərinin ekspert sistemlərin yaradılmasına yönəlmiş tədqiqatlara daha çox rast gəlinmişdir.
10. Azərbaycanda ümumilikdə informasiya texnologiyalarının biotibbi sistemlərdə tətbiqinə və elektron tibbi xidmətlər sisteminin qurulmasına yönəlmiş aparılmış tədqiqatların böyük bir hissəsi M.Məmmədova və Z.Cəbrayıllovanın adı ilə bağlıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Selma Büyükgöze, Ebru Dereli. Artificial Intelligence In Digital Health Applications. February 2020, Conference: Dijital Sağlık Uygulamalarında Yapay Zeka.
2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. Ashish Patel, Shailendra K Gupta, Qamar Rehman, M. K. Verma Application of Fuzzy Logic in Biomedical Informatics. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences Vol 4, №1, pp 57-62, 2013.
4. Lotfi A. Zadeh Fuzzy sets. Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353. (1965).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2260823/>
6. Ludmila I.Kuncheva Fuzzy multi-level classifier for medical applications. Computers in Biology and Medicine Volume 20, Issue 6, 1990, pp. 421-431.
7. Qafarov Q.A. Biotibbi mühəndisliyin digər elmlərə inteqrasiyası – Mərkəzləşdirilmiş tədqiqat laboratoriyalarının qurulması. Peşə təhsili və insan kapitalı. Cild 3, №1, 2020 s.72-75.
8. Angela Torres, Juan J. Nieto Fuzzy Logic in Medicine and Bioinformatics. Hindawi Publishing Corporation Journal of Biomedicine and Biotechnology Volume 2006, Article ID 91908, pp. 1-7.
9. Sunny Thukral. Medical Applications of Fuzzy Logic Inference System: A Review. J. Advanced Networking and Applications Volume: 10 Issue: 04, pp. 3944-3950 (2019).
10. Zarandi M.H., Zolnoori, M., Moin, M., Heidarnajad, H. "A fuzzy rule based expert system for diagnosing asthma". Transaction E: Industrial Engineering 2010; 17(2), pp. 129-142.
11. Novruz Allahverdi, Tevfik Akcan. A Fuzzy Expert System design for diagnosis of periodontal dental disease. Conference: Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2011 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies.
12. Rafik A. Aliev & B. F. Aliev Latafat A. Gardashova & Oleg H. Huseynov Selection of an Optimal Treatment Method for Acute Periodontitis Disease. J Med Syst (2012) 36, pp. 639-646.
13. Aynur Jabiyeva The expert system virtual ophthalmologist. 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception. Procedia Computer Science 120 (2017), pp. 284-289.

14. Bahadur F.Aliev, Latafat A. Gardashova Selection of an optimal treatment method for acute pulpitis disease. 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception. Procedia Computer Science 120 (2017), pp. 539-546.
15. Yusif R. Aliyarov, Latafat A. Gardashova, Shamil A. Ahmadov Fuzzy Expert System for Rectal Cancer. 13th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing — ICAFS-2018 (pp.160-166).
16. Masuma G. Mammadova, Zarifa G. Jabraylova DEVELOPMENT PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE MEDICAL EXPERT SYSTEMS. Problems of Information Technology, 2017, №1, pp. 73–83
17. Zərifə Cəbraylova Tibbi Bilik Mühəndisliyi: Təbii Tibbi İntellektin Süni Tibbi İntellektə Transformasiyası Problemləri. “Elektron tibbin multidissiplinar problemləri” I respublika elmi-praktiki konfransı, Bakı, 24 may 2016-cı il, s. 2050-254.
18. https://az.wikipedia.org/wiki/Z%C9%99rif%C9%99_C%C9%99bray%C4%B1lova
19. Allahverdi N. “Design of Fuzzy expert system and its applications in some medical areas”. International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers 2014; 2(1), pp. 1-8.

DÜNYADA VƏ AZƏRBAYCANDA BİOTİBBİ TEXNOLOGİYALAR SAHƏSİNDƏ QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ NƏZƏRİYYƏSİ: TƏTBİQLƏR VƏ APARILAN TƏDQIQATLAR

Q.F.Qafarov

Xülasə. Məqalədə, qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin biotibbi tədqiqatlara təsirinin öyrənilməsi məqsədilə bu sahə istiqamətində aparılmış tədqiqatlara nəzər yetirilmişdir. Biotibbi texnologiyalar sahəsində qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə məşğul olan azərbaycanlı alimlər qeyd olunmuş, onların tədqiqatlarına nəzər yetirilmişdir. Dünyada qeyd olunan istiqamət üzrə aparılmış tədqiqatların elmi nəticələri və elmi nəşrlərinin sayı müəyyən edilmişdir. Sonda, Azərbaycanda aparılan tədqiqatların istiqaməti dünyadakı tendensiya ilə müqayisə edilərək konkret istiqamətlər müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, müxtəlif xəstəliklərin ekspert diaqnostik sisteminin qurulması üzrə aparılan tədqiqatlar daha çox diş xəstəliklərinin diaqnostikasına daha nəzər yetirilmişdir.

Açar sözlər: qeyr-səlis məntiq, biotibbi tədqiqatlar, diaqnostik ekspert sistemlər, elmi nəşrlər, elmi tədqiqatlar.

Accepted: 19.05.2025