

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

NİGAR TAHİR QIZI İSMAYİLOVA

**QEYRİ-SƏLİS ÇOXLUQLAR ÜÇÜN BİR SİNİF HAMAR
MƏNSUBİYYƏT FUNKSİYALARININ TƏDQIQI VƏ
TANIMA SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQİ**

3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2014

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor

K.R. AYDA-ZADƏ

Rəsmi opponentlər:

texnika elmləri doktoru

R.M. ALIQLİYEV

fizika-riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru

B.Q. QİRİMOV

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin “İnformasiya texnologiyaları və
proqramlaşdırma” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi “11” aprel 2014-cü il, saat 14⁰⁰ – da AMEA
İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun nəzdindəki FD.01.231
Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1141, Bakı şəhəri, B. Vahabzadə küçəsi, 9.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “11” mart 2014-cü il tarixində paylanmışdır.

FD.01.231 Dissertasiya şurasının
elmi katibi, texnika üzrə fəlsəfə doktoru

R.H. ŞIXƏLİYEV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Mətnlərin optik tanınması problemi 1940-cı illərdən başlayaraq çox böyük maraq sahəsinə çevrilmişdir. Azərbaycan dilində əlyazma və çap əlyazma mətnlərinin, həmçinin nitqin tanınması məqsədilə Ayda-zadə K. Mustafayev E., Həsənov C., Rüstəmov S. və başqaları tərəfindən süni neyron şəbəkələr əsasında hazırlanmış kompüter sistemini nümunə olaraq qeyd etmək olar. Müxtəlif alqoritmlər əsasında işlənilib hazırlanmış optik tanıma sistemləri yüksək etibarlılıq və sürət nümayiş etdirsə də, bu sistemlərin istismarı zamanı bəzən təsadüfi səhvlər baş verir. Hal-hazırda tanıma sistemlərinin etibarlılığını artırmaq məqsədilə müxtəlif yanaşmalardan istifadə olunur, bunlardan biri də qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə sistemin intellektual səviyyəsinin artırılmasıdır. Dünya şöhrətli alimlərdən Gader P., Kasemsiri V., Keyersalan M., Krasteva R., Əliyev R., Murthy O. və başqaları qeyri-səlis neyron şəbəkələrdən, qeyri-səlis klasterləşmə üsullarından istifadə etməklə əlyazma mətnlərinin, müxtəlif əlifbaların çap əlyazma simvollarının, həmçinin rəqəmlərin tanınması üçün alqoritmlər təklif etmişlər. Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiq spektri çox geniş olub, videokameralardan və məişət cihazlarından tutmuş hərbi təyyarələrin idarə olunmasına qədər olan böyük sahəni əhatə edir. Qeyri-səlis məntiqlə hazırlanmış sistemlərin layihələndirilməsi üçün tələb olunan vaxt və vəsait ənənəvi riyazi modellər əsasında yaradılmış sistemlərə nisbətən daha azdır, bununla yanaşı bu sistemlər bütün tələbləri ödəmək qabiliyyətinə malikdir. Praktiki olaraq qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiqi müxtəlif məsələlərin daha əlverişli üsulla həll olunmasına imkan verir. Dünya alimlərindən Chiu S., Li G., Dutta M. və digərləri, həmçinin respublika alimlərindən Əliquliyev R., Məmmədova M., İmamverdiyev Y., İmanov Q., Rzayev R., Nəsimov Ə., Şıxlinskaya R., Qirimov B. və başqaları qərarların qəbul edilməsi, obrazların tanınması, kompüter və informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması, idarəetmə

məsələləri, biometrik sistemlər, həmçinin bir sıra ekoloji məsələlərin həll olunmasında qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi istifadə etmişlər.

Klassik çoxluqlardan fərqli olaraq qeyri-səlis çoxluğun təşkil edən elementlərin hər birinin verilmiş çoxluğun xassələrinə malik olma dərəcəsi müxtəlif olur. Qeyri-səlis çoxluqlarda “element verilmiş çoxluğa daxildir” mühakiməsi öz anlamını itirir, çünki bu zaman göstərilən elementin verilən çoxluğun xassələrinə hansı dərəcə ilə malik olmasını göstərmək lazımdır. Real həyatda rast gəlinən bir çox obyektlərin hər hansı çoxluğa daxil olmasının dəqiq təyin olunmuş meyarları mövcud deyil. Buna nümunə olaraq “1-dən çox böyük ədədlər çoxluğu”, “gözəl xanımlar çoxluğu”, “hündür kişilər çoxluğu” ənənəvi riyazi çoxluqlar və ya siniflərlə təyin oluna bilməz. Beləliklə, qeyri-səlis çoxluqları təyin edərkən xarakteristik funksiyanın (qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsində xarakteristik funksiya əvəzinə mənsubiyyət funksiyası istifadə olunur) binarlıq xüsusiyyətindən imtina olunur və onun qiymətlər oblastı $[0; 1]$ parçası götürülür.

L. Zadə, A. Kauffmann və başqaları tərəfindən qeyri-səlis çoxluqlar üçün müxtəlif tip mənsubiyyət funksiyaları sinifləri təklif və tədqiq olunmuşdur. Bu siniflərin hər birinin özünəməxsus üstünlükləri və çatışmazlıqları mövcuddur. Müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyalarının xassələri bu və ya digər halda verilmiş sinfin tətbiqini çətinləşdirir və ya qeyri-mümkün edir. Adətən bu, mənsubiyyət funksiyalarının hissə-hissə sabit olması, sıfır qiymətini yalnız asimptotik olaraq alması, qeyri-hamarlığı və digər xassələri ilə bağlı olur.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin məqsədi qeyri-səlis çoxluqlar üçün hamar mənsubiyyət funksiyaları sinfinin təklif və tədqiq olunması, bu funksiyalar sinfinin qeyri-səlis çoxluqlar üçün mövcud olan digər mənsubiyyət funksiyaları siniflərindən fərqli və oxşar cəhətlərinin araşdırılması, həmçinin təklif olunan sinfin tanıma sistemlərində tətbiqi nəticəsində digər siniflərə nəzərən üstünlüyünün göstərilməsidir.

İşdə qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- Təklif olunmuş mənsubiyyət funksiyalar sinfinin xassələrinin və qurulma qaydalarının təyin olunması;
- Hamar mənsubiyyət funksiyalarla təyin olunan qeyri-səlis ədədlər üzərində iki üsulla (genişlənmə prinsipi əsasında və α -kəsiklərin istifadə olunmadığı üsulla) cəbri əməllər üçün düsturların alınması;
- Ekspert verilənləri əsasında qeyri-səlis çoxluqlar üçün hamar sinifdən olan mənsubiyyət funksiyalarının təyin olunması məqsədilə interpolyasiya və approksimasiya məsələlərinin həlli;
- Müxtəlif siniflərdən olan mənsubiyyət funksiyaları üçün approksimasiya məsələsinin həlli və nəticələrin analizi;
- Azərbaycan dilində çap əlyazma simvollarının tanınması üçün struktur əlamətlərin çıxarılması, neyro-fazi şəbəkənin qurulması;
- Müxtəlif siniflərdən olan mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkələrin öyrədilməsi, öyrədilmiş şəbəkələr vasitəsilə çap əlyazma simvollarının tanınması və nəticələrin analizi;
- Neyro-fazi şəbəkələr vasitəsilə mətnlərin anlanmasına hamar mənsubiyyət funksiyalarının tətbiqi.

Tədqiqat üsulları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələləri həll etmək üçün qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, süni neyron şəbəkələr, sonlu ölçülü optimallaşdırma üsulları, approksimasiya üsulları, adaptiv neyro-fazi modelləşdirmə üsulları, həndəsi təsvirlərin emalı üsullarından istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- Yeni sinif hamar mənsubiyyət funksiyalarının təklifi və tədqiqi;
- Hamar mənsubiyyət funksiyaları üçün interpolyasiya və approksimasiya məsələləri;

- Qeyri-səlis çoxluqlar üçün müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyalarının approksimasiyası məsələsi;
- Azərbaycan dilində çap əlyazma simvollarının tanınması üçün neyro-fazi şəbəkənin qurulması;
- Müraciətlərin avtomatik yönləndirilməsi üçün neyro-fazi şəbəkənin tərtib olunması və öyrədilməsi;

Elmi yeniliklər. Dissertasiya işində tədqiqatın elmi yeniliyini xarakterizə edən aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

- Mövcud mənsubiyyət funksiyalar siniflərini ümumiləşdirən, splayn-funksiya prinsipi əsasında qurulmuş, birinci tərtib kəsilməz törəməyə malik, parametrik mənsubiyyət funksiyalar sinfi təklif olunmuşdur;
- Ekspert verilənlərinin approksimasiyası nəticəsində qeyri-səlis çoxluqlar üçün müxtəlif mənsubiyyət funksiyası siniflərinin qurulması məsələləri həll edilmişdir;
- Azərbaycan dilində çap əlyazma simvollarının tanınması üçün neyro-fazi şəbəkə sintez olunmuş və öyrədici baza vasitəsilə öyrədilmişdir;
- Müraciətlərin avtomatik yönləndirilməsi üçün neyro-fazi şəbəkə tərtib olunmuşdur.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyada təklif olunmuş hamar mənsubiyyət funksiyalar sinfi praktiki nöqtəyi-nəzərdən qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiq olunduğu bir sıra sahələrdə (idarəetmə sistemlərində, qərarların qəbul edilməsində, məişət avadanlıqlarının funksionallığının artırılmasında, sürətlərin tanınmasında, tibbi diaqnostikada və s.) istifadə oluna bilər.

İşin nəticələrinin realizasiyası və tətbiqi. İşlənmiş alqoritmlər Azərbaycan dilində çap əlyazma hərflərinin tanınması sistemində və Azərbaycan mətnləri üçün qurulan intellektual anlama sistemində istifadə edilmişdir. Mətnin anlanması üçün hazırlanmış kompüter sistemi “Xətai” kurslarının məlumat şöbəsində təcrübə olaraq sınaqdan keçirilmiş və müvafiq aktla təsdiq olunmuşdur.

Tədqiqat işinin aprobasiyası. Tədqiqat işinin əsas nəticələri aşağıdakı beynəlxalq konfranslarda və simpoziumlarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur: “Problems of Cybernetics and Informatics” (2008, 2010, 2012 – Azərbaycan); The International Scientifically and Practical Conference “Information Innovation Technologies: Integration of Business, Education and Science” (2008 – Qazaxstan); International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications – INISTA (2010, 2012 – Türkiyə); 24th Mini EURO Conference on Continuous Optimization and Information-based Technologies in the Financial Sector (2010 – Türkiyə); 25th European Conference on Operational Research (2012 - Litva); 2nd World Conference on Soft Computing dedicated to the research heritage of Lotfi A. Zadeh (2012 – Bakı); The 11th International Conference “Pattern Recognition and Information Processing” (2011 - Belarus); IV Congress of the Turkic World Mathematical Society (2011 - Bakı).

Tədqiqat işində alınmış bəzi nəticələr Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Elmin İnkişaf Fondu tərəfindən maliyyələşdirilən “İnsan – kompüter obyekt yönümlü dialoqunu təmin edən Azərbaycan nitqini və mətnini tanıma və anlama intellektual sisteminin işlənməsi” – EİF-2010-1(1)-40(12) qrant layihəsi çərçivəsində əldə edilmişdir.

Elmi nəşrlər. Dissertasiya nəticələri üzrə 19 elmi iş nəşr edilmişdir. Onlardan 6 məqalə resenziya olunan jurnallarda və 13 məruzə isə beynəlxalq və respublika konfranslarının materiallarında dərc olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, nəticə və 124 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas məzmunu 125 səhifə, 21 şəkil, 10 cədvəldən təşkil olunmuşdur.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi və əsas problemləri, əldə edilmiş nəticələrin

elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti göstərilmiş, işin qısa məzmunu verilmişdir.

Birinci fəsildə surətlərin tanıma sistemlərinin mövcud vəziyyəti analiz olunmuş, surətlərin tanınması üçün istifadə olunan struktur əlamətlər göstərilmişdir. Qeyri-səlis çoxluqlar üçün mövcud mənsubiyyət funksiyalarının müxtəlif sinifləri araşdırılmış, onların üstünlükləri və çatışmayan cəhətləri analiz olunmuş və nəticədə bu siniflərin bir sıra xüsusiyyətlərini özündə birləşdirən, aşağıdakı xassələrə malik parametrik mənsubiyyət funksiyalar sinfi $\mu_A(x;P)$, $P=(p_1, p_2, \dots, p_{12}) \in R^{12}$ təklif olunmuşdur:

1) Mənsubiyyət funksiyaları sinfi təyin oblastında hər iki arqumentə görə kəsilməz törəməyə malikdir;

2) Parametrlər vektorunun P və arqumentin təyin oblastından götürülmüş istənilən qiymətində funksiya ciddi unimodaldır;

3) 5 hissədən ibarət təyin oblastının uclarında mənsubiyyət funksiyası qabarıqdır, orta hissədə çökükdür; mənsubiyyət funksiyasının qabarıq və çökük hissələri bir-birindən düz xətlərlə ayrılır. Xüsusi hallarda mənsubiyyət funksiyasının bəzi hissələri mövcud olmaya bilər;

4) İstənilən yaxın, lakin fərqli nöqtələrin verilmiş çoxluğa mənsubiyyət dərəcələri müxtəlif olur, yəni istənilən P üçün elə ε var ki, $|x-y| \leq \varepsilon$, $x \neq y$ şərtini ödəyən ixtiyari $x, y \in (a, \tilde{a}) \cup (\tilde{a}, \bar{a})$ üçün $\mu(x, P) \neq \mu(y, P)$ şərti ödənilir.

Birinci xassə öyrətmə prosesinin istifadə olunduğu məsələlərin həllində hamar mənsubiyyət funksiyalarının tətbiqini mümkün edir, belə ki, bu zaman məqsəd funksiyasının qradienti çox asanlıqla hesablanır. İkinci və üçüncü xassənin ödənilməsi təklif olunan mənsubiyyət funksiyalarını daha elastik edir və ekspert verilənlərini daha yaxşı approksimasiya etməyə imkan verir. Dördüncü xassə qərar qəbuletmə mərhələsini asanlaşdırır, çünki ixtiyari verilmiş qeyri-səlis çoxluğun bütün alınan həlləri üçün mənsubiyyət funksiyası fərqli qiymətlər alır.

Qeyd olunmuş xassələrdən 2-cinin ödənilməsi üçün mənsubiyyət funksiyasının parametrlər vektoru

$$p_{10} > p_9 > p_8, \quad p_{10} > p_{11} > p_{12},$$

3-cü xassənin ödənilməsi üçün isə

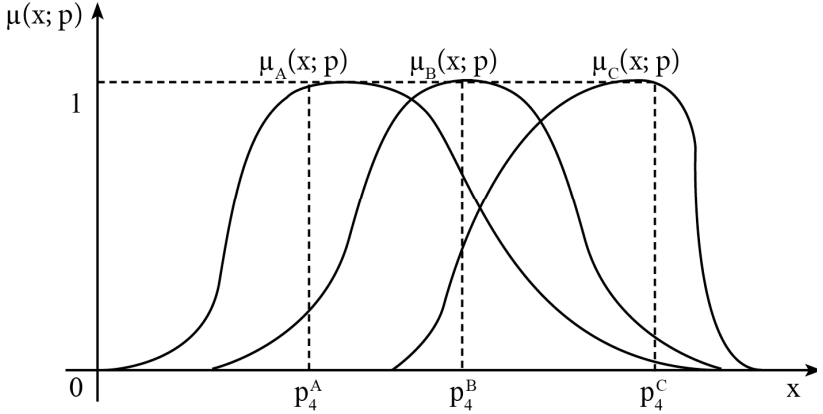
$$\begin{cases} (p_2 - p_1) \cdot p_9 \geq p_8 \cdot (p_3 - p_1), \\ (p_4 - p_2) \cdot p_9 \geq p_{10}(p_3 - p_2) + p_8(p_4 - p_3), \\ p_{11}(p_6 - p_4) \geq p_{12}(p_5 - p_4) + p_{10}(p_6 - p_5), \\ p_{12}(p_7 - p_5) \geq p_{11} \cdot (p_6 - p_5) \end{cases}$$

şərtlərini ödəməlidir. Sonuncu bərabərsizliklər mənsubiyyət funksiyasının $[p_1, p_3]$ və $[p_5, p_7]$ parçalarında qabarıqlıq $[p_3, p_5]$ parçasında çöküklük xassələrindən alınır.

Təklif olunan mənsubiyyət funksiyalarının qrafiki düz xətlər vasitəsilə birləşən qabarıq və çökük hissələrdən ibarətdir (şəkil 1). Mənsubiyyət funksiyasının bu hissələri aşağıdakı hiperbolik funksiyalarla təyin olunur:

$$\mu_i(x; P) = f_i(x, K^i) = k'_i + k'_2 x + k'_3 / (k'_4 + x), \quad x \in (p_i, p_{i+1}), \quad i = 1, \dots, 6,$$

burada $P = (p_1, p_2, \dots, p_{12}) \in R^{12}$ mənsubiyyət funksiyasının parametrlər vektoru, $K^i = (k'_i, k'_2, k'_3, k'_4) \in R^4$, $i = 1, \dots, 6$ isə bu parametrlər vasitəsilə təyin olunan əmsallardır, mənsubiyyət funksiyasının ikinci və beşinci hissələri düz xətt olduğundan $k'_3 = k'_3 = 0$ şərti ödənilir. Hamar mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi hallarını əyani şəkildə göstərmək üçün birinci fəsilə $A = \text{“cavan kişilərin yaşı”}$, $B = \text{“Cavan olmayan kişilərin yaşı”}$, $C = \text{“Yaşlı kişilərin yaşı”}$ və $D = \text{“Uşaqların yaşı”}$ qeyri-səlis çoxluqlarının mənsubiyyət funksiyalarının qrafikləri qurulmuşdur.



Şəkil 1. Hamar mənsubiyyət funksiyasının qrafikinə nümunələr

İkinci fəsilə verilmiş sinifdən mənsubiyyət funksiyaları ilə təyin olunan qeyri-səlis çoxluqların α - kəsiyi

$$A_\alpha = [\underline{x}_\alpha; \bar{x}_\alpha] = \{x : \mu_A(x) \geq \alpha\}, \quad \alpha \in [0;1],$$

eni

$$D(A) = I_r(A) - I_l(A),$$

orta və çəkili nümayəndəsi

$$I(A) = \theta_l I_l(A) + \theta_r I_r(A)$$

kimi xarakteristikaları üçün düsturlar alınmışdır. Burada $I_l(A) = \int_0^{\alpha} L_A^{-1}(\alpha, P) d\alpha / \int_0^{\alpha} \alpha d\alpha$, $I_r(A) = \int_0^{\alpha} R_A^{-1}(\alpha, P) d\alpha / \int_0^{\alpha} \alpha d\alpha$, $L_A^{-1}(\alpha, P)$, $R_A^{-1}(\alpha, P)$ - uyğun olaraq sağ və sol tərəflərdə, (p_1, p_4) və (p_4, p_7) oblastlarında mənsubiyyət funksiyalarının tərs funksiyalarıdır, yəni $\mu_A(L_A^{-1}(\alpha, P), P) = \alpha$, $\mu_A(R_A^{-1}(\alpha, P), P) = \alpha$. Əgər θ_l və θ_r 0,5 - ə

bərabər olarsa onda qeyri-səlis çoxluqların orta nümayəndəsi alınır, ω – mənsubiyyət funksiyasının aldığı maksimal qiymətdir, yəni p_{10} – a bərabərdir. Çıxarılmış düsturlardan istifadə edərək konkret qeyri-səlis çoxluğun xarakteristikaları üçün alınmış nəticələr birinci fəsildə göstərilmişdir.

Bu fəsildə qeyri-səlis çoxluqlar üzərində iki üsulla cəbri əməliyyatlar yerinə yetirilmişdir. L. Zadənin təklif etdiyi genişlənmə prinsipi əsasında mənsubiyyət funksiyaları $\mu_A(x_i; P_A)$ və $\mu_B(x_i; P_B)$ şəklində təyin olunan A və B qeyri-səlis çoxluqları üzərində aparılan cəbri əməliyyatlar əsasında alınan çoxluğun parametrləri aşağıdakı şəkildə təyin olunmuşdur:

a) A çoxluğunun əksi olan $C = -A$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri:

$$p_i^c = -p_{8-i}^A, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = p_{20-i}^A, \quad i = 8, \dots, 12;$$

b) A və B qeyri-səlis çoxluqlarının cəmi olan $C = A \oplus B$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri

$$p_i^c = p_i^A + p_i^B, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = \min(p_i^A, p_i^B), \quad i = 8, \dots, 12;$$

c) A və B qeyri-səlis çoxluqlarının fərqi olan $C = A \ominus B$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri

$$p_i^c = p_i^A - p_i^B, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = \min(p_i^A, p_{20-i}^B), \quad i = 8, \dots, 12;$$

d) A və B qeyri-səlis çoxluqlarının hasili olan $C = A \otimes B$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri

$$p_i^c = p_i^A p_i^B, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = \min(p_i^A, p_i^B), \quad i = 8, \dots, 12;$$

e) A və B qeyri-səlis çoxluqlarının nisbəti olan $C = A/B$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri

$$p_i^c = p_i^A / p_i^B, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = \min(p_i^A, p_{20-i}^B), \quad i = 8, \dots, 12;$$

f) $C=LA$ qeyri-səlis çoxluğunun parametrləri

$$p_i^c = lp_{8-i}^A, \quad i = 1, \dots, 7,$$

$$p_i^c = p_i^A, \quad i = 8, \dots, 12;$$

burada l – həqiqi ədəddir, $l \neq 0$.

İkinci fəsilə α -kəsiklərdən istifadə olunmayan üsulla verilmiş sinifdən mənsubiyyət funksiyalarına malik qeyri-səlis çoxluqlar üzərində əməllər təyin olunmuşdur, müxtəlif qeyri-səlis ədədlər üçün aparılan eksperimentlərdən alınan nəticələrin analizi fəslin sonunda konkret müddəalarla göstərilmişdir.

Üçüncü fəsilə ekspert verilənləri əsasında qeyri-səlis çoxluqlar üçün təklif olunmuş sinifdən mənsubiyyət funksiyalarının təyin olunması üçün interpolasiya və aproksimasiya məsələləri həll olunmuşdur. Tutaq ki, qeyri-səlis çoxluq konkret nöqtələrdə mənsubiyyət funksiyasının qiymətləri ilə (mənsubiyyət dərəcələri) verilmişdir, bu çoxluğun mənsubiyyət funksiyasını təyin etmək üçün nöqtələrin sayı $N=12$ olduqda interpolasiya məsələsi həll olunur. Fərz edək ki, $\bar{x}_i, i = 1, \dots, 12$ nöqtələrində mənsubiyyət dərəcələri – $\mu_i = \mu_A(x_i, P)$ ekspert tərəfindən təyin olunmuşdur, burada $\bar{x}_i < \bar{x}_{i+1}, i = 1, \dots, 11$ şərti ödənilir, mənsubiyyət funksiyasının parametrlər vektoru P bu informasiya əsasında təyin olunur. Qeyd edək ki, interpolasiya məsələsinin həllinin varlığı və yeganəliyi üçün ilkin verilənlər müəyyən şərtləri ödəməlidir. Xüsusi olaraq, əgər funksiya L-R şəklindədirsə $\mu_s = \max_{1 \leq i \leq 12} \mu_i$ şərtini ödəyən s ədədi 5, 6 və ya 7, funksiya R və ya L şəklində olarsa isə 1 və ya 12

olmalıdır. Hamar mənsubiyyət funksiyalarının interpolasiya məsələsinin həlli $\bar{x}_i, i = 1, \dots, 12$ nöqtələrinin $[p_j, p_{j+1}], j = 1, \dots, 6$ parçalarında paylanmasından asılıdır, paylanma variantlarının ümumi sayı 40-a bərabərdir (cədvəl 1). Bu fəsilə bir neçə paylanma variantı üçün çıxarılmış düsturlar göstərilmiş və konkret qeyri-səlis çoxluq üçün nəticələr alınmışdır.

Verilmiş ekspert verilənlərinin sayı 12-dən çox olduqda approksimasiya məsələsi həll olunur, bunun üçün verilmiş ekspert qiymətlərini orta kvadratik meyillər meyarına əsasən ən yaxşı approksimasiya edən mənsubiyyət funksiyasının parametrlər vektorunu tapmaq tələb olunur. Təklif olunan mənsubiyyət funksiyalarının approksimasiya məsələsinin həlli şərti minimallaşdırma məsələsinə gətirilir, cərimə funksiyalar üsulu və qradiyentin proyeksiyası üsullarının kombinasiyası vasitəsilə həll olunur.

Cədvəl 1.

İnterpolasiya məsələsinin həlli zamanı nöqtələrin paylanmasının mümkün variantları

№	s	Parçalarda nöqtələrin sayı			№	s	Parçalarda nöqtələrin sayı		
		$[p_1, p_2], [p_6, p_7]$	$[p_2, p_3], [p_5, p_6]$	$[p_3, p_4], [p_4, p_5]$			$[p_1, p_2], [p_6, p_7]$	$[p_2, p_3], [p_5, p_6]$	$[p_3, p_4], [p_4, p_5]$
1.1.	5	3	1	1	2.4.	6	2	1	3
1.2.	5	2	0	3	3.1.	7	3	1	3
1.3.	5	2	1	2	3.2.	7	3	0	4
2.1.	6	2	2	2	3.3.	7	2	1	4
2.2.	6	3	0	3	3.4.	7	2	2	3
2.3.	6	3	1	2					

Bundan əlavə üçüncü fəsildə müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyaları üçün approksimasiya məsələləri həll olunmuşdur, bu zaman minimumlaşdırılan məqsəd funksiyaları aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

Üçbucaq tip mənsubiyyət funksiyaları üçün

$$F_1(P) = \sum_{i=1}^{N_1} \{ [p_4(\bar{x}_i - p_1)/(p_2 - p_1)] - \bar{\mu}_i \}^2 + \sum_{i=N_1+1}^N \{ [p_4(\bar{x}_i - p_3)/(p_2 - p_3)] - \bar{\mu}_i \}^2,$$

Trapesşəkilli mənsubiyyət funksiyaları üçün

$$F_2(P) = \sum_{i=1}^{N_1} \{ [p_5(\bar{x}_i - p_1)/(p_2 - p_1)] - \bar{\mu}_i \}^2 + \sum_{i=N_1}^{N_2} (p_5 - \mu_i)^2 + \\ + \sum_{i=N_2+1}^N \{ [p_5(\bar{x}_i - p_4)/(p_3 - p_4)] - \bar{\mu}_i \}^2,$$

burada $N_1 - x_i < p_2$, şərtini ödəyən nöqtələrin, $N_2 -$ isə $x_i < p_3$, şərtini ödəyən nöqtələrin sayıdır;

Normallaşdırılmış Qauss mənsubiyyət funksiyası üçün

$$F_3(P) = \sum_{i=1}^N \left(p_3 e^{-\frac{(x_i - p_1)^2}{2p_2}} - \bar{\mu}_i \right)^2,$$

iki tərəfli Qauss mənsubiyyət funksiyası (two-sided Gaussian function) üçün

$$F_4(P) = \sum_{i=1}^{N_1} \left(p_3 e^{-\frac{(x_i - p_1)^2}{2p_2}} - \bar{\mu}_i \right)^2 + \sum_{i=N_1+1}^{N_2} (p_3 - \bar{\mu}_i)^2 + \sum_{i=N_1+N_2+1}^N \left(p_3 e^{-\frac{(x_i - p_4)^2}{2p_5}} - \bar{\mu}_i \right)^2,$$

və zəngşəkili mənsubiyyət funksiyası üçün

$$F_5(P) = \sum_{i=1}^{N_1} \left(\left(p_4 / \left(1 + \left(\frac{x_i - p_1}{p_2} \right)^2 \right) \right) - \bar{\mu}_i \right)^2 + \sum_{i=N_1+1}^N \left(\left(p_4 / \left(1 + \left(\frac{x_i - p_1}{p_3} \right)^2 \right) \right) - \bar{\mu}_i \right)^2$$

Sorgu nəticəsində $A =$ “gənc kişilərin yaşı” və $B =$ “avtomobilin yüksək sürəti” qeyri-səlis çoxluqları üçün alınan nöqtələr və onların mənsubiyyət dərəcələri üçün aproksimasiya məsələsi müxtəlif tip mənsubiyyət funksiyaları üçün həll olunmuşdur. Məqsəd funksiyasının minimallaşdırılması nəticəsində mənsubiyyət funksiyalarının parametrləri üçün optimal qiymətlər, müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyaları üçün məqsəd funksiyasının minimum qiymətləri, alınan mənsubiyyət funksiyalarının qiymətləri ilə ekspert verilənləri arasındakı fərqlərin mütləq qiymətləri

$$\Delta_k^j = \max_{1 \leq i \leq 20} |\mu(x_i, P) - \bar{\mu}_i|$$

və nisbi fərqlərin qiymətləri

$$\eta_k = \frac{\Delta_k^j}{\bar{\mu}_j} 100\%$$

hesablanmışdır, burada k – mənsubiyyət funksiyası sinfinin nömrəsi, j – Δ_k^j fərqinin maksimum qiymət aldığı nöqtənin nömrəsidir. Aproksimasiya məsələsinin həlli nəticəsində alınan funksiyaların qrafikləri ikinci fəslin sonunda göstərilmişdir. Nəticələrin analiz olunması zamanı parametrlərinin sayı nisbətən çox olan və digər mənsubiyyət funksiyalar sinflərinin ümumi şəkli olan hamar mənsubiyyət funksiyalarının üstünlüyü göstərilmişdir.

Dördüncü fəsildə hamar mənsubiyyət funksiyalarının əsaslandırılması məqsədilə çap əlyazma simvollarının tanınması və mətnin anlanması məsələləri araşdırılmışdır. Tərtib olunmuş

neyro-fazi şəbəkələrdə termlərin approksimasiyası üçün müxtəlif mənsubiyyət funksiyaları istifadə olunmuş və hamar mənsubiyyət funksiyalarının üstünlüyü göstərilmişdir. Bu fəsildə simvolların klasifikasiyası üçün əlamətlərin çıxarılması, neyro-fazi şəbəkənin öyrədilməsi alqoritmi təsvir olunmuşdur. Tanıma sisteminin Delphi visual proqramlaşdırma dilində tərtib olunmuş modullarının funksiyaları və onların işləmə prinsipləri göstərilmişdir. Müxtəlif mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkələrin öyrədilməsi zamanı xəta funksiyasının azalma qrafikləri, məqsəd funksiyasının əvvəlki və sonuncu qiymətləri, minimallaşdırma prosesindəki iterasiyaların sayı təsvir olunmuşdur. Bu zaman hamar mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkənin ilkin xətası, məqsəd funksiyasının son qiyməti və iterasiyaların sayının digər mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkələrə nisbətən daha kiçik olur. Hamar mənsubiyyət funksiyalarının parametrlərinin sayının çox olması, funksiyaların xətti və qabarıq hissələrinin mövcudluğu, qeyri-simmetrikliliyi, assimptotik olmaması kimi üstünlükləri, əlamətlərə uyğun termləri daha yaxşı təsvir etməyə imkan verir, eyni zamanda parametrlər sayının çox olması hər iterasiyada hesablanan əməliyyatların sayını artırsa da, kompüter texnologiyasının sürətli inkişafı bu çatışmazlığı əhəmiyyətsiz edir.

Sonda müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkələr, həmçinin süni neyron şəbəkələr əsasında qurulmuş tanıma sisteminin test bazasındakı simvolların tanınmasına tətbiqi nəticəsində əldə olunan nəticələr analiz olunmuşdur, az fərqlə də olsa, ən yüksək nəticələr hamar mənsubiyyət funksiyalarından ibarət neyro-fazi şəbəkələr üçün alınmışdır.

Həmçinin dördüncü fəsildə mətnin anlanması məsələsi araşdırılmış və Məlumat Mərkəzlərinə (Call Center) olunan müraciətlərin şəbəkələr üzrə klasifikasiyasının həyata keçirilməsi üçün neyro-fazi şəbəkə əsasında üsul təklif olunmuşdur.

İŞİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. Qeyri-səlis çoxluqlar üçün mövcud mənsubiyyət funksiyaları siniflərini ümumiləşdirən, splayn-funksiya prinsipi əsasında qurulan, qeyri-assimptotik, birinci tərtib kəsilməz törəməyə malik mənsubiyyət funksiyaları sinfi təyin olunmuşdur.

2. Sorğu nəticəsində təyin olunan ekspert verilənləri əsasında hamar mənsubiyyət funksiyalar sinfi ilə təyin olunan qeyri-səlis çoxluğun ekspert verilənləri əsasında interpolyasiya məsələsi həll olunmuşdur.

3. Üçbucaq, trapes, Qauss, zəng şəkilli və hamar mənsubiyyət funksiyalar sinifləri üçün ekspert verilənləri əsasında approksimasiya məsələləri həll edilmişdir və verilmiş qeyri-səlis çoxluqlar üçün müxtəlif mənsubiyyət funksiyalarının nəticələrinin analizi aparılmışdır.

4. Azərbaycan əlifbasının çap əlyazma simvollarının tanınması üçün struktur əlamətlərdən ibarət linqvistik dəyişənlər, onlara uyğun termlər təyin olunmuş və hər bir term üçün müxtəlif siniflərdən mənsubiyyət funksiyaları tərtib edilmişdir.

5. Çap əlyazma simvollarının tanınması üçün müxtəlif mənsubiyyət funksiyaları siniflərindən ibarət neyro-fazi şəbəkələr tərtib olunmuşdur və xətanın tərs yayılması üsulu ilə öyrədilmişdir;

6. Məlumat Mərkəzlərində yazılı (mətn) müraciətlərin klasifikasiyası üçün neyro-fazi şəbəkə tərtib olunmuşdur.

7. Müxtəlif sinif mənsubiyyət funksiyaları vasitəsilə tərtib olunmuş və öyrədilmiş neyro-fazi şəbəkədən ibarət tanıma sistemi Azərbaycan əlifbasının çap əlyazma simvollarından və rəqəmlərdən ibarət test bazası üzərində sınaqdan keçirilmişdir. Alınan nəticələr bir-biri ilə və süni neyron şəbəkələr əsasında tərtib olunmuş tanıma sisteminin nəticələri ilə müqayisə olunmuşdur.

Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı işlərdə dərc edilmişdir

1. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Fuzzy approach to the structured method of recognition / **Proceedings of the Second International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”**, Baku, Azerbaijan, September 10-12, 2008, pp. 202-205.
2. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Analysis of application of fuzzy neuron networks to structured method of recognition of printed and handwritten symbols / **Proceedings of the International Scientifically and Practical Conference “Information Innovation Technologies: Integration of Business, Education and Science”**, Almaty, Kazakhstan, November, 27-28, 2008. pp. 130-133.
3. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Analysis of effect of different feature classes in learning systems / **Proceedings of the 24th Mini EURO Conference on Continuous Optimization and Information-based technologies in the financial sector**, Izmir, Turkey, June 23-26, 2010. pp. 270-274.
4. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Hand printed recognition system using a fuzzy neural network / **Proceedings of the Second International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”**, Baku, Azerbaijan, September 6-8, 2010, pp. 314-317.
5. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Hand-printed recognition system using spline L-R type fuzzy numbers / **Proceedings of the International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications**, Kayseri, Turkey, June 21-24, 2010, pp. 138-141.
6. Алиева Н.Т. Об одном классе сплайн-функций принадлежности нечетких множеств / **Материалы международной научной конференции «Нефть-газ,**

Нефтепереработка и нефтехимия» посвященной 90-летнему юбилею АГНА, 2010, с. 337-338.

7. Айда-заде К.Р., Алиева Н.Т. Об одном классе функций принадлежности нечетких множеств // **Известия НАНА. Серия Физико-Технических и Математических наук.** 2010, том XXX, № 6, с. 66-74
8. Алиева Н.Т. Задачи численной интерполяции и аппроксимации одного класса функций принадлежности нечетким множествам / **Ү.С.Мәммədovun anadan olmasının 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Riyaziyyat və mexanikanın aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq elmi konfransın materialları.** Bakı, Azərbaycan, 27-28 dekabr, 2010, s. 136-141.
9. Ayda-zade K.R., Alieva N.T. Study of One Class of Membership Functions of Fuzzy Sets // **Automatic Control and Computer Sciences.** 2011, № 3. pp. 142-152.
<http://www.springer.com/computer/hardware/journal/11950>
10. Алиева Н.Т. Свойства одного класса функций принадлежности // **Известия Высших Технических Учебных Заведений Азербайджана.** 2011, том 13, № 5, с. 68-75.
11. Ismayilov E.A., Aliyeva N.T. Research of a class of smooth membership functions / **Proceedings of the 11th International Conference “Pattern Recognition and Information Processing”**, Minsk, Belarus, 18-20 may, 2011. pp.204-208.
12. Aliyeva N.T. Smooth class of membership functions for fuzzy sets and their application / **Abstracts of the IV Congress of the Turkic World Mathematical Society**, Baku, 1-3 July, 2011, p. 300.

13. İsmayilov E.A., Aliyeva N.T. About fuzzy recognition system of Azerbaijani hand-printed texts / **Abstracts of the IV Congress of the Turkic World Mathematical Society**, Baku, 1-3 July, 2011, p. 299.
14. Ayda-zadə K.R., Rüstəmov S.S., İsmayilov E.Ə., Əliyeva N.T. Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə insan-kompyuter dialoq sistemində istifadəçi müraciətinin anlanılması // **AMEA-nın xəbərləri. Fizika-Texnika və Riyaziyyat Elmləri Seriyası**. 2011, Cild XXXI, № 6, s. 80-90.
15. Ayda-zadə K.R., Rüstəmov S.S., Mustafayev E.E, Aliyeva N.T. Human-Computer Dialogue Understanding Hybrid System / **Proceedings of the 2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)**, Trabzon, Turkey, 2-4 July, 2012. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6246939&queryText%3Dinista+Aliyeva>
16. İsmayilov E.A., Aliyeva N.T. The analysis of how the choice of membership functions influences the quality of recognition system / **Proceedings of the 2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)**, Trabzon, Turkey, 2-4 July, 2012. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6247019&queryText%3Dinista+Ismayilov>
17. Ayda-zadə K.R., Aliyeva N.T. On a Class of Smooth Membership Functions // **Journal of Automation and Information Sciences**, 2012, vol. 44, no. 3, pp. 57-71. <http://www.dl.begellhouse.com/ru/journals/2b6239406278e43e,7152612865427244,0d523e174489e5fe.html>
18. İsmayilova N.T. Study and Application of Smooth Class of Membership Functions for Fuzzy Sets / **2nd World Conference on Soft Computing dedicated to the**

research heritage of Lotfi A. Zadeh, Baku, Azerbaijan,
3-5 December, 2012, pp. 508-510.

19. Исмаилова Н.Т. Задача аппроксимации функций принадлежности из некоторых классов // **İnformasiya Texnologiyaları Problemləri**, 2012, № 1, с. 70-78.

Həmmüəlliflərlə dərc olunmuş işlərdə iddiaçının şəxsi rolu

- (7 – hamar mənsubiyyət funksiyalarının qurulması məsələləri həll olunmuşdur;
(9), (17) – hamar mənsubiyyət funksiyaları sinfi üçün interpolasiya və approksimasiya məsələləri həll olunmuşdur;
(14) – yazılı (mətn) müraciətlərin klasifikasiyası üçün neyro-fazi şəbəkə əsasında alqoritm işlənmişdir.

Нигяр Таир кызы Исмаилова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО КЛАССА ГЛАДКИХ
ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ НЕЧЕТКИХ
МНОЖЕСТВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ
РАСПОЗНАВАНИЯ**

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена исследованию класса параметрически заданных гладких функций принадлежности для нечетких множеств и их применению в компьютерных интеллектуальных системах распознавания образов.

В работе изучены свойства этого класса функций принадлежности, решены задачи интерполяции и аппроксимации на классе этих функций, а также получены формулы для решения задач аппроксимации на различных других известных классах функций принадлежности.

Исследована задача распознавания рукопечатных символов, выявлены структурные признаки для рукопечатных символов азербайджанского языка, разработаны алгоритмы для распознавания рукопечатных символов с использованием нейро-фази сети и класса гладких функций принадлежности. Для понимания текстов с целью принятия решения в рамках интеллектуальной компьютерной системы классификации обращений в справочные центры разработаны алгоритмы и программное обеспечение на базе нейро-фази сети. На базе проведенного экспериментального анализа получены достаточно точные результаты в случае использования в нейро-фази сети гладких функций принадлежности.

NIGAR TAHIR ISMAYILOVA

**STUDY A CLASS OF MEMBERSHIP FUNCTIONS
FOR FUZZY SETS AND ITS APPLICATION IN
RECOGNITION SYSTEMS**

SUMMARY

The dissertation work is devoted to investigation of offered parametrical smooth class of membership functions for fuzzy sets and its application in recognition systems.

By this reason characteristics for offered smooth class of membership functions and formulas for their defining were studied, interpolation and approximation tasks for smooth class of membership functions and also approximation tasks for other classes of membership functions were solved.

In this work recognition of hand-printed characters was investigated, pattern features for hand-printed characters in Azerbaijani was extracted, algorithms on base of neuro-fuzzy sets and smooth membership functions for recognition of hand-printed characters. For text understanding in intellectual computer system for request classification in Call Centers algorithms and software on base of neuro-fuzzy sets were created. On base of experimental analysis more efficient results were received in case of neuro-fuzzy sets with smooth membership functions.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На правах рукописи

НИГЯР ТАИР КЫЗЫ ИСМАИЛОВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО КЛАССА ГЛАДКИХ
ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ НЕЧЕТКИХ
МНОЖЕСТВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ
РАСПОЗНАВАНИЯ**

3338.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

Баку – 2014