

UOT 004.93.12

C.Z. HƏSƏNOV, E.E. MUSTAFAYEV

## TƏSVİRLƏRİN SEQMENTLƏNMƏSİNDƏ ÜÇÜN RƏNG YAXINLIĞININ TƏYİNİ ÜÇÜN BİR YANAŞMA

*Təsvirlərin emalı və tanınması sistemində rənglərin ayrılması və seçilməsi xüsusi yer tutur. Qeyd edilən sistemlərdə əlamətlərin və meyarların düzgün seçilməsi məsələnin həllində vacib rol oynayır. Hazırda rəng siniflərinin yaxınlığı təcrübə yolu ilə alınmış formullardan istifadə etməklə təyin edilir. Məqalədə rənglərin xüsusiyyətləri əsasında yaxınlığın (tolerantlığın) hesablanması üçün ANFIS şəbəkəsi əsasında hazırlanmış qiymətləndirmə sistemi təklif edilir. Məqalənin sonunda sistemin effektivliyi qrafik təsvirlər üzərində aparılmış kompüter eksperimentlərinin nəticələri əsasında təqdim edilmişdir.*

**Açar sözlər:** ANFIS, CIELAB,  $L^*a^*b^*$ , rəng yaxınlığı, qeyri-səlis çoxluqlar

**1. Giriş.** Təsvirlərdəki obyektlərin avtomatik seçmə və tanıma məsələləri intellektual sistemlərin müasir problemlərindəndir. Video və hesablama texnika sahələrində baş vermiş inkişaf bir çox nəzəri yanaşmaların reallaşması və praktik problemlərin həllinə təkan vermişdir.

Məlumdur ki, hər bir qrafik təsvir rəqəmsal formatda təqdim edilmiş rənglər çoxluğundan ibarətdir. Qrafik təsviri təşkil edən komponentlər özündə verilmiş koordinatda yerləşən rəng haqqında informasiya saxlayır. Koordinatların təqdimatı qrafik təsvirin fayl formatından və məlumatın sıxılma alqoritmindən, rəng haqqındakı informasiya isə seçilmiş rəng modelindən asılı olaraq dəyişə bilər. Qeyd edilən verilənlər vizual formada təqdim olunmadıqda istifadəçiyə heç bir məlumat vermir – hər-hansı rəng qrupunun hansısa obyektini təsvir etməsi rəqəmlərin qiymətindən asılı olaraq məlum olmur. Təsvirlərin emalı və tanıma sistemlərinin əsas məsələsi təsviri təşkil edən rəqəmli məlumata əsasən, onun vizual forması üzərində mümkün olan bioloji qavrama və tanıma əməliyyatlarını təkrar edə bilməkdir.

Təsvirlərin avtomatik emalı bir çox sahələrdə geniş tətbiq edilir: tibb sahəsində tomoqrafiyada şişlərin və zədələrin müəyyən edilməsi [1, s.241-253; 2, s.295-301], anatomik struktura əsasən təhlil və diaqnoz qoyulması [3, s.1325-1334], nəzarət və təhlükəsizlik sistemlərində hərəkətdə olan obyektlərin və insan üzvlərinin tanınması [4, s.98-105; 5, s.41-68], sənəd dövriyyəsi və insan-kompüter ünsiyyəti sistemlərində forma, yazı və təsvirlərin ayrılması [6, s.317-327; 7, s.230-233], imza və barmaq izlərinin tanınması [8]-[10], xəritəçəkmə sahəsində aeroşakillərdən yol, tikinti obyektlərinin və təbiət obyektlərinin seçilməsi kimi nümunələr göstərmək olar [11]-[14].

Təqdim edilən məqalədə qrafik təsvirlərdə seqmentasiya problemi, rənglərin qruplara ayrılması araşdırılmış və rənglərin insan görməsinə yaxın meyarla müqayisəsi tədqiq edilmişdir. Müxtəlif təsvirlərdən götürülmüş rəng nümunələrində CIELAB [15, s.1-7] modeli ilə təyin edilmiş parametrlərin paylanması göstərilmişdir. Rəng yaxınlığında tolerantlıq məsələsinin həlli kimi, mövcud məsafə təyini üsullarına alternativ olan adaptiv qeyri-səlis neyron şəbəkə əsasında hazırlanmış qiymətləndirmə sistemi işlənmişdir. Şəbəkədə rəng parametrləri və onların dəyişməsi qanunauyğunluqları müvafiq mənsubiyyət funksiyaları və çarpaz qaydalarla təyin edilmişdir. Nəticə qrafik təsvirlər üzərində aparılmış kompüter eksperimentləri ilə sınaqdan keçirilmişdir.

**2. Məsələnin qoyuluşu.** Qrafik təsvirlərdən rənglərə əsasən obyektlərin tanınması zamanı rəng yaxınlığını təyin edən meyarın seçilməsi və uyğun məsələ üçün sazlanması əsas problemlərdən biri olaraq qalır. Təsvirlərin fotoaparat, mobil qurğu, kompüter emalı, peyk qurğusu və sair kimi müxtəlif mənbələrdən alınması və bununla da rəng çalarları və parlaqlıq kimi parametrlərin fərqlənməsi qeyd edilən problemi daha da mürəkkəbləşdirir. Məqalənin tədqiqat mövzusu rənglərin yaxınlığını təsvirin keyfiyyətindən asılı olmadan təyin edə biləcək, xüsusi sazlanmaya ehtiyac tələb etməyən sistemin hazırlanmasından ibarətdir. Qeyd edilən problemin həlli rənglərin yaxınlığını hər-hansı bir düstur və

ya şərtlər toplusu şəklində tapılmasında deyil, insan qərarverməsinə uyğun, nisbi dəyərlərə əsaslanan intellektual kompüter sisteminin qurulmasıdır.

Məqalədə rəng yaxınlığını empirik düsturlardan istifadə etməklə deyil, verilmiş nümunələr əsasında məsafəni avtomatik təyin etmək üçün qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinə əsaslanan yaxınlıq meyarını təyin edən yanaşma təklif edilmişdir. Məqalənin məqsədi verilmiş rəng nümunəsinin ətrafında ona insan gözü üçün yaxın ola biləcək rənglərin tapılması probleminin həllidir.

**3. Mövcud seqmentasiya üsulları.** Təsviri təşkil edən piksellərə əsasən təsvirdə iştirak edən elementlərin (həndəsi fiqurların, obyektlərin, rəng qruplarının və s.) ayrılma mərhələsi təsvirlərin seqmentasiyası adlanır [16, s.100-132]. Başqa sözlə, seqmentasiya mərhələsinin vəzifəsi təsviri daha anlanan və təhlil edilə biləcək formaya gətirməkdir. Təsvirləri seqmentləmə üçün bir sıra üsullar mövcuddur. Onlardan ən sadəsi “*thresholding*” üsuludur. Bu üsulda verilmiş boz (“grayscale”) şəkildən təyin edilmiş qiymətdən kiçik intensivliyə malik piksellərin rəngləri qara rəngə digərləri isə ağ rəngə boyanır [17, s.233-260]. 2002-ci ildə J. Matas və digərləri tərəfindən təklif edilmiş Maximally Stable Extremal Regions (MSER) rəng qruplarının tapılması üçün ən geniş istifadə edilən *thresholding* alqoritmlərindəndir [18, s.761-767]. MSER alqoritm təsvirdəki rəngləri verilmiş intensivlik həddinə görə müxtəlif səviyyəyə ayırır ki, bunların da hər biri fərqli seqmenti təmsil etmiş olur. Hal-hazırda “*thresholding*” üsulunun daha effektiv alqoritmləri işlənmişdir [19, s.146-168].

**Klasterləmə** (“clustering”) yanaşmasında əvvəlcədən verilmiş qrup sayına əsasən təsvirdə seçilmiş mərkəz nöqtələrindəki piksellərin ətrafdakı piksellərlə rəng və intensivlik məsafəsi əsas götürülərək qrup sayına uyğun seqmentlər təyin edilir [20, s.773-785].

**İnteraktiv seqmentləmədə** dinamik təsvirlərdə (əsasən video təsvirlərdə) rəngləri dəyişən obyektlərin fondan fərqli obyekt olması əsasında qərar verilərək, seqmentləmə aparılır [21, s.143-183].

**Histoqram əsasında seqmentləmə** çox sürətli və effektiv üsullardan sayılır. Burada təsvirin piksellərinin histoqramları alınaraq, maksimum və minimum nöqtələrində klasterlərin ayrılması qeyd olunur. Eyni yanaşma həm bütöv təsvirə, həm də iterativ olaraq, onun daha kiçik parçalarına tətbiq edilir [22, s.239-246; 23, s.915-928].

Rənglərin kəskin keçidi əsasında işləyən **sərhəd təyini** üsulu (edge detection) da seqmentləmə sahəsində geniş tətbiq olunur. Qeyd olunan sərhəd tapılması həm boz, həm də rəngli təsvirlər üçün işlənmişdir [24, s.67-71].

Qeyd edilən seqmentləmə üsullarının bir çoxunda rənglərin bir birindən olan məsafəsi, başqa sözlə, yaxınlığı hər hansı empirik düsturun əsasında hesablanır. İlkin üsullarda iki A və B rəngləri arasında məsafə kimi rəng parametrlərinin bir-birindən Evklid məsafəsindən istifadə olunur [25, s.42]:

$$\Delta E(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_A^i - P_B^i)^2}$$

Burada:

$\Delta E(A, B)$  –  $A, B$  rənglərinin arasındakı məsafə (fərq);

$N$  – rəngi xarakterizə edən əlamətlərin sayı;

$P_A^i$  və  $P_B^i$  – uyğun olaraq  $A$  və  $B$  rənglərinin  $i$ -ci əlamətinin qiymətidir.

Qrafik təsvirlərdə bir çox halda müəyyən səbəblərdən (təsvirin və çəkiliş aparən cihazın keyfiyyəti, işıqlanma, rəng çəkilməmiş səthin bircinsli olmaması, yaxınlıqdakı obyektlərin və ya buludların kölgəsinin düşməsi və sair) iki rəng arasındakı yaxınlıq meyarını sabit sərhəd qiyməti kimi təyin etmək mümkün olmur. Rəng fərqi insan qavrayışına yaxın etmək məqsədilə rənglər arasındakı məsafənin hesablanması üçün [15], [26]-[29] işlərində daha mürəkkəb düsturlar təklif edilmişdir.

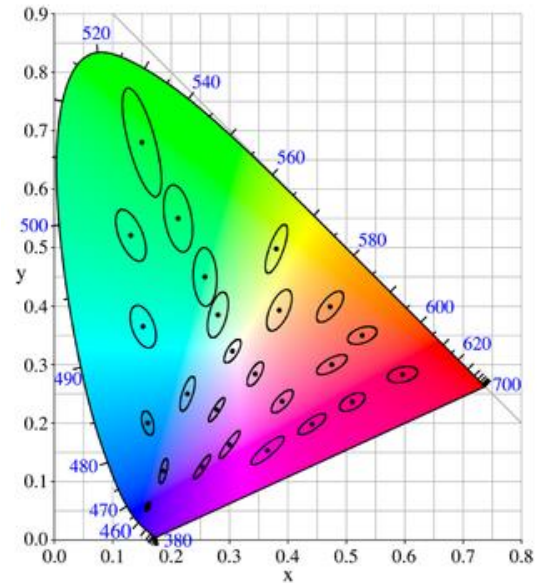
1930-cu illərdə MacAdamın sabit saxlanmış 48  $\text{cd/m}^2$  luminens şəraitində rənglərin yaxınlığını təyin etmək üçün apardığı təcrübənin nəticəsi olaraq, insan gözü üçün eyni olan rənglər çoxluğu təyin edilmişdir [30, s.247]. 25 rəng əsasında aparılan təcrübənin nəticəsi CIE 1931 xromatiklik diaqramında ellipslər ilə göstərilmişdir (şəkil 1). Təcrübələr nəticəsində müxtəlif rənglərdə ellipsin sahəsi və istiqamətinin fərqli olması və bununla da hər rəngin insan gözü üçün fərqli diapazonda dəyişdiyi aydın olur. Qeyd edilən effektə uyğun olaraq, hər bir rəng çaları (*gamut*) üçün rənglərin yaxınlığını göstərən **tolerantlıq** anlayışı daxil edilmişdir. MacAdamın təcrübəsi  $\Delta E$ -nin sabit kəmiyyət olmayıb, hər bir rəng çalarından asılı olaraq dəyişməsi mülahizəsinə əsas verir.

**4. Təklif edilən seqmentasiya üsulunun təsviri.** Rənglərlə aparılan əməliyyatlarda xətalara azaltmaq məqsədilə, rəngləri xarakterizə edən parametrlər kimi texniki RGB modelinin elementlərinə alternativ kimi müxtəlif təşkilatlar tərəfindən insan qavrayışına yaxın olan parlaqlıq, dərinlik və tündlük kimi xassələr təklif edilmişdir. Qeyd edilən alternativ rəng modellərindən insan qavrayışına ən yaxın olan və transformasiya zamanı itki verməyən model 1976-cı ildə International Commission on Illumination (CIE) tərəfindən təklif edilmiş CIELAB rəng modelidir (şəkil 2). CIELAB və ya  $L^*a^*b^*$  modelində rənglər aşağıdakı parametrlərlə xarakterizə edilir:

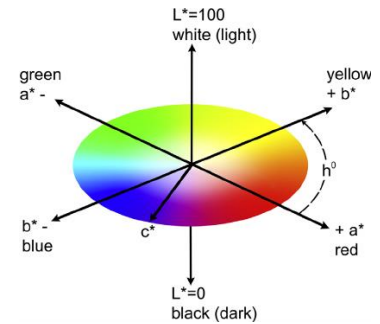
- $L^*$  – rəngin parlaqlığı;
- $a^*$  – rəngin yaşıl-qırmızı diapazonda aldığı qiymət;
- $b^*$  – rəngin göy-sarı diapazonda aldığı qiymət.

Aşağıda rənglərin yaxınlığının CIELAB parametrlərinə əsasən, qeyri-səlislik dərəcəsini göstərən mənsubiyyət funksiyaları və qaydaları ilə qurulmuş adaptiv neyron şəbəkə əsasında təyin edilməsi təklif edilir.

**4.1. Rəng diapazonlarının klassifikasiyası.** Rənglərin xüsusiyyətlərini təhlil etmək məqsədilə BSDS500 Berkeley təsvir bazasından (The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark) seçilmiş müxtəlif nümunələrdən istifadə edilmişdir [31]. Cədvəl 1-də tədqiqat üçün müxtəlif təsvirlərdən təcrübə zamanı iştirak edən insanların yaxın rəng qrupu kimi seçdiyi nümunələrinin paylanması göstərilmişdir.



Şəkil 2. MacAdam ellipsi



Şəkil 2. CIELAB rəng modeli

**Cədvəl 1**  
**Rənglərdə  $L^*$ ,  $a^*$  və  $b^*$  parametrlərinin paylanması**

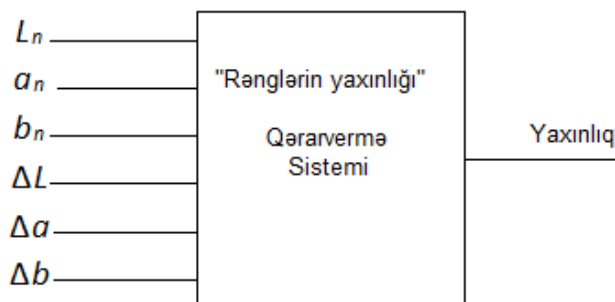
Rəng	$L^*$ Diapazonu	$a^*$ Diapazonu	$b^*$ Diapazonu	$L^*$ orta qiymət və dispersiya	$a^*$ orta qiymət və dispersiya	$b^*$ orta qiymət və dispersiya
Göy rəng	[33.4, 56.3]	[15.3, 28.6]	[-41.5, -23.6]	45.6, 4.4	22.6, 2.5	-34.5, 3.4
Tünd qəhvəyi	[36.7, 61.7]	[15.7, 31.5]	[-0.8, 10.7]	51.7, 6.0	23.2, 1.8	4.4, 1.6
Sarı	[82.0, 93.7]	[-17.4, -8.6]	[65.1, 91.1]	89.7, 2.2	-13.3, 1.5	87.5, 4.0
Yaşıl	[64.0, 82.0]	[-67.2, -43.7]	[48.7, 74.8]	78.0, 3.1	-50.3, 3.9	58.2, 6.1

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, müxtəlif rənglərə görə parametrlərin qiymətləri fərqli diapazonda dəyişir. Bu hər bir rəngin fərqli parlaqlıq və rəng çaları diapazonunda dəyişməsi və MacAdamın təcrübəsini bir daha təsdiq edərək, rənglərin yaxınlığının hər hansı bir sabit və ya nisbi kəmiyyət ilə xarakterizə edilə bilinməməsinə qərar verməyə əsas verir. Qeyd edilən problemi həll etmək üçün məqalədə hər bir rəng növü üçün yaxınlığı sabit kəmiyyət deyil, funksiya ilə təyin etmək və qeyri-səlis qaydalarla rəngin mənsubiyyətini təyin etmək təklif edilmişdir. Neyron şəbəkənin strukturuna oxşar struktura malik olmaqla bərabər özündə ekspert tərəfindən tənzim edilmiş mənsubiyyət funksiyaları və qaydalarını birləşdirən qeyri-səlis çoxluqlar əsasında işləyən sistemlər tanıma sistemlərində geniş istifadə olunur.

Rənglərlə bağlı qeyri-səlis neyron şəbəkələr üzərində qurulmuş bir çox qərarvermə və tanıma sistemləri hazırlanmışdır [32]-[35]. Oxşar problemlərin həllinə nümunə olaraq, [36, s.202-208] işində ANFİS vasitəsilə meşə yanğınlarının təyini, [37, s.387-396] işində təsvirlərdə insan dərisinin rənginə əsasən tanıma, [38, s.278-286] işində su bitkilərinin təsvirinə əsasən seçilib, tanıma sistemi işlənilib hazırlanmışdır.

Məqalədə nümunə qismində verilmiş ixtiyari rəng üçün, axtarılan rəngin yaxınlığını təyin edəcək sistemin qurulması məqsədi kimi qarşıya qoyulmuşdur. Bu sistem vasitəsilə həm verilmiş regionda olan rənglərin bircinsli olması barədə qərar qəbul etmək, həm də seçilmiş nöqtənin rənginə yaxın rənglərin region kimi ayrılmasını, başqa sözlə rəng üzrə seqmentləmə aparmaq mümkün olacaqdır. Qeyri-səlis qərarvermə sistemi olaraq, birinci dərəcəli Sugeno tipli ANFİS şəbəkəsi modelindən istifadə edilmişdir.

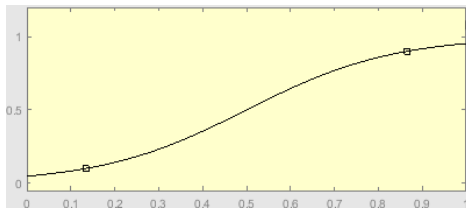
**4.2. ANFİS şəbəkəsinin strukturu və mənsubiyyət funksiyalarının seçilməsi.** Rənglərin yaxınlığını təyin edən sistemin giriş nümünə rəngin  $L^*a^*b^*$  modelindəki  $(L_n, a_n, b_n)$  parametrləri və ona yaxınlığı sorğulanan rəngin fərqi  $(\Delta L=L_n-L_s, \Delta a=a_n-a_s, \Delta b=b_n-b_s)$ , çıxışı isə yaxınlığı təyin edəcək  $[0,1]$  aralığında qərar qiymətləndirməsindən ibarət olacaqdır. "Rəng yaxınlığı" Qərarvermə Sisteminin (RQS) ümumi strukturu şəkil 3-də göstərilmişdir.



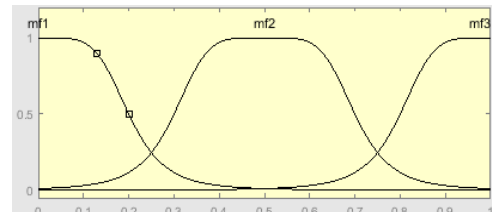
**Şəkil 3.** Rənglərin yaxınlığını təyin edən sistemin ümumi quruluşu

Öyrənməni effektiv həyata keçirmək üçün, RQS-in  $L^*$ ,  $a^*$  və  $b^*$  giriş parametrləri  $[0,1]$  parçasında,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  və  $\Delta b^*$  parametrləri isə  $[-1,1]$  parçasında normallaşdırılmışdır.

ANFİS şəbəkələrində mənsubiyyət funksiyaları giriş parametrləri verilmiş qanunauyğunluğa əsasən adətən  $[0;1]$  aralığında qiymətləndirərək, qeyri-səlislik şkalasında mövqeyini təyin edir. RQS-in girişində olan  $L^*$ ,  $a^*$  və  $b^*$  parametrlərinin hər birinə mənsubiyyət funksiyası olaraq mərkəzi 0.5 nöqtəsində olan artan siqmoid təyin edilmişdir. Bu mənsubiyyət funksiyalarının qiyməti girişin müvafiq olaraq “parlaqlığı”, “qırmızıya yaxınlığı” və “sarıya yaxınlığı”nı təyin edəcəkdir. Növbəti üç parametr fərqi xarakterizə etdiyi və hər bir rəng üçün müvafiq parametr üçün fərqin hansı dərəcədə rol oynadığını bilmədiyimiz üçün (məsələn, sarı rəng üçün parlaqlıq geniş spektrdə dəyişə bilər və ya boz rəng məhdud parlaqlıqda qalır amma müxtəlif rəng çalarlarını əhatə edə bilər) onlar üçün mərkəzləri -0,5, 0 və 0.5 nöqtələrində olan 3 zəng mənsubiyyət funksiyası istifadə edilmişdir. Mənsubiyyət funksiyaları şəkil 4-də təsvir edilmişdir.



$L^*$ ,  $a^*$  və  $b^*$  parametrlərinin  
hər biri üçün seçilmiş siqmoid  
mənsubiyyət funksiyası



$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  və  $\Delta b^*$  parametrlərinin hər  
biri üçün seçilmiş 3 zəng mənsubiyyət  
funksiyası

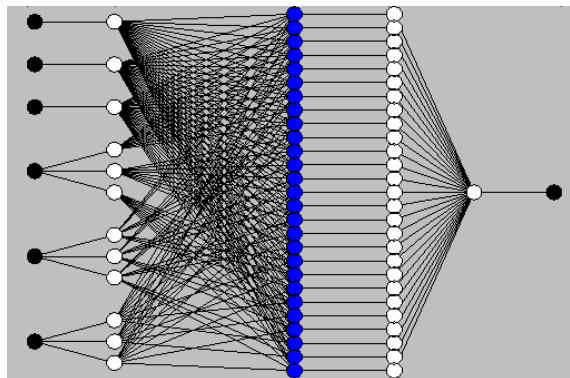
**Şək. 4.** Mənsubiyyət funksiyaları

Hər bir funksiyanın təsirini düzgün təyin etmək üçün onun müvafiq yaxınlıq mənsubiyyət funksiyası ilə hasilini verən “VƏ” tipli qaydalar təyin edilmişdir. Qaydalarda  $L$ ,  $a$  və  $b$  parametrləri üçün hər bir fərq mənsubiyyət funksiyasının digər ikisi ilə kombinasiyası seçilmişdir ki, bu da ümumilikdə 27 qayda təşkil etmişdir. Qeyd edilən qaydalar əsasında qurulmuş ANFİS strukturu şəkil 5-də göstərilmişdir. Sugeno tipli ANFİS şəbəkələr çıxışın sabit qiymət deyil, xətti funksiya kimi təyin edilməsinə imkan verir. Nəticə olaraq, defazifikasiya səviyyəsinin çıxışında qərarın rəqəm olaraq qiyməti göstəriləcək və ümumi qərar bu qiymətlərin cəmi kimi hesablanacaqdır:

$$O = \sum_{i=1}^6 f_i = \sum_{i=1}^6 N_i(k_{i0} + k_{i1}L + k_{i2}a + k_{i3}b + k_{i4}\Delta L + k_{i5}\Delta a + k_{i6}\Delta b)$$

Burada:  $O$  – çıxış qiyməti;  $N_i$  –  $i$ -ci defazifikasiya çıxışının girişi;  $k_{i0}, \dots, k_{i6}$  – defazifikasiya əmsallarıdır. Formuldan görüldüyü kimi, defazifikasiya səviyyəsində normallaşdırma səviyyəsinin qiyməti giriş qiymətlərinin müvafiq əmsallarla hasilinin cəminə vurulur.

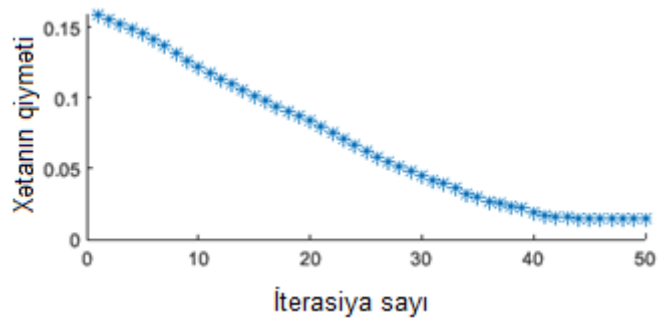
Şəbəkənin çıxışı –  $O$ , rənglərin yaxınlığını azdan-çoxa təyin edən  $[0,1]$  parçasında qiymət alır.



**Şək. 5.** ANFİS-in strukturu

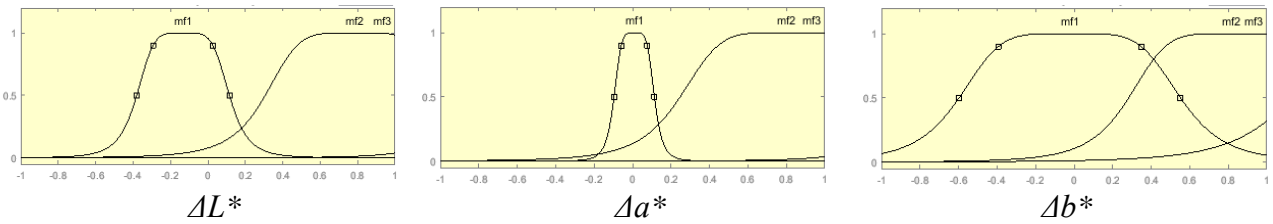
ANFİS şəbəkəsinin öyrədilməsi, verilmiş mənsubiyyət funksiyasının əmsalları və defazifikasiya səviyyəsində iştirak edən əmsalların tapılmasından ibarətdir. ANFİS-in öyrədilməsi üçün xətanın geriye yayılma (“backpropagation”) üsulu ilə bərabər 1993-cü ildə Jang tərəfindən təklif edilmiş Hibrid öyrənmə üsulu da mövcuddur [39, s.665-685]. Hibrid öyrənmə üsulu ilk növbədə defazifikasiya əmsallarını sazlayaraq, sonra geriye yayılma üsulu ilə mənsubiyyət funksiyalarının əmsallarını təyin etməyi təklif edir. Bu üsulun tətbiqi hesablama mürəkkəbliyinin azalması hesabına öyrənməyə sərf olunan zamanı nəzərə çarpacaq dərəcədə kiçildir.

**5. Aparılmış təcrübələrin nəticələri.** Öyrədilmə üçün BSCS500 təsvir bazasından sinif olaraq hər biri təqribən 1000 piksel nümunəsi ilə təmsil edilmiş altı rəngdən (sarı, tünd qəhvəyi, mürəkkəb rəngi, yaşıl, çəhrayı və qırmızı) istifadə edilmişdir. Öyrədilmə zamanı “One versus all” prinsipinə əsasən hər bir rəng digərləri ilə fərqli, “müsbət” və “mənfi” kimi işarələnmiş siniflərdə təqdim edilmişdir. Ümumi variantların sayı böyüdü (36,000-ə yaxın) və siniflərin say nisbətinin 1:6 olduğunu nəzərə alaraq, “mənfi” sinifdəki nümunələrdən 50%-i təsadüfi qaydada ixtisara salınaraq, ümumi nümunə sayı 20,000-ə endirilmişdir. Hibrid öyrənmə üsulu ilə 42 iterasiya ərzində xəta 0.014



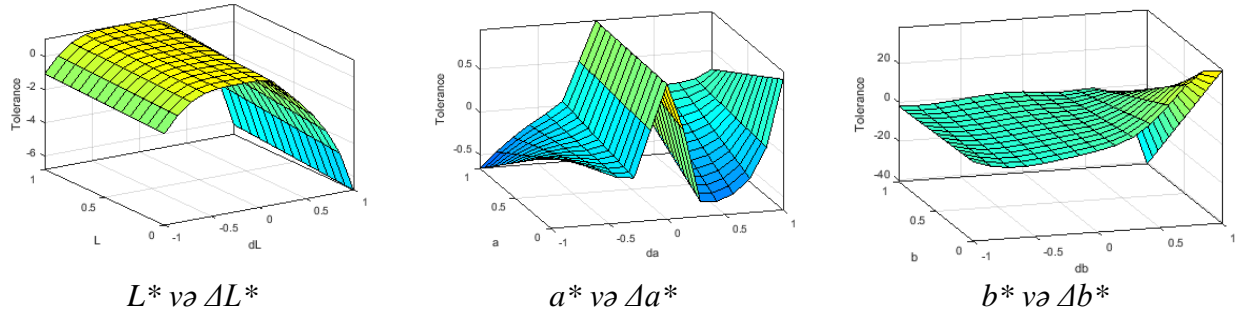
Şəkil 6. Hibrid üsulu ilə ANFİS-in öyrənmə qrafiki

Şəkil 6. Hibrid üsulu ilə ANFİS-in öyrənmə qrafiki. Öyrənmədən sonra ANFİS şəbəkəsinin dəyişmiş parametrlərinə nəzər yetirsək, hər bir parametrin xassəsi haqda mülahizə yürütmə imkanına malik olarıq. Belə ki,  $L$ ,  $a$  və  $b$  parametrlərinin siqmoid mənsubiyyət funksiyası mərkəzdən heç də sürüşməyərək, daha çox xətti forma almışdır. Daha çox dəyişikliyə məruz qalan isə  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  və  $\Delta b$  parametrlərinin uyğun mənsubiyyət funksiyalarıdır. Şəbəkənin öyrənməsi zamanı hər bir parametrin fərqlinin tək mərkəzdə deyil, həm də müəyyən dərəcədə kənarlarda da olmasını da aşkar etmişdir (şəkil 7).



Şəkil 7.  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  və  $\Delta b$  üçün yeni parametrləli mənsubiyyət funksiyaları

Hər bir parametrin variasiyaya görə qrafikinə baxmış olsaq, təsirin əsasən mərkəzdə gücləndiyini görmüş olarıq (şəkil 8). Şəkildən görüldüyü kimi, “ $L$ ” parametrlərinin mərkəzdən əlavə parlaqlığın azalmasına doğru maksimal qiymət alır, “ $a$ ” parametri isə kəskin olaraq yalnız mərkəzdə və qırmızı rəngə tərəf dəyişmədə həssas olur. Bu cür davranış tolerantlığın müxtəlif rəng çalarlarında fərqli dəyişməsi və ya monoxromatik rənglərin (boz və ona yaxın çalarlarda) də təsirinə nəzərə alınması ilə izah oluna bilər. “ $b$ ” parametrlərinin qrafikinə mərkəzdə sabit, yalnız sağ kənarında dəyişkən görsənməsi birbaşa olaraq verilmiş nümunələrin növündən asılı olması ilə izah oluna bilər.



**Şək. 8.**  $L^*a^*b^*$  modelinin uyğun parametrinin fərqdən asılılığı

Öyrədilmiş sistemin yoxlanması məqsədilə Kandukuru Naqarcun tərəfindən çəkilmiş, özündə rənglərin müxtəlif çalarlarını birləşdirən “Rangoli Colours” adlı şəkil [40] üzərində aparılmış təcrübənin nəticələri şəkil 9-da göstərilmişdir. Təsvirdə yuxarıdan-aşağı, soldan-sağa “yaşıl”, “tünd çəhrayı”, “sarı” və “mürəkkəb rəngli” ədviyyatlar təsvir edilmişdir. Təcrübə zamanı istifadəçi tərəfindən hər bir rəngin mərkəzinə yaxın hissədən gözəyari seçilmiş nümunənin kompüter proqramı vasitəsilə ona bitişik rənglərə yaxınlığı hesablanmışdır. Rəng yaxın olduğu halda onun üzərindən hər 2 pikseldən bir ağ rəng qoyulmuş, əks halda isə piksel qara rənglənmişdir. Bu minvalla, mərkəzə uyğun rənglərin sərhədləri qara xətlə əhatələnmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi, rənglər boyu parlaqlıq və çalar fərqi olmasına baxmayaraq, ümumilikdə rənglərin sərhədləri düzgün tapılmışdır. Təcrübədə mümkün rəng diapazonunun fərqli hissələrindən olan rənglər istifadə edilmişdir.



**Şək. 9.** Rənglərin təklif edilən alqoritmlərlə seçilməsi

Tədqiqatlar zamanı ANFİS-in öyrədilməsi və rənglərin tapılması üçün Matlab paketinin proqramlaşdırma mühiti və “NeuroFuzzyDesigner” blokundan istifadə edilmişdir.

**6. Nəticə.** Rəng yaxınlığının Evklid məsafəsi və ya mövcud CİE standartları ilə təyin edilmiş formullarla deyil, ekspert və ya müşahidəçinin verdiyi nümunələrə əsasən öyrədilmiş (adaptə edilmiş) qeyri-səlis qaydalarla təyin edilməsi qərarverməni insan gözünün qiymətləndirməsinə yaxın edəcəkdir. Şəbəkənin mənsubiyyət funksiyalarının öyrənmə nəticəsində dəyişməsi, hər bir rəng elementi və onların qarşılıqlı təsirləri haqda mülahizələr yürütməyə də imkan vermiş olur. ANFİS şəbəkəsində çoxsaylı çarpaz qaydaların təyini boz rənglərin seçilməsi zamanı rəng qiymətlərinin nəzərə alınmamasına da imkan yaratmış olur və bu vizual olaraq yaxın görünən amma rəng çalarları ilə fərqlənən rənglərin yaxınlığını da təyin etməyə imkan verir.

**Ədəbiyyat**

1. W. Wu, A. Y. C. Chen, L. Zhao, and J. J. Corso. "Brain tumor detection and segmentation in a CRF (conditional random fields) framework with pixel-pairwise affinity and superpixel-level features," *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.*, vol. 9, no. 2, pp. 241–253, Mar. 2014.
2. Ben George, E., and Karnan, M. (2012). MR brain image segmentation using bacteria foraging optimization algorithm. *International Journal of Engineering and Technology*, 4(5), 295–301.
3. S. Kamalakannan, A. Gururajan, H. Sari-Sarraf, R. Long, and S. Antani. "Double-Edge Detection of Radiographic Lumbar Vertebrae Images Using Pressurized Open DGVF Snakes," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 57, no. 6, pp. 1325–1334, Jun. 2010.
4. Y. Nirkin, I. Masi, A. T. Tuän, T. Hassner, and G. Medioni. "On face segmentation, face swapping, and face perception," in *Proceedings - 13th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 2018*, 2018.
5. R. Jafri and H. R. Arabnia. "A Survey of Face Recognition Techniques," *J. Inf. Process. Syst.*, 2009.
6. B. Gatos, I. Pratikakis, and S. J. Perantonis. "Adaptive degraded document image binarization," *Pattern Recognit.*, 2006.
7. K. Aida-Zade, E. Mustafaev, and J. Hasanov. "Intelligent reading system based on mobile platform," in *2012 4th International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics", PCI 2012 - Proceedings*, 2012.
8. A.K. Jain, F. D. Griess, and S. D. Connell. "On-line signature verification," *Pattern Recognit.*, 2002.
9. F. Alonso-Fernandez et al. "A comparative study of fingerprint image-quality estimation methods," *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, 2007.
10. K. Karu and A. K. Jain. "Fingerprint classification," *Pattern Recognit.*, 1996.
11. L. Comba, P. Gay, J. Primicerio, and D. Ricauda Aimonino. "Vineyard detection from unmanned aerial systems images," *Comput. Electron. Agric.*, 2015.
12. D. Geneletti and B. G. H. Gorte. "A method for object-oriented land cover classification combining Landsat TM data and aerial photographs," *Int. J. Remote Sens.*, 2003.
13. M. P. Dubuisson-Jolly and A. Gupta. "Color and texture fusion: Application to aerial image segmentation and GIS updating," *Image Vis. Comput.*, 2000.
14. F. Long, Z. Yang, and D. Purves. "Spectral statistics in natural scenes predict hue, saturation, and brightness," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 103, no. 15, pp. 6013–6018, 2006.
15. L. W. Kheng. "Color Spaces and Color-Difference Equations," *Color Res. Appl.*, 2002.
16. R.M. Haralick and L.G. Shapiro. *Survey – image segmentation techniques*, *Computer Vision Graphics and Image Processing*, vol. 29, pp. 100-132, 1985.
17. P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong. "A survey of thresholding techniques," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*. 1988.
18. J. Matas, O. Chum, M. Urban, and T. Pajdla. "Robust wide-baseline stereo from maximally stable extremal regions," in *Image and Vision Computing*, 2004.
19. M. Sezgin and B. Sankur. "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation," *J. Electron. Imaging*, 2004.
20. G. B. Coleman and H. C. Andrews. "Image Segmentation by Clustering," *Proc. IEEE*, 1979.
21. D. Zhang and G. Lu. "Segmentation of moving objects in image sequence: A review," *Circuits, Syst. Signal Process.*, 2001.
22. J. Delon, A. Desolneux, J. L. Lisani, and A. B. Petro. "Color Image Segmentation Using Acceptable Histogram Segmentation."
23. F. Kurugollu, B. Sankur, and A. E. Harmanci. "Color image segmentation using histogram multithresholding and fusion." *Image and Vision Computing* 19 (2001) pp 915-928.
24. W. Gao, L. Yang, X. Zhang, and H. Liu. "An improved Sobel edge detection," in *Proceedings - 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2010*, 2010.
25. D. B. Judd. "A Maxwell Triangle Yielding Uniform Chromaticity Scales\*," *J. Opt. Soc. Am.*, 1935.
26. G. Sharma, W. Wu, and E. N. Dalal. "The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations," *Color Res. Appl.*, vol. 30, no. 1, pp. 21–30, 2005.
27. M. R. Luo, G. Cui, and B. Rigg. "The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000," *Color Res. Appl.*, 2001.
28. A.R. Robertson. "The CIE 1976 Color-Difference Formulae," *Color Res. Appl.*, 1977.
29. W. S. Mokrzycki and M. Tatol. "Colour Difference  $\Delta e$  — a Survey," *Mach. Graph. Vis.*, 2011.
30. D. L. MacAdam. "Visual Sensitivities to Color Differences in Daylight\*," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 32, no. 5, p. 247, May 1942.



31. D. Martin, C. Fowlkes, D. Tal, and J. Malik. "A Database of Human Segmented Natural Images and its Application to Evaluating Segmentation Algorithms and Measuring Ecological Statistics." Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV 2001.
32. E. Mizutani, J.-S. R. Jang, K. Nishio, H. Takagi, and D. M. Auslander. "Coactive neuro-fuzzy modelling for colour recipe prediction," Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks. 1995.
33. E. Mizutani, H. Takagi, D. M. Auslander, and J. S. R. Jang. "Evolving color recipes," IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev., 2000.
34. M. A. Bujurge, P. Puranik, and P. R. Bajaj. "ANFIS Based Color Image Segmentation for Extraction of Salient Features : A Design Approach," vol. 05, no. 01, pp. 19–24, 2011.
35. H. D. Cheng, X. H. Jiang, Y. Sun, and J. Wang. "Color image segmentation: Advances and prospects," Pattern Recognit., 2001.
36. K. Angayarkkani and N. Radhakrishnan. "An Intelligent System for Effective Forest Fire Detection Using Spatial Data" International Journal of Computer Science and Information Security vol. 7 no. 1 pp. 202-208 2010.
37. R. J. Stanley, R. H. Moss, W. Van Stoecker, and C. Aggawal. "A fuzzy-based histogram analysis technique for skin lesion discrimination in dermatology clinical images," Comput. Med. Imaging Graph., 2003.
38. S. Abirami, V. Ramalingam, and S. Palanivel. "Species classification of aquatic plants using PSVM and ANFIS," Pattern Recognit. Image Anal., 2013.
39. J. S. R. Jang. "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System," IEEE Trans. Syst. Man Cybern., vol. 23, no. 3, pp. 665–685, 1993.
40. <https://www.flickr.com/photos/nagarjun/6387774307>

**J.Z. Hasanov, E.E. Mustafayev**

#### **On one approach to the determination of color closeness in image segmentation**

*The distinction and selection of colors are challenging tasks in image processing and recognition systems. The selection of the proper features and criteria play an important role in said systems. The known methods of color classification mostly rely on empirically defined formulas. This paper proposes an ANFIS-based system that evaluates the color closeness. The efficiency of the method is tested on graphical images.*

**Keywords:** ANFIS, CIELAB, L\*a\*b\*, color closeness, fuzzy sets

**УДК 004.93.12**

**Д.З. Гасанов, Э.Э. Мустафаев**

#### **Об одном подходе к определению близости цветов при сегментации изображений**

*Кластеризация цветов и их определение являются одними из важнейших задач систем обработки и распознавания изображений. Выделение информативных признаков и выбор критериев играют важную роль в решении этих проблем. Существующие методы определения близости определяются формулами, основанными на эмпирических знаниях. В данной статье предлагается использовать систему оценки близости на основе ANFIS. Эффективность метода продемонстрирована компьютерными экспериментами на графических изображениях.*

**Ключевые слова:** ANFIS, CIELAB, L\*a\*b\*, близость цветов, нечеткое множество