

UDK 004.093

## SINFLARNI XATOSIZ AJTATISHDA ALOHIDA BELGILAR FAZOSINI SHAKLLANTIRISH

*Bekmuratov Q.A.<sup>1</sup>, Bekmuratov D. Q.<sup>2</sup>, Abduraxmonova M.N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti  
Samarqand filiali, Samarqand, O‘zbekiston

<sup>1</sup> Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari  
instituti, Toshkent, O‘zbekiston  
bekmurodov1958@mail.ru

**Annotatsiya.** *Maqolada o‘quv tanlanmada berilgan timsollarning xususiyatlaridan aniq sinfga xos alohida belgilarni aniqlash va tanlab olingan alohida belgilardan ularning fazosini shakllantirish masalasini yechish qaralgan. Boshlang‘ich xususiyatlardan alohida belgilarni tanlash va ulardan hosil qilinadigan belgilar fazosining yuqori chekli o‘lchamini topish uslubiyoti keltirilgan. Alohida belgilar fazosini yuqori chekli o‘lchami qiymati timsollarni tanib olishda oldindan belgilangan xatolik ehtimoli va uning ishonchlilik qiymatlari, o‘quv tanlanmadagi timsollar va xususiyatlar soni kabi parametrlarga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Alohida belgilar uchun topilgan fazoning yuqori chekli o‘lchami qiymati asosida har bir tanlab olinadigan alohida belgilarning minimal va haqiqiy ajratish kuchlari aniqlangan. Minimal va haqiqiy ajratish kuchlarini hisobga olgan holda birinchi, ikkinchi va uchinchi tipli alohida belgilarning har bir tipidan ularning tizimlarini shakllantirish protseduralari taklif qilingan. Taklif qilingan uslubiyot asosida algoritm va dasturiy ta‘minot ishlab chiqilgan. EHM da hisoblash tajribalari o‘tkazilgan hamda natijalar hal qiluvchi qoidalar ko‘rinishida keltirilgan bo‘lib, ulardan timsollarni tanishda foydalanilgan. Shuningdek, o‘tkazilgan izlanishlarning xulosalari keltirilgan.*

**Kalit so‘zlar:** *o‘quv tanlanma, nazorat tanlanma, sinf, timsol, xususiyat, sinfga xos alohida belgi, alohida belgilar fazosi, bo‘lag‘a, hal qiluvchi qoida, ajratish kuchi, minimal ajratish kuchi, haqiqiy ajratish kuchi, xatolik ehtimoli, ishonchlilik.*

### I. KIRISH

Hozirgi kunda sun‘iy intellekt (SI) texnologiyalariga asoslangan tizimlarni ishlab chiqishga katta e‘tibor qaratilmoqda. Bu inson faoliyatining turli sohalarida uning yuqori amaliy ahamiyati bilan bog‘liq. SI sohasining asosiy yo‘nalishlaridan biri - bu timsollarni tanib olish yo‘nalishi bo‘lib, bunda tanib olish masalalarini samarali yechishga mo‘ljallangan matematik usullar, algoritmlar va dasturlarni ishlab chiqish muhim masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Hozirgi kunda timsollarni samarali va tezkor tanib olish algoritmlariga asoslangan intellektual tizimlarini yaratishga qaratilgan keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, jumladan, timsol(obyekt, hodisa va jarayon)lar qonuniyatlarini aniqlaydigan, tashxislaydigan qoida va modellarni qurish hamda o‘quv tanlanma (O‘T) asosida aniq bir sinfga xos bo‘lgan belgilarni informativlik mezonini asosida tanlab olish va ular asosida hal qiluvchi qoida(HQQ) larni qurish usul va algoritmlarini yaratish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Timsollarni tanib olish (TTO) masalasida ikkita muammo mavjud [2, 3]. Birinchisi – O‘Tdagi timsollar boshlang‘ich xususiyatlaridan foydalanib TTO bo‘lsa, ikkinchisi - boshlang‘ich xususiyatlarni qayta ishlash orqali ular orasidan aniq mezonlar asosida har bir sinfga xos belgilarni hosil qilish va ular yordamida TTO masalasi hisoblanadi. Ayni paytda ushbu muammolarni bartaraf etishga katta e‘tibor berilmoqda, biroq hozirgi kunga qadar ushbu muammolarni to‘liq bartaraf etadigan rasmiy uslublar ishlab chiqilmagan. Timsollar xususiyatlarini aniqlashda oldindan berilgan bilimlar, sezgi, nazorat va xatolik usuli hamda tajribadan foydalaniladi. Shundan kelib chiqqan holda, TTO masalalarini yechishda qo‘llanilishiga ko‘ra “timsol-xususiyat” tushunchasidan “sinf-belgi” tushunchasi aniqlanadi va uni aniqlaydigan usul va algoritmlar bir-biridan yondashuvlari hamda belgilarni aniqlash mezonlari bilan farq qiladi [1-8, 11, 12, 15].

Timsollarni tanuvchi tizim (TTT) TTODA yuqori sifat va ishonchlilikni ta‘minlash uchun timsollarni qanday belgilari bilan ishlashini oldindan bilishi va o‘qitish ketma-ketligida timsollarni belgilari to‘liq o‘z aksini topishi talab etiladi. Shuning uchun TTT TTODA nafaqat belgilangan sifatga, balki unga erishishning ishonchliligiga ham ega bo‘lishi shart.

TTT da TTODA belgilangan sifat va ishonchlilikga erishishi uchun O‘T timsollari va ularning xususiyatlari sonini qisqartirish amalga oshiriladi. Xususiyatlarning dastlabki ro‘yxatidan ma‘lum bir mezon asosida aniq bir sinfga xos bo‘lgan muhim belgilar tanlanadi. Muhim belgilarni tanlash natijasida qaralayotgan sinfdagi o‘xshash timsollarni paydo bo‘lishi hisobiga mos sinfdagi timsollar soni ham qisqaradi. O‘Tdagi

belgilar va timsollarni qisqarishi ikki jihatdan samarali hisoblanadi: birinchidan, hisoblashlar hajmi keskin kamayadi, ikkinchidan O‘Tdan muhim bo‘lmagan belgilar va o‘xshash timsollarni chiqarilishi natijasida TTODagi sifat va ishonchlilik ko‘rsatkichlari oshadi. Shu bilan birgalikda, belgilar va timsollar sonining kamayishi O‘T hajmini qisqarishini ta‘minlaydi. Bu esa ko‘p hollarda TTODagi sifat va ishonchlilik ko‘rsatkichlarini kamayishiga olib keladi. Shuning uchun TTTni yaratishda tizimni timsollarni tanishda belgilangan sifat va ishonchlilik ko‘rsatkichlariga erishishi uchun O‘Tdagi dastlabki xususiyatlar va timsollar soni, dastlabki xususiyatlardan tanlab olinadigan muhim belgilar soni, belgilar fazosi (BF) o‘lchami qiymati ma‘lum bir chekli miqdorda bo‘lishi, ya‘ni ular orasidagi funksional munosabatlar e‘tiborga olinishi zarur degan xulosaga kelish mumkin.

## II. MASALANING QO‘YILISHI

O‘Tdagi sinflarni bir-biridan ajratuvchi xususiyatlarni shakllantirish natijasida hosil qilinadigan hal qiluvchi qoida-(HQQ)lar asosida TTODA sifat va ishonchlilik ko‘rsatkichlarini ifodalovchi ayrim natijalar [1, 13] ishlarda keltirilgan. Ushbu natijalardan birida - agar O‘Tda berilgan aniq bir sinfdagi timsollarni boshqa sinflardagi timsollardan ajratuvchi  $N$  ta HQQlar to‘plamidan bittasi tanlansa va u aniq bir sinfdagi timsollarni boshqa sinflardagi timsollardan xatosiz ajratsa, u holda  $(1 - \eta)$  ishonchlilik bilan ta‘kidlash mumkinki, ushbu HQQ yordamida yangi TTODagi xatolik ehtimoli  $\varepsilon$  dan oshmaydi deb e‘tirof etilgan, ya‘ni

$$\varepsilon = \frac{\ln N - \ln \eta}{m} \quad (1)$$



Agar  $x_i$  xususiyat uzlukli yoki uzluksiz sonli qiymat bilan tavsiflangan bo'lsa, u holda  $T_{nml}$  O'T timsollari  $x_i$  xususiyat bo'yicha quyidagi formula asosida normallashtiriladi:

$$x_{ui}^* = \frac{x_{ui}}{\hat{x}_i}, (i = \overline{1, n}; u = \overline{1, m}),$$

$$x_{ui} = \begin{cases} 1, & \text{agar } X_u \text{ timsol uchun } x_{ui}^* \leq \delta_i^q \text{ bo'lsa,} \\ 0, & \text{bo'shqa hollarda} \end{cases} (i = \overline{1, n}; u = \overline{1, m}) \quad (5)$$

bu yerda  $\delta_i^q$ -  $K_q$  sinf uchun bo'sag'a qiymati bo'lib, u ekspertlar tomonidan berilgan yoki O'Tdagi har bir  $K_q \in T_{nml}$  sinf uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta_i^q = \frac{1}{m_q} \sum_{u=1}^{m_q} x_{ui}^*, (i = \overline{1, n}). \quad (6)$$

Agar  $x_i$  xususiyat mantiqiy bo'lsa, u holda (4) yordamida, aks holda, ya'ni sonli bo'lsa, u holda (6) formulani inobatga olib (5) ko'rinishda binarlashtiriladi.

$$(\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0) = 1 \quad (7)$$

(7) shartdan  $K_q$  sinfga xos tanlab olingan har bir  $x_{qi}^{(1)}$  belgi  $K_q$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  timsollarini  $K_p$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  timsollaridan xatosiz ajratadi va  $T_{nm}^*$  NTdagi yangi  $X_u^*(u = \overline{1, m^*})$  TTOda AB sifatida foydalaniladi.

$$[(\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 0)] = 1 \quad (8)$$

(8) shartdan  $K_q$  sinfga xos tanlab olingan har bir  $x_{qi}^{(2)}$  belgi  $K_q$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  timsollarini  $K_p$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  timsollaridan xatosiz ajratishni ta'minlamaydi, ya'ni har bir  $x_{qi}^{(2)}$  belgi  $K_q$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  timsollarini xatosiz tanib oladi va  $K_p$  sinfdagi  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  TTOda xatolikga yo'l qo'yadi.  $K_p$

bu yerda  $\hat{x}_i = \max_u(x_{ui}), (i = \overline{1, n}, u = \overline{1, m})$ .

$x_i$  xususiyat  $K_q$  sinf timsollarini normallashtirilgan  $x_{ui}^*$  qiymati bo'yicha quyidagicha binarlashtiriladi:

$T_{nml}$  O'Tdagi timsollar to'plami(TT)ni -  $V$ ,  $K_q$  sinfdagi TTni -  $V_q$ ,  $K_p$  sinfdagi TTni -  $V_p$  bilan belgilab, ushbu to'plamlar uchun  $V_q \cup V_p = V$  va  $V_q \cap V_p \neq \emptyset$  shart o'rinli bolsin.

1-ta'rif. Binarlashtirilgan  $x_i$  xususiyat uchun (7) shart bajarilsa, u holda  $x_i$  xususiyat  $K_q$  sinfga xos 1-tipli alohida belgi deyiladi.

2-ta'rif. Binarlashtirilgan  $x_i$  xususiyat uchun (8) shart bajarilsa, u holda  $x_i$  xususiyat  $K_q$  sinfga xos 2-tipli alohida belgi deyiladi.

sinfdagi  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  TTOda yo'l qo'yilgan xatolikni tuzatishda navbatdagi  $x_{qj}^{(2)}$  belgilardan foydalaniladi. Shuning uchun  $T_{nm}^*$  NTdagi  $X_u^*(u = \overline{1, m^*})$  TTOda har bir  $x_{qi}^{(2)}$  belgidan ABlar sifatida emas, balki ularning majmuasidan foydalaniladi.

3-ta'rif. Binarlashtirilgan  $x_i$  xususiyat uchun (9) shart bajarilsa, u holda  $x_i$

$$[(\exists X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_q : x_{ui} = 0) \wedge (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0)] = 1 \quad (9)$$

(9) shartdan  $K_q$  sinfga xos tanlab olingan har bir  $x_{qi}^{(3)}$  belgi  $K_q$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  timsollarini  $K_p$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  timsollaridan xatosiz ajratishni ta'minlamaydi, ya'ni har bir  $x_{qi}^{(3)}$  belgi  $K_p$  sinf  $X_u(u = \overline{1, m_p})$  timsollarini xatosiz tanib oladi va  $K_q$  sinfdagi  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  TTOda xatolikga yo'l qo'yadi.  $K_q$  sinfdagi  $X_u(u = \overline{1, m_q})$  TTOda yo'l qo'yilgan xatolikni tuzatish uchun navbatdagi  $x_{qj}^{(3)}$  belgidan foydalaniladi. Shuning uchun  $T_{nm}^*$  NTdagi yangi  $X_u^*(u = \overline{1, m^*})$  TTOda  $x_{qi}^{(3)}$  tipdagi belgilardan ABlar sifatida emas, balki ularning majmuasidan foydalanish kerak.

(7)-(9) munosabatlar asosida  $K_q$  sinfga xos aniqlangan  $k$  ( $k = \overline{1, 3}$ ) - har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABga mos keluvchi timsollar to'plamostilari  $U_{qi}^{(k)}$  va  $\overline{U}_{qi}^{(k)}$  ( $U_{qi}^{(k)} \cup \overline{U}_{qi}^{(k)} = V$ ) bilan belgilanadi, bu yerda  $k = 1$  bo'lganda  $U_{qi}^{(1)} - (\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1)$  va  $\overline{U}_{qi}^{(1)} - (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0)$ ,  $k = 2$  bo'lganda  $U_{qi}^{(2)} - (\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 1)$  va  $\overline{U}_{qi}^{(2)} - (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 0)$  va  $k = 3$  bo'lganda  $U_{qi}^{(3)} - (\exists X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_q : x_{ui} = 0)$  va  $\overline{U}_{qi}^{(3)} - (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0)$ .

Agar binar xususiyatlardan iborat  $T_{nml}$  O'Tdagi  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratishni  $n_0$  o'lchamli BFda amalga oshirish talab qilinsa va binar belgilarni tanlab olishning tavakalligi va

xususiyat  $K_q$  sinfga xos 3-tipli alohida belgi deyiladi.

bog'liqmasligi e'tiborga olinsa, u holda ushbu BFni hosil qilishning mumkin bo'lgan barcha holatlar soni quyidagicha aniqlanadi:

$$N \leq C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n_0} = 2^{n_0}.$$

Agar  $T_{nml}$  O'Tdagi timsollar xususiyatlari uzlukli va uzluksiz qiymatlardan iborat bo'lib, har bir  $K_q$  ( $q = \overline{1, l}$ ) sinf timsollarini har bir  $x_i$  xususiyati (5) qoida asosida binarlashtirilsa, u holda  $l$  ta binarlashtirilgan  $T_{nml}^q$  O'T hosil bo'ladi. Bunda  $K_q$  sinfdagi timsollar xususiyatlaridan aniqlangan bo'sag'alar qiymatlari asosida binarlashtirilgan  $T_{nml}^q$  tanlovning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratishni  $n_0$  o'lchamli BFda amalga oshirish talab qilinsa, u holda binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  tanlovda  $K_q$  sinf timsollarini va  $K_p$  sinf timsollaridan ajratishi mumkin bo'lgan barcha HQLar soni  $N$  dan oshmaydi, ya'ni:

$$N \leq l 2^{n_0} C_n^{n_0} \quad (10)$$

Ushbu munosabatdan  $T_{nml}^q$  O'Tdagi  $K_q$  sinf timsollarini  $K_p$  sinf timsollaridan xatosiz ajratishda belgilangan  $\varepsilon$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiruvchi BF o'lchami  $n_0$  qiymatni topish talab etiladi.  $n_0$  qiymatni (10) munosabatni logarifmlash orqali topish mumkin:

$$\ln N \leq \ln l + \ln 2^{n_0} + \ln C_n^{n_0}, \quad (11)$$

bu yerda

$$C_n^{n_0} = \frac{n!}{n_0!(n-n_0)!}, \quad (12)$$

$n_0 \geq 1$ ,  $n \geq 2$  va  $n > n_0$  bo'lganda (12) formuladagi  $C_n^{n_0}$  qiymatni quyidagicha baholash mumkin:

$$C_n^{n_0} \leq n^{n_0}. \quad (13)$$

(13) va (11) munosabatlardan quyidagi hosil bo'ladi:

$$\ln N \leq \ln l + \ln 2^{n_0} + \ln n^{n_0} = n_0(\ln 2 + \ln n) + \ln l.$$

Demak

$$\ln N \leq n_0(\ln 2 + \ln n) + \ln l. \quad (14)$$

Hosil qilingan  $\ln N$  qiymatni (1) formulaga qo'yib  $n_0$  ning qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$n_0 = \frac{\varepsilon m + \ln \eta - \ln l}{\ln 2 + \ln n}. \quad (15)$$

$\eta$ ,  $\varepsilon$ ,  $n$ ,  $n_0$  parametrlar qiymatlari ma'lum bo'lganda (15) formuladan ushbu parametrlarni qanoatlantiruvchi timsollar sonini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$m = \frac{n_0(\ln 2 + \ln n) + \ln l - \ln \eta}{\varepsilon}. \quad (16)$$

**ABlarni ajratish kuchi(AK)ni hisoblash.** Aytaylik, (7)-(12) munosabatlarni qanoatlantiruvchi  $K_q$  sinfga xos  $k(k = \overline{1,3})$  -tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) ABF aniqlangan bo'lsin. U holda  $k$  -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgi yordamida  $V$  to'plamdagi timsollardan  $V_q$  to'plamda to'g'ri sinflashtirilgan TTni  $G_{qi}^{(k)}$  va uning quvvatini  $|g_{qi}^{(k)}|$  hamda  $V_p$  to'plamda to'g'ri sinflashtirilgan TTni  $G_{pi}^{(k)}$  va uning quvvatini  $|g_{pi}^{(k)}|$  bilan belgilab,  $k$  -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgi yordamida  $V$  to'plamda to'g'ri sinflashtirilgan TT  $G_i^{(k)}$  va uning  $|g_i^{(k)}|$  quvvati  $|g_i^{(k)}| = |g_{qi}^{(k)}| + |g_{pi}^{(k)}|$  yig'indi bilan aniqlanishini hisobga olib,  $k$  -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining AK quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$f(x_{qi}^{(k)}) = \frac{|g_i^{(k)}|}{|m|}, \quad (17)$$

bu yerda  $V - T_{nml}^q$  O'Tdagi timsollar to'plami,  $|m|$ -  $V$  to'plamning quvvati.

(7) munosabatni qanoatlantiruvchi 1-tipli har bir  $x_{qi}^{(1)} \in V_q^{(1)}$  belgi uchun  $f(x_{qi}^{(1)}) = 1$ , (8) munosabatni qanoatlantiruvchi 2-tipli har bir  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  hamda (9) munosabatni qanoatlantiruvchi 3-tipli har bir  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgilar uchun  $0 < f(x_{qi}^{(k)}) < 1$  ( $k = \overline{2,3}$ ) o'rinli.

Agar (15) formula asosida aniqlangan BF o'lchamini yuqori chekli qiymati  $n_0$  inobatga olinsa, u holda  $T_{nml}^q$  O'Tdagi  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan ajratish uchun  $n_0$  o'lchamli BFga kiritiladigan  $k$  ( $k = \overline{1,3}$ ) -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining minimal AK (MAK)  $\frac{1}{n_0}$  qiymatdan kam bo'lmashligi shart va bu  $a$  orqali belgilanadi, ya'ni:

$$a = \frac{1}{n_0}. \quad (18)$$

Aniqlangan  $a$  qiymat asosida  $k$  ( $k = \overline{1,3}$ ) - tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) alohida belgilar fazosi(ABF)dan  $n_0$  o'lchamli BFga kiritiladigan  $k$  -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining  $f(x_{qi}^{(k)})$  AKni quyidagicha baholash mumkin:

$$f(x_{qi}^{(k)}) \geq a. \quad (19)$$

(19) munosabat  $n_0$  o'ldamli BFni shakllantirishda  $k$  ( $k = \overline{1,3}$ )-tipi  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) ABFdan har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgini tanlab olishning birlamchi mezoni bo'lib, u (19) shartni qanoatlantiruvchi  $x_{qi}^{(k)}$  belgini  $V_q^{(k)}$  ABFda qoldirishga, aks holda chiqarishga imkon beradi. Bu esa  $V_q^{(k)}$  ABFdagi belgilar sonini qisqarishiga olib keladi.

Agar (19) shartni qanoatlantiruvchi 1-tipli  $x_{qi}^{(1)} \in V_q^{(1)}$  belgilar qaralsa, u holda (7) munosabatga asosan har bir  $x_{qi}^{(1)} \in V_q^{(1)}$  belgi  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan to'liq (xatosiz) ajratadi. Bu holda (18) formulada  $n_0 = 1$  deb olinadi va har bir  $x_{qi}^{(1)} \in V_q^{(1)}$  tipli belgining AK  $f(x_{qi}^{(1)}) = 1$  shartni qanoatlantiradi. Agar (19) shartni qanoatlantiruvchi 2-tipli  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  va 3-tipli  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgilar qaralsa, u holda (8) va (9) munosabatlarga asosan har bir  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  hamda  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgi  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan to'liq (xatosiz) ajratishni ta'minlamaydi. Bu holda (17) formulada  $n_0 > 1$  va har bir  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  hamda  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgining AK (18)

$$f(x_{q1}^{(k)}) \geq f(x_{q2}^{(k)}) \geq \dots \geq f(x_{qn_k}^{(k)}) \geq \dots \geq f(x_{q\alpha_k}^{(k)}) . \quad (20)$$

Aytaylik,  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipi  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k$ ) ABFdan (20) munosabatga asosan  $f(x_{qi}^{(k)})$  va  $f(x_{qj}^{(k)})$  qiymatga mos  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  va  $x_{qj}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgilar tanlangan bo'lsin. Bu belgilarning har birini AK (19) shartni qanoatlantiradi, biroq ushbu belgilar yordamida timsollarni ajratishda xatolikga yo'l qo'yadigan sinfda to'g'ri

munosabatga asosan  $a \leq f(x_{qi}^{(k)}) < 1$  ( $k = \overline{2,3}$ ) bo'ladi.

(19) munosabatni qanoatlantiruvchi  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipi  $\alpha_k$  ta  $x_{qi}^{(k)}$  belgilardan iborat  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k$ ) qisqartirilgan ABF hosil qilingan bo'lsin. Bu ABFdagi har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $k = \overline{2,3}; i = \overline{1, \alpha_k}$ ) belgi (19) munosabatni qanoatlantiradi, lekin ularni  $n_0$  tasi  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan xatosiz ajratishni ta'minlamaydi. Chunki bu belgilar orasida bir xil va yopuvchi belgilar uchrashi mumkin yoki ular to'g'ri ajratayotgan TT kesishishi yoki bir-biridan eng kamida bitta timsol bilan farq qilishi mumkin. Bu holda  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipi  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}$ ) belgilardan  $n_0$  o'ldamli BFni shakllantirish va ushbu fazoda  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan xatosiz ajratishga erishish uchun ushbu BFga kiritiladigan  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipi har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining haqiqiy AK(HAK)-ni to'g'ri aniqlash talab etiladi. Shuning uchun  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipi  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k$ ) belgilarni (19) shartni qanoatlantiruvchi  $f(x_{qi}^{(k)})$  ( $k = \overline{2,3}; i = \overline{1, \alpha_k}$ ) AKlari kamayish tartibda joylashtiriladi:

ajratilgan TT bir-biri bilan kesishgan bo'lishi mumkin. Bunday belgilar sifatida 2-tipli  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  va  $x_{qj}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  belgilar qaralsa, u holda ushbu belgilar  $V_p$  to'plamdagi timsollarni ajratishda xatoga yo'l qo'yadi. Shuning uchun 2-tipli  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  va  $x_{qj}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  belgilarning  $V_p$  to'plamda to'g'ri sinflashtirilgan timsollar to'plamostilari sifatida mos ravishda  $G_{pi}^{(2)}$

va  $G_{pj}^{(2)}$  to‘plamostilari qaraladi. Agar 3-tipli  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  va  $x_{qj}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgilar qaralsa, u holda ushbu belgilar  $V_q$  to‘plamda timsollarni ajratishda xatoga yo‘l qo‘yadi. Shuning uchun 3-tipli  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  va  $x_{qj}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgilarning  $V_q$  to‘plamda to‘g‘ri sinflashtirilgan timsollar to‘plamostilari sifatida mos ravishda  $G_{qi}^{(3)}$  va  $G_{qj}^{(3)}$  to‘plamostilari qaraladi.

2-tipli  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  va  $x_{qj}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  belgilarga mos  $G_{pi}^{(2)}$  va  $G_{pj}^{(2)}$  to‘plamostilari uchun  $G_{pi}^{(2)} \cap G_{pj}^{(2)} \neq \emptyset$  hamda 3-tipli  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  va  $x_{qj}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  belgilarga mos  $G_{qi}^{(3)}$  va  $G_{qj}^{(3)}$  to‘plamostilari uchun  $G_{qi}^{(3)} \cap G_{qj}^{(3)} \neq \emptyset$  shartlar bajarilsin. Ushbu kesishmalarga mos keluvchi to‘g‘ri ajratilgan timsollar to‘plamosti  $Q_q^{(k)} (k = \overline{2,3})$  va uning quvvati  $|s_q^{(k)}| (k = \overline{2,3})$  bilan belgilanadi. U holda  $Q_q^{(k)} (k = \overline{2,3})$  to‘plamostiga mos keluvchi timsollar soni  $\Delta f^{(k)}$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta f^{(k)} = \frac{|s_q^{(k)}|}{|m|} (k = \overline{2,3}). \quad (21)$$

$K_q$  sinfga xos tanlab olingan  $k (k = \overline{2,3})$  -tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)} (i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k)$  ABF mos keluvchi timsollar to‘plamostilari  $U_{qi}^{(k)}$  va  $\overline{U}_{qi}^{(k)} (U_{qi}^{(k)} \cup$

$$f_{\min}^*(x_{qi}^{(k)}) = a - \Delta f^{(k)} \text{ va } f_{\min}^*(x_{qj}^{(k)}) = a - \Delta f^{(k)} (k = \overline{2,3}). \quad (22)$$

Agar  $k (k = \overline{2,3})$  -tipli  $x_{qi}^{(k)}$  va  $x_{qj}^{(k)}$  belgilar uchun (23) shart bajarilsa, u holda

$$f^*(x_{qi}^{(k)}) \geq f_{\min}^*(x_{qi}^{(k)}) \text{ va } f^*(x_{qj}^{(k)}) \geq f_{\min}^*(x_{qj}^{(k)}) (k = \overline{2,3}). \quad (23)$$

$\overline{U}_{qi}^{(k)} = V)$  bilan belgilanadi, bu yerda  $U_{qi}^{(k)} - (\exists X_u \in V: x_{ui} = 1)$  va  $\overline{U}_{qi}^{(k)} - (\exists X_u \in V: x_{ui} = 0)$ .

Endi (20) munosabat asosida tanlab olingan 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  va  $x_{qj}^{(2)}$  belgilarni faqat  $V_p$  to‘plamda xatolikga yo‘l qo‘yishi hisobga olinib, ushbu belgilarning  $f^*(x_{qi}^{(2)})$  va  $f^*(x_{qj}^{(2)})$  HAKlarini hisoblashda mos ravishda  $V_p \setminus \overline{U}_{qj}^{(2)} \subseteq \overline{U}_{qi}^{(2)}$  va  $V_p \setminus \overline{U}_{qi}^{(2)} \subseteq \overline{U}_{qj}^{(2)}$  munosabatlardan foydalaniladi. Shuningdek, (20) munosabat asosida 3-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  va  $x_{qj}^{(3)}$  belgilar tanlab olingan bo‘lsa, u holda ushbu belgilarning faqat  $V_q$  to‘plamda xatolikga yo‘l qo‘yishi hisobga olinib, ularni  $f^*(x_{qi}^{(3)})$  va  $f^*(x_{qj}^{(3)})$  HAKlarini hisoblashda mos ravishda  $V_q \setminus U_{qj}^{(3)} \subseteq U_{qi}^{(3)}$  va  $V_q \setminus U_{qi}^{(3)} \subseteq U_{qj}^{(3)}$  munosabatlardan foydalaniladi. Keltirilgan munosabatlarni qanoatlantiruvchi  $k (k = \overline{2,3})$  -tipli  $x_{qi}^{(k)}$  va  $x_{qj}^{(k)}$  belgilarning to‘g‘ri sinflashtirgan timsollar to‘plamostilarining kesishmasiga mos keluvchi  $Q_q^{(k)} (k = \overline{2,3})$  to‘plamosti va unga mos keluvchi timsollar sonining (21) formula asosida aniqlanishi hamda  $k (k = \overline{2,3})$  -tipli  $x_{qi}^{(k)}$  va  $x_{qj}^{(k)}$  belgilarning AKlari (19) shartni qanoatlantirishi hisobga olinsa, u holda ushbu belgilarning minimal HAKlarini hisoblash quyidagicha amalga oshiriladi:

ushbu belgilar  $n_0$  o‘lchamli BFga kiritiladi, aks holda kiritilmaydi:



(23) shart asosida shakllantirilgan  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_0}^{(k)}$  ( $n_0 \leq \alpha_k$ ) ABF  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan xatosiz ajratishni ta'minlaydi. Bu holda  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ ) -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $i = \overline{1, n_0}$ ) belgilarni HAKlari uchun  $\sum_{i=1}^{n_0} f^*(x_{qi}^{(k)}) = 1$  tenglik o'rinli.

(17)-(23) munosabatlar  $k$  ( $k = \overline{1,3}$ ) -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $i = \overline{1, n_k}$ ) belgini alohida tekshirish jarayonida ular orasidan  $n_0$  o'lchamli BFda  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan xatosiz ajratishni ta'minlaydigan va yangi TToda belgilangan  $\varepsilon$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiruvchi MAK va HAKlarga ega

$$R_q^{(1)}(X_u): \begin{cases} X_u \in V_q, \text{ agar } C_q^{(1)}(X_u) = x_{ui}^{(1)} = 1, \\ X_u \notin V_q, \text{ aks holda.} \end{cases} \quad (u = \overline{1, m}). \quad (25)$$

**2-tipli ABFni shakllantirish.** Agar (26) shart qanoatlantirilsa,  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(2)}, x_{q2}^{(2)}, \dots, x_{q\alpha_2}^{(2)}$  ( $\alpha_2 \leq n_2$ ) ABFdan

$$(V_q \setminus \bigcap_{i=1}^{n_0} U_{qi}^{(2)} = \phi) \wedge (V_p \setminus \bigcup_{i=1}^{n_0} \overline{U}_{qi}^{(2)} = \phi) = 1. \quad (26)$$

Bu holda (26) shart asosida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratuvchi  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(2)}, x_{q2}^{(2)}, \dots, x_{qn_0}^{(2)}$  ( $i = \overline{1, n_0}; n_0 \leq \alpha_2$ )

$$R_q^{(2)}(X_u): \begin{cases} X_u \in V_q, \text{ agar } C_q^{(2)}(X_u) = \bigwedge_{i=1}^{n_0} x_{ui}^{(2)} = 1, \\ X_u \notin V_q, \text{ aks holda.} \end{cases} \quad (u = \overline{1, m}). \quad (27)$$

**3-tipli ABFni shakllantirish.** Agar (28) shart bajarilsa,  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{q\alpha_3}^{(3)}$  ( $\alpha_3 \leq n_3$ ) ABFdan

$$(V_q \setminus \bigcup_{i=1}^{n_0} U_{qi}^{(3)} = \phi) \wedge (V_p \setminus \bigcap_{i=1}^{n_0} \overline{U}_{qi}^{(3)} = \phi) = 1. \quad (28)$$

Bu holda (28) shart asosida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratuvchi  $V_q^{(3)} =$

bo'lgan  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ( $k = \overline{1,3}; i = \overline{1, n_0}$ ) belgilarni tanlash imkonini beradi.

**1-tipli ABFni shakllantirish.**  $T_{nml}^q$  O'Tda  $x_i$  xususiyat berilgan bo'lsin. Ushbu  $x_i$  uchun (7) munosabat bajarilsa, u holda  $x_i$  xususiyat  $K_q$  sinfga xos 1-tipli  $x_{qi}^{(1)}$  AB bo'ladi va ushbu belgiga mos keluvchi  $U_{qi}^{(1)}$  va  $\overline{U}_{qi}^{(1)}$  to'plamostilari uchun (24) shart bajariladi:

$$((V_q \setminus U_{qi}^{(1)} = \phi) \wedge (V_p \setminus \overline{U}_{qi}^{(1)} = \phi)) = 1. \quad (24)$$

Bu holda (24) shart asosida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratuvchi har bir 1-tipli  $x_{qi}^{(1)}$  belgiga mos hosil qilinadigan HQQ quyidagicha bo'ladi:

$n_0$  o'lchamli BFga mos  $x_{qi}^{(2)} \in V_q^{(2)}$  ( $i = \overline{1, n_0}$ ) belgilarni tanlash jarayoni to'xtatiladi:

ABFga mos hosil qilinadigan HQQ quyidagicha bo'ladi:

$n_0$  o'lchamli BFga mos  $x_{qi}^{(3)} \in V_q^{(3)}$  ( $i = \overline{1, n_0}$ ) belgilarni tanlash jarayoni to'xtatiladi:

$x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{qn_0}^{(3)}$  ( $i = \overline{1, n_0}; n_0 \leq \alpha_3$ ) ABFga mos HQQ quyidagicha bo'ladi:

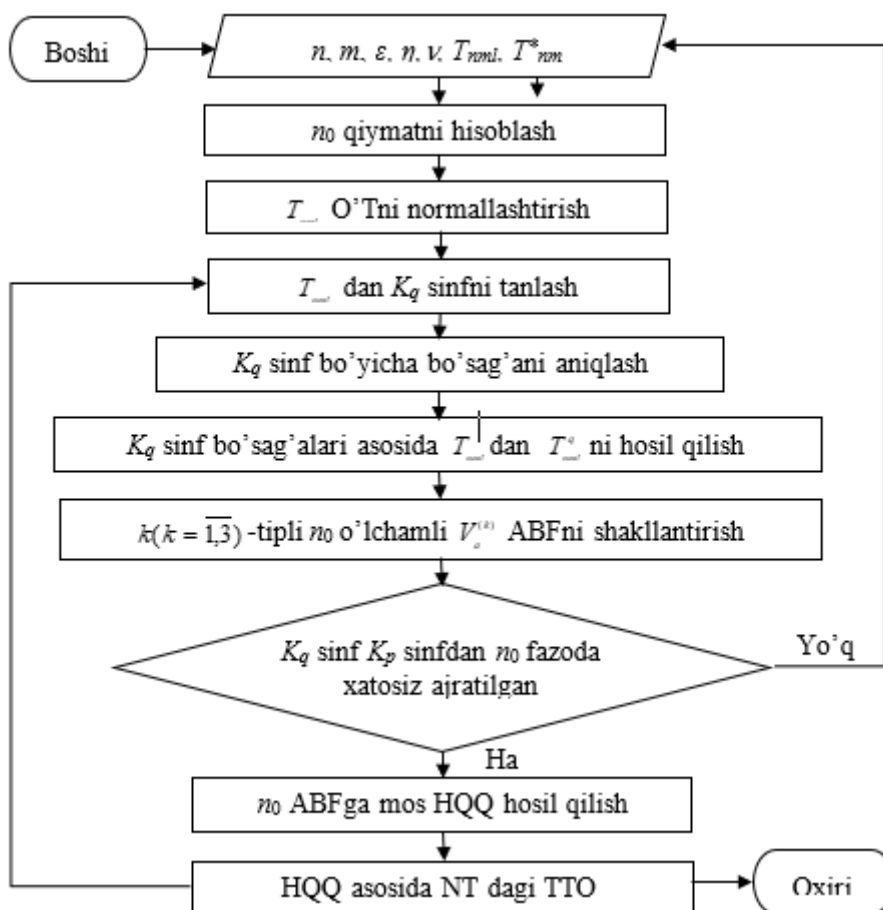
$$R_q^{(3)}(X_u) : \begin{cases} X_u \in V_q, \text{ agar } C_q^{(3)}(X_u) = \prod_{i=1}^{n_0} x_{ui}^{(3)} = 1, & (u = \overline{1, m}). \\ X_u \notin V_q, \text{ aks holda.} \end{cases} \quad (29)$$

Agar  $T_{nml}^q$  O‘Tdagi  $x_i (i = \overline{1, n})$  xususiyatlardan  $K_q$  sinfga xos  $k (k = \overline{1, 3})$  -tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_0}^{(k)}$  ABFlari shakllantirilsa va ular uchun mos ravishda (24), (26) va (28) munosabatlar bajarilsa, u holda  $n_0$  o‘lchamli ABFda  $K_q$  sinf timsollari  $K_p$  sinf timsollaridan xatosiz (chiziqli) ajraladi va ushbu fazoda hosil qilingan (25), (27) va (29) HQQLar

yangi TTOda belgilangan  $\varepsilon$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiradi.

#### IV. MASALANI YECHISH ALGORITMI

Yuqorida keltirilgan matematik protseduralar asosida algoritm ishlab chiqildi. Ushbu algoritmning ishlash sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Algoritmning umumiy ishlash sxemasi.

#### V. DASTURIY TA'MINOT VA HISOBLASH EKSPERIMENTI

Ishlab chiqilgan algoritm asosida Borland Delphi dasturlash muhitida dasturiy ta'minot (DT) yaratildi.

Boshlang'ich ma'lumotlarni kiritish modulini ishga tushirish orqali O'T timsollari va xususiyatlari soni hamda boshlang'ich parametrlar asosida sinflarni xatosiz ajratishda BFning chekli qiymati aniqlanadi (2-rasm).

O'quv tanlanma obyektlari va xususiyatlari soni hamda belgilangan parametrlar asosida n0 ni hisoblash

**Boshlang'ich qiymat parametrlari**

Belgilar soni:

Obyektlar soni:

Sinflar soni:

**Sinflarni xatosiz ajratish**

Epsilon:

Etta:

n0:  n0 hisoblash

2-rasm. Sinflarni xatosiz ajratishda BFning chekli qiymatini aniqlash.

“Alohida belgilar fazosini shakllantirish” menyusida xususiyatlarni normallashtirish modulini ishga tushirish orqali O‘T timsollarining xususiyatlarini normallashtirish amalga oshiriladi va ushbu oynadagi “Tanlangan sinf bo‘yicha

porogni hisoblash” tugmani ishga tushirish orqali O‘Tdagi har bir sinf uchun bo‘sag‘a qiymati aniqlanadi va ushbu qiymat asosida O‘Tdagi timsollarning xususiyatlari binarlashtiriladi (3-rasm).

Belgilar va obyektlarning munosabatini baholashga asoslangan timsollarni tanib olish dasturiy majmuasi

Fayl Alohida belgilar fazosini shakllantirish Belgilar birikmasini alohida belgilar bilan birgalikdagi fazosini shakllantirish Yordam Muallif

O'quv tanlanma

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
K1X1	0	0	38	1	181	69	0	0	39	0	183	71	0	1
K1X2	0	0	39	1	189	98	1	0	36	1	185	69	1	1
K1X3	0	0	37	0	155	68	1	0	40	1	178	54	1	0
K1X4	0	0	38	0	154	62	0	1	37	1	176	82	1	1
K1X5	1	1	40	1	183	52	1	0	39	0	158	42	1	1
K1X6	0	1	38	0	181	90	0	1	38	1	168	68	1	0
K1X7	1	1	40	0	180	53	0	1	39	0	164	62	1	0
K1X8	0	1	39	0	175	74	0	1	40	1	155	100	0	0
K1X9	0	0	40	1	162	82	1	1	40	1	179	73	0	1
K1X10	0	0	36	1	184	72	0	0	40	1	165	93	1	1
K1X11	0	1	36	0	180	100	1	0	39	1	175	55	0	1

O'quv tanlanmadagi obyektning xususiyatlarini normalashtirish

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
K1X1	0	0	0,95	1	0,95	0,63	0	0	0,97	0	0,96	0,65	0	1
K1X2	0	0	0,97	1	1,00	0,89	1	0	0,90	1	0,97	0,63	1	1
K1X3	0	0	0,92	0	0,82	0,62	1	0	1,00	1	0,94	0,49	1	0
K1X4	0	0	0,95	0	0,81	0,56	0	1	0,92	1	0,93	0,75	1	1
K1X5	1	1	1,00	1	0,96	0,47	1	0	0,97	0	0,83	0,38	1	1
K1X6	0	1	0,95	0	0,95	0,82	0	1	0,95	1	0,88	0,62	1	0
K1X7	1	1	1,00	0	0,84	0,48	0	1	0,97	0	0,86	0,56	1	0
K1X8	0	1	0,97	0	0,92	0,67	0	1	1,00	1	0,82	0,91	0	0
K1X9	0	0	1,00	1	0,85	0,75	1	1	1,00	1	0,94	0,66	0	1
K1X10	0	0	0,90	1	0,97	0,66	0	0	1,00	1	0,87	0,85	1	1
K1X11	0	1	0,90	0	0,95	0,91	1	0	0,97	1	0,92	0,50	0	1

O'quv tanlanmadagi obyektning xususiyatlarini binarlashtirish

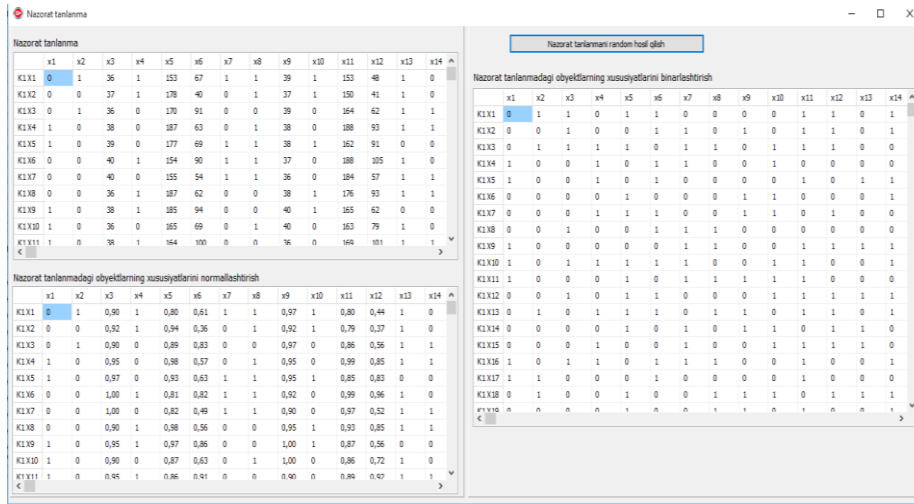
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14
K1X1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
K1X2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
K1X3	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
K1X4	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
K1X5	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
K1X6	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
K1X7	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
K1X8	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
K1X9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
K1X10	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
K1X11	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
K1X12	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
K1X13	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
K1X14	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
K1X15	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
K1X16	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
K1X17	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
K1X18	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
K1X19	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0

3-rasm. O‘Tdagi timsollarning xususiyatlarini normallashtirish va binarlashtirish.

“Alohida belgilar fazosini shakllantirish” menyusida nazorat tanlanma modulini ishga tushirish orqali

NT timsollarining xususiyatlarini normallashtirish va binarlashtirish amalga oshiriladi (4-rasm).

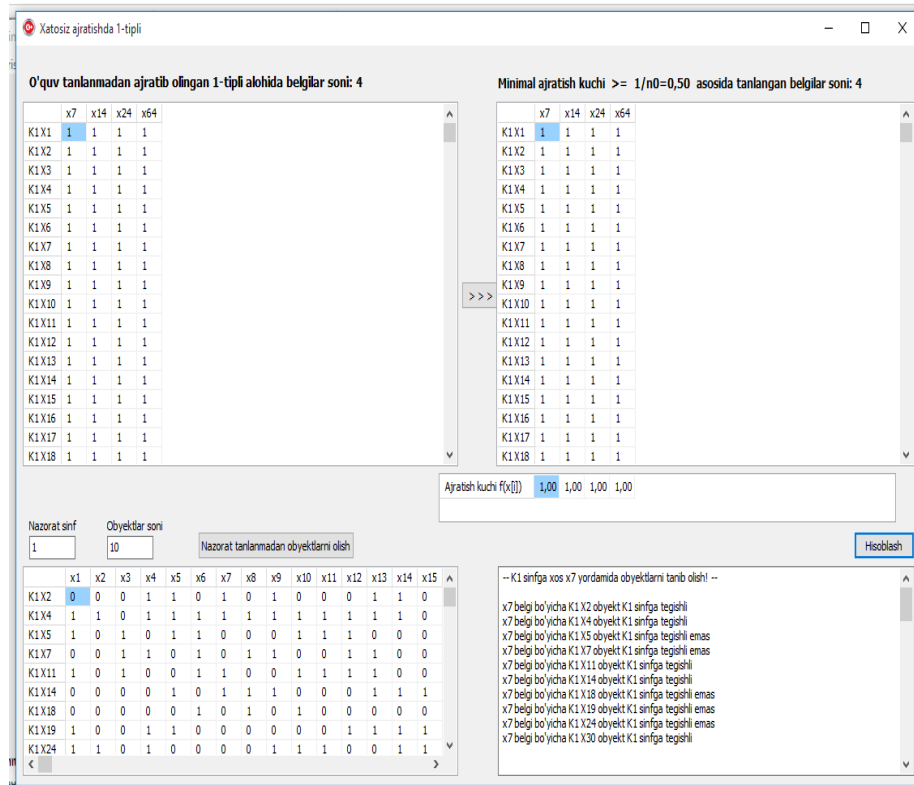
Sinflarni xatosiz ajratishda alohida belgilar fazosini shakllantirish



4-rasm. NTdagi timsollarning xususiyatlarini normallashtirish va binarlashtirish.

“Alohida belgilar fazosini shakllantirish” menyusida “Sinflarni xatosiz aniqlash -> 1-tipli” modulni ishga tushirish orqali sinfga xos 1-tipli ABLar

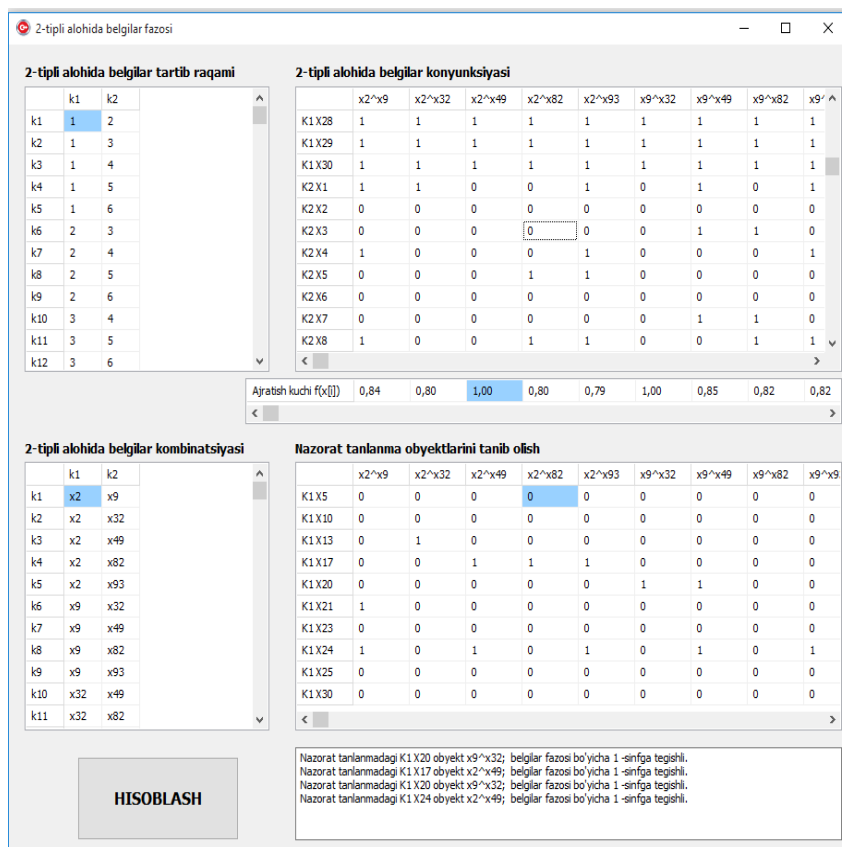
aniqlandi va ularning har biri 1-sinfni boshqa sinflardan xatosiz ajratdi va ular yordamida NT timsollari tanib olindi (5-rasm).



5-rasm. Tanlab olingan 1-tipli  $x_{qi}^{(1)}$  ABLar yordamida yangi TTO.

“Alohida belgilar fazosini shakllantirish” menyusida “Sinflarni xatosiz ajratish -> 2-tipli” modulni ishga tushirish orqali sinfga xos 2-tipli 6 ta ABLar aniqlandi va ularning  $x_2^{(2)} \wedge x_{49}^{(2)}$ ,

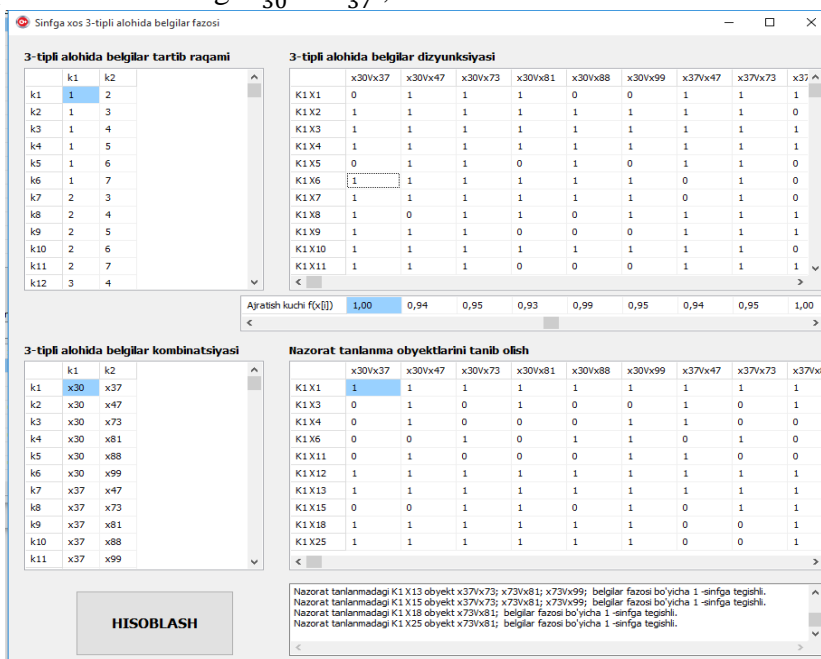
$x_9^{(2)} \wedge x_{32}^{(2)}$  kon'yunksiyalari 1-sinfni boshqa sinflardan xatosiz ajratdi va ular yordamida NT timsollari tanib olindi (6-rasm).



6-rasm. Tanlab olingan 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  Ablar kon'nsiyalari yordamida yangi TTO.

“Alohida belgilar fazosini shakllantirish” menyusida “Sinflarni xatosiz ajratish -> 3-tipli” modulni ishga tushirish orqali sinfga xos 3-tipli 7 ta ABlar aniqlandi va ularning  $x_{30}^{(3)}$  va  $x_{37}^{(3)}$ ,

$x_{73}^{(3)}$  va  $x_{81}^{(3)}$ ,  $x_{73}^{(3)}$  va  $x_{99}^{(3)}$  diz'yunksiyalari 1-sinfni boshqa sinflardan xatosiz ajratdi va ular yordamida NT timsollari tanib olindi (7-rasm).



7-rasm. Tanlab olingan 3-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  ABlar diz'yunksiyalari yordamida yangi TTO.

## VI. XULOSA

Sinflarni xatosiz ajratishda qo'llaniladigan Vapnik-Chervonenkis teoremasida  $\varepsilon$ ,  $\eta$  parametrlarning qiymatlari belgilanganda,  $n$  va  $m$  parametrlar orasidagi munosabatlar hisobga olinib,  $n_0 = f(\varepsilon, \eta, n, m)$  funksional bog'liqlik asosida BF o'lchamining yuqori chekli  $n_0$  qiymati aniqlandi. Aniqlangan  $n_0$  o'lchamli BFga mos ABlarni tanlashda O'Tdagi timsollarni dastlabki xususiyatlaridan aniq bir sinfga xos bo'lgan uchta tipli ABlarni tanlab olish qoidalari taklif etildi.

Sinflarni xatosiz ajratishda o'lchami  $n_0$  qiymatga ega bo'lgan BFga mos har bir tipli belgilarni AKlarini hisoblashda, ularni O'Tdagi sinflarga to'g'ri sinflashtirilgan timsollar sonining ushbu tanlanmadagi timsollar soniga nisbati olindi. Shuningdek, sinflarni  $n_0$  o'lchamli BFda xatosiz ajratishda har bir ABni MAK va HAKlarini hisoblash qoidalari taklif etildi. Mazkur qoidalar  $n_0$  o'lchamli BFda sinflarni xatosiz ajratishda ABlarni MAK va HAKlari asosida tanlab olish imkonini beradi, bu esa yangi TTOda belgilangan  $\varepsilon$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiradi.

## ADABIYOTLAR

- [1] *Vapnik V.H., Chervonenkis A.Y.* Теория распознавания образов. - М.:Наука, 1974.- 416 с.
- [2] *Васильев В.И.* Проблема обучения распознаванию образов. Принципы, алгоритмы, реализация. - Киев: Выща школа, 1989. - 64 с.
- [3] *Васильев В.И.* Распознающие системы: Справочник.-Киев: Наукова думка, 1983.- 420 с.
- [4] *Горелик А.Л., Скрипкин В.А.* Методы распознавания. - М.:Высшая школа, 2004. - 262 с.
- [5] *Журавлев Ю.И., Камилов М.М., Туляганов Ш.Е.* Алгоритмы вычисления оценок и применение. - Ташкент: ФАН, 1974. - 119 с.
- [6] *Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В.* Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. - М.: Фазис, 2006. - 159 с.
- [7] *Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С.* Построение алгоритмов распознавания образов в пространстве признаков большой размерности. Ч. 1. Модели распознающих операторов // Химическая технология. Контроль и управление. - Ташкент, 2012. - № 3. - С. 52-59.
- [8] *Мазуров В.Д.* Математические методы распознавания образов. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГУ, 2010. -101 с.
- [9] *Mamatov N.S., Bekmurotov D.Q.* Belgi va obyektning munosabatini baholashga asoslangan timsollarni tanib olish algoritmlari // Muhammad al- Xorazmiy avlodlari. Ilmiy - amaliy va axborot - tahliliy jurnal. TATU. – 2021. – 3(17). –B. 26-37.
- [10] *Bekmurotov D.K.* Selecting classifiers to ensure the quality and reliability of pattern recognition at class intersection // Journal of Physics: IOP Publishing. –2021. – Vol. 2032, №1. – pp. 1-5. – DOI:10.1088/1742-596/2032/1/012034.
- [11] *Fazilov S., Mirzaev O., Saliev E., Khaydarova M., Ibragimova S., Mirzaev N.* Model of recognition algorithms for objects specified as images // Proceedings of the 9th International Conference Advanced computer information technologies (ACIT 2019, Ceske Budejovice, Czech Republic, June 5-7, 2019).- pp.

- 479-482. DOI: 10.1109/ACITT.2019.8779943
- [12] *Kamilov M.M., Nishanov A.X., Beglerbekov R.J.* Modified stages of algorithms for computing estimates in the space of informative features. Volume 8, Issue 6, April 2019, Pages 714-717.
- [13] *Vapnik, V. and Izmailov, R.,* Rethinking Statistical Learning Theory: Learning Using Statistical Invariants, Machine Learning, 2018, vol. 108, pp. 381-423.
- [14] *Vasil'ev, V.I., Bekmuratov K.A.* Synthesis of properties by the learning sampling in the problems of pattern recognition learning. Journal Avtomatika Issue 1, January 1992, Pages 76-83.
- [15] *Zhuravlev Yu.I. and etc.* Linear classifiers and selection of informative features // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications, 2017. - vol. 27, № 3. - pp. 426-432.

Поступила в редакцию 10.09.2022

**Citation:** *Bekmuratov Q.A., Bekmuratov D. Q., Abduraxmonova M.N.* (2022). Sinflarni xatosiz ajratishda alohida belgilar fazosini shakllantirish. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 2(2). – B. 16-31.

## FORMATION OF A SPACE OF INDIVIDUAL FEATURES WITH AN ERROR-FREE SEPARATION OF CLASSES

*Bekmuratov K.A.<sup>1</sup>, Bekmuratov D.K.<sup>2</sup>, Abdurakhmonova M.N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Samarkand branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan

<sup>2</sup> Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan  
bekmurodov1958@mail.ru

**Abstract.** *The solution of the problem of determining individual features inherent in a particular class from a given property of images of a reference sample and the formation of feature spaces from selected individual features is considered. A technique for selecting individual features from the initial properties, finding the maximum-maximum dimension of the space of individual features is given. It is shown that the value of the limit-maximum dimension of the space of individual features depends on such parameters as the probability of a predetermined recognition error and the value of its reliability, the number of images and features in the training sample. The minimum and real separating forces of individual features are determined on the basis of the found limit-maximum dimension of space. Procedures for forming the space of individual features of the first, second and third types for each class from individual features of the first, second and third types are proposed, taking into account the minimum and real separating force. Based on the proposed methodology, an algorithm and software have been developed. Computational experiments were carried out on a computer, the results of which are presented in the form of decision rules that are used to recognize objects. The conclusions of the study as a whole are also given.*

**Keywords:** *training sample, control sample, class, symbol, feature, individual feature inherent in the class, space of individual features, threshold, decision rule,*

*separating power, minimum separating power, real separating power, error probability, reliability.*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ОТДЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ПРИ БЕЗОШИБОЧНОМ РАЗДЕЛЕНИИ КЛАССОВ**

*Бекмуратов К.А.<sup>1</sup>, Бекмуратов Д.К.<sup>2</sup>, Абдурахмонова М.Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан

<sup>2</sup>Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан  
bekmurodov1958@mail.ru

**Аннотация.** *Рассматривается решение задачи определения отдельных признаков, присущее конкретному классу из заданного свойства образов эталонной выборки и формирование признаков пространств из выделенных отдельных признаков. Приводится методика выбора отдельных признаков из исходных свойств, нахождения предельно-максимальной размерности пространства отдельных признаков. Показано, что значение предельно-максимальной размерности пространства отдельных признаков зависит от таких параметров, как вероятность заранее заданной ошибки распознавания и значения ее достоверности, количество образов и признаков в обучающей выборке. Определены минимальные и реальные разделяющие силы отдельных признаков на основе найденной предельно-максимальной размерности пространства. Предложены процедуры формирования пространства отдельных признаков первого, второго и третьего типов для каждого класса из отдельных признаков первого, второго и третьего типов с учетом минимальной и реальной разделяющей силы. На основе предложенной методики разработан алгоритм и программное обеспечение. Проведены вычислительные эксперименты на ЭВМ, результаты которых приведены в виде решающих правил, которые используются для распознавания объектов. Также приведены выводы по проведенному исследованию в целом.*

**Ключевые слова:** обучающая выборка, контрольная выборка, класс, образ, признак, отдельный признак, присущее классу, пространство отдельных признаков, порог, решающее правило, разделяющая сила, минимальная разделяющая сила, реальная разделяющая сила, вероятность ошибки, надежность.