

UDK 004.093

## SINFLAR XATOLI AJRALGANDA TIMSOLLARNI BELGILANGAN XATOLIK VA ISHONCHLILIK BILAN TANUVCHI BELGILARNI TANLASH

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

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

<sup>2</sup> Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari  
instituti, Toshkent, O‘zbekiston  
bekmurodov1958@mail.ru

**Annotatsiya.** *Maqolada yuqori chekli o‘lchamli belgilar fazosida o‘quv tanlanma sinflari bir-biridan xatoli ajralganda timsollarni belgilangan xatolik va ishonchlilik bilan tanib olish masalasini yechish qaralgan. O‘quv tanlanma har bir sinfini boshqa sinflardan xatoli ajratishda xatolik chastotasi, timsollarni tanib olishdagi xatolik ehtimoli va uning ishonchlilik qiymatlari hamda o‘quv tanlanmadagi timsollar, belgilar va sinflar soni kabi parametrlarni inobatga olib, sinfga xos belgilar fazosining yuqori chekli o‘lchamini topish uslubiyoti keltirilgan. Yuqori chekli o‘lchamli belgilar fazosini sinfga xos alohida belgilardan shakllantirish uchun 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 yuqori chekli o‘lchamli fazosini shakllantirish protseduralari taklif qilingan. Taklif qilingan uslubiyot asosida algoritm va dasturiy ta‘minot ishlab chiqilgan. EHMda 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:** *sun‘iy intellekt, timsollarni tanuvchi tizim, timsollarni tanib olish, o‘quv tanlanma, nazorat tanlanma, sinf, timsol, belgi, sinfga xos alohida belgi, alohida belgilar fazosi, bo‘sga, hal qiluvchi qoida, ajtaish kuchi, minimal ajratish kuchi, haqiqiy ajratish kuchi, xatolik chastotasi, 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 timsollarni samarali va tezkor tanib olish algoritmlariga asoslangan intellektual tizimlarini yaratishga qaratilgan keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Hozirgi vaqtda

timsollarni tanib olish (TTO) usullari va algoritmlari tabiat va jamiyatda uchraydigan murakkab va qiyin formalashtiriladigan masalalarni yechishda qo‘llanilmoqda. Timsollarni tanuvchi tizim(TTO)larni yaratishda ularning yangi timsol(obyekt, signal, hodisa, jarayon)larni tanib olishda yuqori sifat va ishonchlilik ko‘rsatgichga erishishi muhim faktorlardan biri hisoblanadi. Yaratilayotgan TTONing sifati va ishonchliligi oldindan berilgan o‘quv tanlanma(O‘T)dagi timsollar va belgilar soniga bevosita bog‘liq. Shuning uchun O‘Tdagi timsollar va belgilar sonini

inobatga olib, TTOda turli usullar va algoritmlardan foydalaniladi [1-9, 13, 14, 16, 18].

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

TTO masalasida ikkita muammo mavjud. Birinchisi – O'Tdagi timsollar dastlabki belgilaridan foydalanib TTO bo'lsa, ikkinchisi – dastlabki belgilar orasidan aniq mezonlar asosida belgilangan sinfga xos belgilarni tanlash 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 belgilarini aniqlashda oldindan berilgan bilimlar, sezgi, nazorat va xatolik usullari hamda tajribadan foydalaniladi. Shundan kelib chiqqan holda, TTO masalalarini yechishda qo'llanilishiga ko'ra "timsol-belgi" tushunchasidan "sinf-belgi" tushunchasi aniqlanadi va uni aniqlaydigan usul va algoritmlar bir-biridan yondashuvlari hamda belgilarni aniqlash mezonlari bilan farq qiladi [2-8, 11, 12, 15].

[6, 7, 18] ishlardagi algoritmlar O'Tdagi belgilar va belgilar birikmasi asosida nazorat tanlanma(NT)dagi TTOga asoslangan.

[2, 16] manbalarda TTOda nazariy natijalar olingan bo'lib, ular O'Tdagi belgilardan hosil qilingan hal qiluvchi qoida(HQQ)lar sinflarni bir-biridan xatosiz yoki xatoli ajratganda HQQlarning yangi TTOdagi hatolik ehtimoli va uning ishonchliligi HQQlarning

murakkabligi (chiziqli, bo'lakli-chiziqli) va timsollar soniga bog'liqligi baholangan.

[3, 4, 17] ishlarda chekli qisqartirish usuli (ChQU) keltirilgan bo'lib, unda O'T timsollari binar belgilar bilan tavsiflanganda sinflarni bir-biridan xatosiz ajratishni ta'minlovchi sinfga xos binar belgilar aniqlangan va ular asosida HQQlar hosil qilingan. Ushbu HQQlar asosida yangi TTOdagi hatolik ehtimoli va uning ishonchliligi baholangan.

[14] maqola mualliflari tomonidan Fisher mezoni asosida informativ belgilar fazosi(BF)ni hosil qilish algoritmi ishlab chiqilgan. Ushbu mezon asosida informativ belgilarni tanlab olishni optimallashtirish masalasi yechilgan. Informativ BFda Fisher funksionali xossalari asosida yaqinlashish funksiyasi qurilgan.

[15] ishda katta o'lchamli BFda TTOga mo'ljallangan modelni qurish masalasi qaralgan. Ko'pqatlamli yaqinlashish funksiyasini qurish asosida TTO operatorlarni qurishning yangi yondashuvi taklif qilingan. O'zaro bog'liq timsollarning bog'liq bo'lmagan to'plamlarini shakllantirish va funksiyalar jufti vakillari naborini tanlab olishni baholi hisoblash asosida TTO modeli ishlab chiqilgan. Baholash asosida TTOda ishlatiladigan operatorlarning ishonchliligini oshirish muammolari bilan bog'liq yangi echimlar hosil qilingan.

[13] maqolada TTOda qo'llaniladigan BFni shakllantirish masalasi taklif qilingan. Timsollarni o'rganish jarayonida avval timsollarning dastlabki belgilari tanlab olinadi va ulardan informativ belgilar tizimostilari shakllantiriladi.

[1, 11] maqolalarda O'Tdagi timsollar binar belgilar bilan tavsiflanganda va sinflar bir-biridan xatosiz ajralganda alohida belgilar hamda belgilar kombi-

natsiyasidan tayanch to'plamlar tizimini shakllantirish masalasi qaralgan. Binar BFning chekli o'lchami aniqlangan va uning asosida belgilar kombinatsiyasidan tayanch to'plamlar tizimi shakllantirilgan. Aniqlangan BFning chekli o'lchami asosida belgilar kombinatsiyasining hosil qilinishi o'z navbatida belgilar kombinatsiyasi naboridan tashkil topgan tayanch to'plamlar tizimi hajmining va HQQlar sonining keskin kamayishiga olib kelgan. Bu esa yangi TTODA belgilangan sifat va ishonchlikni ta'minlashga imkoniyat yaratgan.

Yuqorida keltirilgan ishlardan farqli ravishda, ushbu maqolada O'Tdagi timsollarning belgilari turli shkalada tavsiflanganda va O'T sinflari bir-biridan xatosiz ajralmaganda, ularni xatoli ajratish masalasi qo'yiladi va yechiladi. Buning uchun dastlab O'T har bir sinfini boshqa sinflardan xatoli ajratishda xatolik chastotasi, yangi TTOdagi xatolik ehtimoli va uning ishonchlik qiymatlari hamda O'Tdagi timsollar, belgilar va sinflar soni kabi parametrlarni inobatga olib, BF o'lchamini yuqori chekli qiymati aniqlanadi. Undan keyin O'T timsollarini belgilar qiymatlari normallashtiriladi, har bir sinf timsollarining normallashtirilgan belgilari uchun bo'sag'a qiymatlari topiladi, ular asosida belgilar binarlashtiriladi. Ushbu belgilardan maxsus qoidalar asosida har bir sinfga xos ikkinchi va uchinchi tipli alohida belgilar tanlab olinadi hamda ularning har bir tipi bo'yicha aniq mezonlar asosida chekli o'lchanli BF shakllantiriladi va ularga mos HQQlar quriladi. Ushbu HQQlar yangi TTODA qo'llaniladi.

## II. MASALANING QO'YILISHI

O'Tdagi sinflarni bir-biridan ajratuvchi belgilarni tanlash natijasida hosil

qilinadigan HQQlar asosida TTODA hatolik ehtimoli va uning ishonchlik ko'rsatkichlarini ifodalovchi ayrim natijalar [2, 16] ishlarda keltirilgan. Ushbu natijalardan foydalanib, [3, 4, 17] maqolalarda O'T timsollari binar belgilar bilan tavsivlanganda va OT sinflari bir-biridan xatosiz ajratishda BFning chekli o'lchamli fazosini aniqlash va ushbu fazoga mos uchta tipli alohida belgilarni tanlash va ularning har bir tipi bo'yicha HQQlarni hosil qilish masalalari qaralgan va echilgan. Biroq ko'p hollarda BFning chekli o'lchamli fazosida O'T sinflarini bir-biridan xatosiz ajratishga erishib bo'lmaydi. Bunday holda O'T sinflarini bir-biridan xatoli ajratish masalasi qaraladi. Bunday masalani echishda O'Tning aniq bir sinfi timsollarini boshqa sinflar timsollaridan HQQ yordamida ajratishda yo'l qo'yiladigan xatolik chastotasi inobatga olinadi va HQQni yangi TTOdagi xatolik ehtimoli va uning ishonchligi baholanadi. Buning uchun [2, 16] ishlarda olingan natijadan foydalanish maqsadga muvofiq bo'lib, unda agar  $m$  ta timsollardan iborat bo'lgan O'T aniq bir sinfi timsollarini boshqa sinflardagi timsollardan ajratishda HQQ  $\nu$  chastota xatolikka yo'l qo'ysa, u holda  $(1-\eta)$  ishonchlik bilan ta'kidlash mumkinki, ushbu HQQ yordamida yangi TTOdagi xatolik ehtimoli  $(\nu+\varepsilon)$  dan oshmaydi deb e'tirof etilgan, bu yerda

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\ln N - \ln \eta}{2m}}. \quad (1)$$

bunda  $N$  - HQQlar to'plami,  $\eta$  - ishonchlik,  $m$  - O'Tdagi timsollar soni.

$T_{nml}$  ( $n$  - belgilar soni,  $m$  - timsollar soni,  $l$  - sinflar soni) O'T va  $T_{nml}^*$  ( $m^*$  - timsollar soni) nazorat tanlanma (NT)

mos ravishda (2) va (3) ko'rinishlarda berilgan bo'lsin [1, 6, 7, 11]:

$$T_{nml} = \bigcup_{j=1}^l K_j : \begin{cases} X_1 = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}) \\ X_2 = (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ X_{m_j} = (x_{m_j1}, x_{m_j2}, \dots, x_{m_jn}) \end{cases}, \quad (2)$$

$$T_{nm}^* : \begin{cases} X_1^* = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}) \\ X_2^* = (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ X_{m^*}^* = (x_{m^*1}, x_{m^*2}, \dots, x_{m^*n}) \end{cases}. \quad (3)$$

bu yerda:  $K_1, K_2, \dots, K_l$  - O'T sinflari;  
 $X_1, X_2, \dots, X_{m_j}$  -  $K_j$  sinf timsollari;  
 $X_1^*, X_2^*, \dots, X_{m^*}^*$  - NT timsollari;  
 $(x_{u1}, x_{u2}, \dots, x_{un})$  -  $X_u$  va  $X_u^* (u = \overline{1, m})$   
 timsollar belgilari bo'lib, ularning qiymatlari turli shkalada, ya'ni mantiqli, determinalli, ehtimolli, strukturali, nominalli va tartibli bo'lishi mumkin.

Xususiyl holda  $T_{nml}$  O'Tdan  $K_q$  sinf sifatida  $K_q = \forall K_j$  va  $K_p (q \neq p)$  sinf sifatida  $K_p = T_{nml} \setminus K_q$  belgilanadi, bunda  $K_q \cup K_p = T_{nml} (q \neq p)$ .

#### **Talab qilinadi:**

- O'T timsollarining belgilar qiymatlarini normallashtirish, har bir sinf uchun belgilarning bo'sag'a qiymatlarini aniqlash va ular asosida turli shkalada tavsiflangan belgilarni binarlashtirish;

- O'T sinflarini xatoli ajratishda (1) formuladan foydalanib BF o'lchamining  $n_0$  chekli qiymatini  $n_0 = f(\nu, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  bog'liqlik asosida aniqlash;

- (2) ko'rinishda berilgan O'Tdagi timsollarning binarlashtirilgan belgilaridan sinfga xos alohida belgi(AB)larni tanlash va ulardan  $n_0$  o'lchamli BFni shakllantirish;

- shakllantirilgan  $n_0$  o'lchamli BFga mos HQQlarni hosil qilish;

-  $K_q$  sinf  $K_p$  sinfdan  $\nu$  xatolik bilan ajralganda HQQlar asosida (3) ko'rinishdagi NT timsollarini belgilangan  $(\nu + \varepsilon)$  va uning  $(1 - \eta)$  ishonchlilikini ta'minlagan holda tanib olish.

(1) formula va masalaning qo'yilishini inobatga olib, quyidagi hulosaga kelish mumkin, ya'ni TTOda belgilangan xatolik va ishonchlilikka erishish uchun o'lchami yuqori chekli  $n_0$  qiymatga ega bo'lgan BFni aniqlash va  $R(X)$  HQQlar to'plamini qisqartirish zarur. Bu esa  $n_0$  o'lchamli BFni to'ldirish uchun O'Tdagi timsollar belgilarini ketma-ket tekshirish jarayonida ulardan aniq mezon asosida har bir sinfga xos bo'lgan ABlarni tanlash imkonini beradi. Bu jarayon  $n_0$  o'lchamli BF to'ldirilguncha davom ettiriladi va timsollarni barcha belgilarini tekshirishni talab qilmaydi. Bu esa algoritmlarni ishlash tezligini oshiradi va kam vaqt sarflab masalani yechimini topish imkonini beradi.

### **III. MASALANI YECHISH USLUBI**

#### **Belgilar qiymatini normallashtirish.**

Aytaylik,  $T_{nml}$  O'T (2) ko'rinishda va uning  $X_u (u = \overline{1, m})$  timsollarining  $x_{ui} (u = \overline{1, m})$  belgilari qiymatlari turli shkalalarda berilgan bo'lsin. U holda belgilarning qiymatlarini bir xil shkalaga keltirish uchun, ular (4) formula asosida normallashtiriladi [1, 11]:

$$x_{ui}^* = \frac{x_{ui}}{\hat{x}_i}, \quad (i = \overline{1, n}; u = \overline{1, m}), \quad (4)$$

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

**Bo'sag'a qiymatini aniqlash.** TTO masalasini echishda eng muhim parametrlaridan biri – bu  $\delta_i$  bo'sag'a qiymatini aniqlash hisoblanadi. Bu qiymatlar guruhi umumiy holda timsollarni mos belgilarining yaqin yoki yaqin

emasligini aniqlash uchun o'ratilgan chegaraviy qiymatlarni ifodalaydi. Agar berilgan timsolni tavsiflovchi belgilar soni  $n$  ta bo'lsa, u holda har bir  $x_i (i = \overline{1, n})$  uchun alohida bo'sag'a qiymati beriladi va ular  $\delta_i (i = \overline{1, n})$  ko'rinishda belgilanadi.

Agar  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilarning qiymatlari turli shkalalardagi qiymatlardan iborat bo'lsa va  $\delta_i (i = \overline{1, n})$  bo'sag'alar soha mutaxassisi (ekspert) tomonidan berilmasa, u holda (4) formula yordamida qiymatlari normallashtirgan belgilarni binarlashtirishda har bir sinf uchun  $\delta_i (i = \overline{1, n})$  bo'sag'alar qiymatlari O'Tni o'qitish orqali quyidagicha aniqlanadi.

Har bir  $K_q \in T_{nml}$  sinf sinf timsollarining  $i$ -belgisi bo'yicha minimum va maksimum oraliqlari aniqlab olinadi va ularning o'rtacha qiymatidan foydalaniladi. Bu holda  $K_q$  sinf uchun har bir belgining minimum va maksimum qiymatlari quyidagicha aniqlanadi [1, 11]:

$$\begin{aligned} \check{\delta}_i^q &= \min_i(x_{ji}^q), q = \overline{1, l}, \\ i &= \overline{1, n}, j = \overline{1, m_q}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \widehat{\delta}_i^q &= \max_i(x_{ji}^q), q = \overline{1, l}, \\ i &= \overline{1, n}, j = \overline{1, m_q}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{agar } X_j \text{ timsol uchun } x_{ji} \leq \delta_i^q \text{ bo'lsa,} \\ 0, & \text{boshqa hollarda} \end{cases} \quad (q = \overline{1, l}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \quad (9)$$

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{agar } X_j \text{ timsol uchun } \check{\delta}_i^q \leq \tilde{x}_{ji} \leq \widehat{\delta}_i^q \text{ bo'lsa,} \\ 0, & \text{boshqa hollarda} \end{cases} \quad (q = \overline{1, l}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}). \quad (10)$$

Ta'kidlash mumkinki, barcha keyingi hisoblashlarda normallashtirilgan belgilarning (9) yoki (10) qoida asosida binarlashtirilgan qiymatlaridan foydalaniladi.

aniqlangan  $\check{\delta}_i^q$  va  $\widehat{\delta}_i^q$  qiymatlarning o'rtachasi olinadi:

$$\delta_i^q = \frac{1}{2}(\widehat{\delta}_i^q - \check{\delta}_i^q), q = \overline{1, l}, i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

bu yerda  $\delta_i^q$  - bo'sag'a qiymat bo'lib, u  $i$ -belgining  $K_q$  sinf bo'yicha  $\widehat{\delta}_i^q$  maksimal va  $\check{\delta}_i^q$  minimal qiymatlarining o'rtacha qiymatidan hosil qilingan.

Ko'p hollarada O'Tdagi har bir  $K_q$  sinf uchun bo'sag'alar qiymatlari sifatida  $K_q$  sinfdagi normallashtirilgan  $\tilde{x}_i$  belgining o'rtacha qiymati olinadi [1, 11]:

$$\delta_i^q = \frac{1}{m_q} \sum_{j=1}^{m_q} \tilde{x}_{ji}, q = \overline{1, l}, i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

**Belgilarni binarlashtirish.** Agar normallashtirilgan  $\tilde{x}_i (i = \overline{1, n})$  belgilar uchun bo'sag'a qiymatlar har bir  $K_q (q = \overline{1, l})$  sinf uchun (5)-(8) formulalar asosida aniqlansa, u holda har bir  $\tilde{x}_i (i = \overline{1, n})$  belgi quyidagi qoidalardan biri yordamida binarlashtirilishi mumkin [1, 11]:

**Sinfga xos 3 ta tipdagi ABlarni aniqlash.** Faraz qilaylik,  $T_{nml}$  O'Tdagi  $K_j (j = \overline{1, l})$  sinflar ikkita  $K_q$  va  $K_p (q \neq p)$  sinflarga ajratilgan bo'lib,

ularga mos to'plamlar uchun  $V_q \cup V_p = V$  va  $V_q \cap V_p \neq \emptyset$  shart o'rinli bo'lsin. Bu yerda  $V - T_{nml}$  O'Tdagi timsollar to'plami (TT),  $V_q - K_q$  sinfdagi TT,  $V_p - K_p$  sinfdagi TT.

[1, 11] maqolalarda  $T_{nml}$  O'T sinflarini bir-biridan xatosiz hamda

$$(\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0) = 1, \quad (11)$$

$$[(\forall X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 0)] = 1, \quad (12)$$

$$[(\exists X_u \in V_q : x_{ui} = 1) \wedge (\exists X_u \in V_p : x_{ui} = 0) \wedge (\forall X_u \in V_p : x_{ui} = 0)] = 1. \quad (13)$$

Shuningdek, binarlashtirilgan  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilardan (11) qoida asosida  $K_q$  sinfga xos 1-tipli  $x_{qi}^{(1)}$ , (12) qoida asosida 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  va (13) qoida asosida 3-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  ABLar tanlab olingan va ulardan mos ravishda 1-tipli  $V_q^{(1)} = x_{q1}^{(1)}, x_{q2}^{(1)}, \dots, x_{qn_1}^{(1)}$ , 2-tipli  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(2)}, x_{q2}^{(2)}, \dots, x_{qn_2}^{(2)}$  va 3-tipli  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{qn_3}^{(3)}$  AB fazosi (ABF) hosil qilingan. Hosil qilingan 3 ta tipli ABFning har biridan  $n_0$  o'lchamli 1-tipli  $V_q^{(1)} = x_{q1}^{(1)}, x_{q2}^{(1)}, \dots, x_{qn_0}^{(1)}$ , 2-tipli  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(2)}, x_{q2}^{(2)}, \dots, x_{qn_0}^{(2)}$  va 3-tipli  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{qn_0}^{(3)}$  ABFlarini shakllantirish masalasi qaralgan [1, 11].

[1, 11] ishlardan farqli ravishda, BFning  $n_0$  o'lchamini hisoblashda  $T_{nml}$  O'T uchun aniqlangan bo'sag'a qiymatlardan emas, balki  $T_{nml}$  O'Tdagi har bir  $K_q (q = \overline{1, l})$  uchun (5)-(8) formulalar asosida aniqlangan bo'sag'a qiymatlarni inobatga olib, (9) va (10) qoidalar yordamida binarlashtirilgan belgilardan iborat  $l (l \geq 2)$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q \in T_{nml}^q$  sinfini

xatoli ajratishda bo'sag'a qiymatlari  $T_{nml}$  O'T uchun aniqlanganda va ularni inobatga olib, binarlashtirilgan  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilardan aniq  $K_q$  sinfga xos 3 ta tipli ABLar quyidagi qoidalar asosida aniqlangan:

$K_p \in T_{nml}^q$  sinfdan belgilangan  $\nu$  xatolik bilan ajratish masalasi qaraladi va yechiladi.

#### **BF o'lchami $n_0$ qiymatini aniqlash.**

Aytaylik  $T_{nml}$  O'T (1) ko'rinishda berilgan va timsollarning  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilari qiymatlari turli shkalalardagi miqdorlardan iborat bo'lsin. U holda  $T_{nml}$  O'Tdagi har bir  $K_q (q = \overline{1, l})$  sinf timsollarining har bir  $x_i$  belgisi uchun bo'sag'a qiymatlari (5)-(8), (12) va (13) formulalar asosida aniqlanadi va ularni inobatga olib,  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilar (9) va (10) qoidalar asosida binarlashtiriladi. Natijada binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'T hosil bo'ladi. Binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q \in T_{nml}^q$  sinfini  $K_p \in T_{nml}^q$  sinfdan belgilangan  $\nu$  xatolik bilan ajratish masalasini yechishda,  $m, n$  oldindan berilgan va  $\nu, \varepsilon, \eta$  belgilanganda,  $n_0 = f(\nu, \varepsilon, \eta, n, m)$  funksional bog'liqlikni inobatga olib  $n_0$  qiymatni aniqlash uchun (1) formuladan quyidagi hosil qilinadi:

$$\ln N = (\nu + \varepsilon^2) 2m + \ln \eta \quad (14)$$

(14) formulaga ko'ra, binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatoli ajratishni ta'minlovchi HQQni hosil qilish nafaqat  $T_{nml}^q$  O'Tdagi dastlabki belgilar soni  $n$ , balki ushbu belgilardan  $K_q$  sinfga xoslaridan shakllantiriladigan BF o'lchami  $n_0$  ga ham bog'liq, ya'ni:

$$N = e^{f(n, n_0)} \quad (n_0 \leq n). \quad (15)$$

Agar binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatoli ajratishni  $n_0$  o'lchamli BFda amalga oshirish talab qilinsin va bunda har bir  $T_{nml}^q$  O'Tdagi binarlashtirilgan  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilardan  $K_q$  sinfga xoslarini tanlab olishning tavakalligi va bog'liqmasligi e'tiborga olinsa, u holda har bir  $T_{nml}^q$  O'T uchun  $n_0$  o'lchamli BFni hosil qilishning mumkin bo'lgan barcha holatlar soni  $N$  quyidagicha aniqlanadi:

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

Agar binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $n_0$  qiymat  $T_{nml}^q$  O'Tdagi  $x_i$  belgilar soni  $n$  qiymatdan tanlab olinishi inobatga olinsa, u holda  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tda  $K_q$  sinf timsollarini  $K_p$  sinf timsollaridan xatoli ajratishi mumkin bo'lgan barcha HQQlar soni  $N$  qiymatdan oshmaydi, ya'ni:

$$N \leq l 2^{n_0} C_n^{n_0}. \quad (16)$$

(16) munosabatdan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinf timsollarini  $K_p$  sinf timsollaridan xatosiz ajratishda belgilangan  $\varepsilon$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlan-

tiruvchi BF o'lchami  $n_0$  qiymatni topish talab etiladi.  $n_0$  qiymatni (16) munosabatni logarifmlash orqali topish mumkin:

$$\ln N \leq \ln l + \ln 2^{n_0} + \ln C_n^{n_0}. \quad (17)$$

$n_0 \geq 1$ ,  $n \geq 2$  va  $n > n_0$  bo'lganda (17) munosabatdagi  $C_n^{n_0}$  qiymatni quyidagicha baholash mumkin:

$$C_n^{n_0} \leq n^{n_0}. \quad (18)$$

(18) munosabatni hisobga olib, (17) munosabatdan quyidagi hosil bo'ladi:

$$\begin{aligned} \ln N &\leq \ln l + \ln 2^{n_0} + \ln n^{n_0} = \\ &= n_0 (\ln 2 + \ln n) + \ln l. \end{aligned} \quad (19)$$

Hosil qilingan  $\ln N$  ifodani (14) formulaning chap tomoniga qo'yib, BF o'lchamining yuqori chekli qiymati  $n_0$  quyidagicha aniqlanadi:

$$n_0 = \frac{(\nu + \varepsilon^2) 2m + \ln \eta - \ln l}{\ln 2 + \ln n}. \quad (20)$$

Demak, dastlabki  $T_{nml}$  O'Tdagi har bir  $K_q (q = \overline{1, l})$  sinf timsollarining  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilari uchun  $\delta_i^q (i = \overline{1, n})$  bo'sag'a qiymatlari (7), (8) va (13) formulalardan biri yordamida aniqlanganda va ulardan foydalanib (9) va (10) qoidalardan biriga asosan  $T_{nml}$  O'T  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilaridan  $l$  ta binarlashtirilgan  $T_{nml}^q (q = \overline{1, l})$  O'Tlar hosil qilinganda, ushbu  $T_{nml}^q (q = \overline{1, l})$  O'Tlarning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatoli ajratishni  $n_0 = f(\nu, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  bog'liqlik asosida (20) formulada aniqlanadigan  $n_0$  o'lchamli BFda amalga oshirish talab qilinadi.

(20) formulada  $\eta$  qiymati tayinlanganda hamda  $\nu$ ,  $\varepsilon$  va  $l$  qiymatlarni

oshishi bilan  $n_0$  qiymatini oshishida dastlabki  $T_{mnl}$  O‘T uchun talab qilinadigan timsollar soni  $m$  va belgilar soni  $n$  qiymatlari orasidagi munosabat dinamikasi 1-jadvalda keltirilgan.

**1-jadval.**  $n_0 = f(v, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  bog‘liqlik dinamikasi.

$v$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$\varepsilon$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$\eta$	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$m$	52	79	96	108	117	124	129	134	138	141
$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1-jadval tahlilidan ko‘rinadiki,  $v$  va  $\varepsilon$  parametrlarning  $[0,1]$  oraliqda mos ravishda o‘zgarishi ketma-ket 0,01 qiymatda va  $l$  parametrning 1 qiymatda oshishi,  $\eta$  parametrning  $[0,1]$  oraliqda 0,01 qiymatda kamayishi jarayonida  $n_0$  ning ketma-ket 1 qiymatda oshishi uchun belgilar soni  $n$  ning 1 qiymatda

Umumiy holda (20) formulada aniqlanadigan  $n_0$  qiymatning oshishida  $v, \varepsilon, \eta, n, m, l$  parametrlar qiymatlari orasidagi munosabat dinamikasini 1-jadvalda keltirish mumkin.

oshishiga mos ravishda talab qilinadigan timsollar soni  $m$  ham oshib boradi.

Xususiyl holda, jumladan  $v, \varepsilon$  va  $\eta$  parametrlar taynlanganda, (20) formulada aniqlanadigan  $n_0$  qiymatning oshishida  $n, m, l$  parametrlar qiymatlari orasidagi munosabat dinamikasini 2-jadvalda keltirish mumkin.

**2-jadval.**  $v, \varepsilon$  va  $\eta$  parametrlar taynlanganda  $n_0 = f(v, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  bog‘liqlik dinamikasi.

$v = 0,01; \varepsilon = 0,01; \eta = 0,99;$										
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$m$	52	158	292	442	605	775	955	1140	1333	1530
$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v = 0,02; \varepsilon = 0,02; \eta = 0,99;$										
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$m$	26	79	145	219	299	383	472	564	659	757
$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v = 0,03; \varepsilon = 0,03; \eta = 0,99;$										
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$m$	17	52	96	144	197	253	312	373	435	500
$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2-jadval tahlilidan ko‘rinadiki,  $\eta$  parametr tayinlanganda,  $\nu$  va  $\varepsilon$  parametrlarning  $[0,1]$  oraliqdagi qiymatlari mos ravishda ketma-ket 0,01 qiymatda hamda  $l$  parametrning 1 qiymatda oshib borilishi jarayonida  $n_0$  ning ketma-ket 1 qiymatda oshishi uchun talab qilinadigan timsollar soni  $m$  va belgilar soni  $n$  orasidagi munosabat qariyb 1,5 va 2 baravarga qisqaradi.

$\nu, \varepsilon, \eta, n, l$  parametrlar qiymatlari ma’lum bo‘lganda va  $n_0$  ning qiymatini ketma-ket 1 qiymatda oshirish bilan (20) formuladan ushbu parametrlar qiymat-

larini qanoatlantiruvchi timsollar sonini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$m = \frac{n_0(\ln 2 + \ln n) + \ln l - \ln \eta}{2(\nu + \varepsilon^2)}. \quad (21)$$

(21) formulada  $\nu, \varepsilon, \eta, n$  parametrlar qiymatlari tayinlanganda hamda  $l$  va  $n_0$  parametrlarning qiymatlari ketma-ket 1 qiymatda oshishi bilan dastlabki  $T_{nml}$  O‘T uchun talab qilinadigan timsollar soni  $m$  ning o‘garish dinamikasi 3-5-jadvallarda keltirilgan.

**3-jadval.**  $\nu = 0,01$ ;  $\varepsilon = 0,01$ ;  $\eta = 0,99$ ;  $n = 30$  qiymatlarda  $m$  qiymatning o‘zgarish dinamikasi.

$\nu = 0,01$ ; $\varepsilon = 0,01$ ; $\eta = 0,99$ ; $n = 30$ .											
	$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l = 2$	$m$	238	440	643	846	1048	1251	1454	1656	1859	2062
$l = 3$	$m$	258	460	663	866	1068	1271	1474	1676	1879	2082
$l = 4$	$m$	272	475	677	880	1083	1285	1488	1691	1893	2096
$l = 5$	$m$	283	486	688	891	1094	1296	1499	1702	1904	2107

**4-jadval.**  $\nu = 0,02$ ;  $\varepsilon = 0,02$ ;  $\eta = 0,99$ ;  $n = 30$  qiymatlarda  $m$  qiymatning o‘zgarish dinamikasi.

$\nu = 0,02$ ; $\varepsilon = 0,02$ ; $\eta = 0,99$ ; $n = 30$ .											
	$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l = 2$	$m$	118	218	318	419	519	619	720	820	920	1021
$l = 3$	$m$	128	228	328	429	529	629	730	830	930	1031
$l = 4$	$m$	135	235	335	436	536	636	737	837	937	1038
$l = 5$	$m$	140	240	341	441	541	642	742	843	943	1043

**5-jadval.**  $\nu = 0,03$ ;  $\varepsilon = 0,03$ ;  $\eta = 0,99$ ;  $n = 30$  qiymatlarda  $m$  qiymatning o‘zgarish dinamikasi.

$\nu = 0,03$ ; $\varepsilon = 0,03$ ; $\eta = 0,99$ ; $n = 30$ .											
	$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l = 2$	$m$	78	144	210	276	343	409	475	541	608	674
$l = 3$	$m$	84	150	217	283	349	415	482	548	614	680
$l = 4$	$m$	89	155	221	288	354	420	486	553	619	685
$l = 5$	$m$	92	159	225	291	357	424	490	556	622	689

**6-jadval.**  $\nu = 0,04$ ;  $\varepsilon = 0,04$ ;  $\eta = 0,99$ ;  $n = 30$  qiymatlarda  $m$  qiymatning o'zgarish dinamikasi.

$\nu = 0,04$ ; $\varepsilon = 0,04$ ; $\eta = 0,99$ ; $n = 30$ .											
	$n_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l = 2$	$m$	58	107	156	205	255	304	353	402	451	501
$l = 3$	$m$	63	112	161	210	259	309	358	407	456	63
$l = 4$	$m$	66	115	164	214	263	312	361	410	460	66
$l = 5$	$m$	69	118	167	216	266	315	364	413	462	512

3-6-jadvallar tahlilidan ko'rinadiki, birinchidan  $\nu$ ,  $\varepsilon$ ,  $\eta$ ,  $n$  parametrlar tayinlanganda,  $n_0$  va  $l$  parametrlarning qiymatlari mos ravishda ketma-ket 1 qiymatda oshib borilishi jarayonida  $T_{nml}$  O'T uchun talab qilinadigan timsollar soni  $m$  oshib boradi, ikkinchidan  $\eta$ ,  $n$  parametrlar tayinlanganda,  $\nu$ ,  $\varepsilon$  parametrlarning qiymatlari mos ravishda ketma-ket 1 qiymatda oshib borilishi jarayonida  $T_{nml}$  O'T uchun talab qilinadigan timsollar soni  $m$  kamayib boradi.

(20) formulada aniqlangan  $n_0$  o'lchamli BFda binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatoli ajratish masalasini yechishda faqat (12) va (13) munosabatlar asosida aniqlangan  $K_q$  sinfga xos 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  va 3-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  tipli ABlardan foydalaniladi, (11) munosabat asosida aniqlangan 1-tipli  $x_{qi}^{(1)}$  ABlar esa qaralmaydi. Chunki (11) munosabatni qanoatlantiruvchi 1-tipli har bir  $x_{qi}^{(1)} \in V_q^{(1)}$  AB  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatosiz ajratadi. Bunday belgilar sinflarni xatoli ajratishda mavjud bo'lmaydi. 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  hamda 3-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  tipli ABlarning har biri  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan ajratishda xatolikga yo'l qo'yadi. Shuning uchun 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  hamda 3-tipli

$x_{qi}^{(3)}$  tipli ABlar yordamida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan xatoli ajratishda sodir etiladigan  $\nu$  xatolik chastotasi va ushbu ABlardan hosil qilinadigan HQQni yangi TTOdagi belgilangan xatolik ehtimoli  $(\nu + \varepsilon^2)$  va uning ishonchliligi  $\eta$  kabi qiymatlarni qanoatlantirishi inobatga olinadi.

Aytaylik  $n_0$  ning qiymati (20) formuladan foydalanib hisoblangan bo'lsin. U holda  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $n_0$  o'lchamli BFga mos hosil qilinadigan HQQ  $X_u \in K_q (u = \overline{1, m_q})$  timsollarni  $X_u \in K_p (u = \overline{1, m_p})$  timsollardan belgilangan  $\nu$  xatolik bilan ajratishi va yangi timsollarni tanishda  $(\nu + \varepsilon^2)$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantirishi uchun, ushbu BFga mos tanlab olinadigan har bir  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)}$  belgi zarur ajratish kuchi(AK)ga ega bo'lishi talab etiladi.

**Sinflarni xatoli ajratishda ABlar AKni hisoblash.** Faraz qilaylik,  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida (12) va (13) munosabatlarni qanoatlantiruvchi  $K_q$  sinfga xos  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qm_k}^{(k)} (n_k \leq n)$  ABF aniqlangan bo'lsin. U holda [1, 11] ishlardagi kabi  $k$ -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABning AK quyidagicha hisoblanadi:

$$f(x_{qi}^{(k)}) = \frac{|g_i^{(k)}|}{|m|}, \quad (22)$$

bu yerda  $|g_i^{(k)}| = |g_{qi}^{(k)}| + |g_{pi}^{(k)}|$  bo'lib, bunda  $|g_i^{(k)}|$  -  $k$ -tipli tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABning  $V$  to'plamda to'g'ri sinflashtirilgan  $G_i^{(k)}$  TTning quvvati,  $|g_{qi}^{(k)}|$  va  $|g_{pi}^{(k)}|$  -  $k$ -tipli tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABning  $V_q$  va  $V_p$  to'plamlarda mos ravishda to'g'ri sinflashtirilgan  $G_{qi}^{(k)}$  va  $G_{pi}^{(k)}$  TTlarining quvvati,  $|m|$ - $V$  to'plam quvvati.

$l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfga xos tanlab olingan  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) ABFdagi har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABning informativlik darajasini aniqlashda (2.28) ko'rinishda hisoblangan  $f(x_{qi}^{(k)})$  ( $i = \overline{1, n_k}$ ) AKlaridan foydalaniladi, bu yerda har bir  $f(x_{qi}^{(k)})$  ( $i = \overline{1, n_k}$ ) uchun  $0 < f(x_{qi}^{(k)}) < 1$  ( $i = \overline{1, n_k}$ ) o'rinli. Bunda  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining  $f(x_{qi}^{(k)})$  AK birga yoki nolga yaqin bo'lishiga qarab, mos ravishda informativlik darajasi yuqori yoki past bo'lishi mumkin.

Agar (20) formula asosida aniqlangan  $n_0$  qiymati va  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan ajratishdagi  $\nu$  xatolik inobatga olinsa, u holda  $n_0$  o'lchamli BFga mos tanlab olinadigan har bir  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining minimal AK(MAK)ni aniqlash uchun informativlik mezoni quyidagicha o'rnatiladi:

$$\tau = \frac{1-\nu}{n_0}. \quad (23)$$

Aniqlangan  $\tau$  qiymat asosida  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) ABFdan  $n_0$  o'lchamli BFga mos tanlab olinadigan  $k$ -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgini  $f(x_{qi}^{(k)})$  AKni quyidagicha baholash mumkin:

$$f(x_{qi}^{(k)}) \geq \tau. \quad (24)$$

(24) shart  $n_0$  o'lchamli BFni shakllantirishda  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ( $n_k \leq n$ ) ABFdan har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgini tanlab olishning birlamchi mezoni bo'lib, uni qanoatlantiruvchi  $x_{qi}^{(k)}$  belgi  $V_q^{(k)}$  ABFda qoldiriladi, aks holda chiqarib yuboriladi. Bu esa  $V_q^{(k)}$  ABFdagi belgilar sonini qisqarishiga olib keladi va natijada qisqatirilgan  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k$ ) ABF hosil qilinadi.

$n_0$  o'lchamli ikkinchi hamda uchinchi tipli belgilar fazosini shakllantirish. Hosil qilingan  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)}$  ( $i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k$ ) ABFdagi har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgi (24) shartni qanoatlantiradi, biroq ularni  $n_0$  tasi  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan  $\nu$  xatolik bilan ajratishni ta'minlamasligi mumkin. 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  $k$  ( $k = \overline{2,3}$ )-tipli

$x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, \alpha_k})$  belgilardan  $n_0$  o'Ichamli BFni shakllantirish va unda  $X_u \in V_q$  timsollarni  $X_u \in V_p$  timsollardan  $\nu$  xatolik bilan ajratishga erishish uchun ushbu BFga kiritiladigan  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  belgining haqiqiy AK(HAK)ni to'g'ri aniqlash talab etiladi. Shuning uchun  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, \alpha_k}; \alpha_k \leq n_k)$  belgilarni  $f(x_{qi}^{(k)}) (k = \overline{2, 3}; i = \overline{1, \alpha_k})$  AK-lari [1, 11] ishlardagi kabi kamayish tartibda joylashtiriladi.

Shundan so'ng [1, 11] ishlardagi kabi har bir belgini HAK aniqlanadi, uning asosida  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, \alpha_k})$  ABFdan  $n_0$  o'Ichamli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, n_0})$  ABF shakllantiriladi. Bu protsedurani binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'ning har birida  $K_q \in T_{nml}^q$  sinf uchun qayta qo'llab, HQQlar hosil qilinadi va bu qoidalar yangi TTOda qo'llaniladi.

**Yangi timsollarni tanib olish.**  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'ning har birida  $K_q$  sinf  $K_p$  sinfdan  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, n_0}; n_0 \leq n)$  ABFda HQQlar yordamida  $\nu$

xatolik bilan ajralganda, yangi TTOda xatolik ehtimoli sifatida  $(\nu + \varepsilon^2)$  inobatga olinadi. Bunda yangi  $X_u^* \in T_{nm}^*$ . TTOda [1, 11] ishlarda keltirilgan HQQlardan foydalaniladi va ularga asosan  $X_u^* \in T_{nm}^*$  timsol tanlanadi. Tanlangan  $X_u^* \in T_{nm}^*$  timsolning dastlabki  $(x_1, \dots, x_n)$  belgilaridan HQQlarda qatnashadigan  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, n_0}; n_0 \leq n)$  ABFga mos  $(x_1, \dots, x_{n_0}) (n_0 \leq n)$  belgilari ajratib olinadi. Agar tanib olinayotgan har bir  $X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsolning ajratib olingan belgilari HQQlarda keltirilgan  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, n_0})$  alohida belgilarning eng kamida bittasiga mos tushsa, u holda  $K_q$  sinfga tegishli, aks holda tegishli emas bo'ladi.  $X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsollardan  $K_q$  sinfga tegishli bo'lmagan timsollar sonini aniqlash uchun HQQlarda  $X_u^*$  timsol uchun,  $C_q^{(2)}(X_u^*)$  va  $C_q^{(3)}(X_u^*)$  ifodalarning qiymatlarni hisobga olib, quyidagi qoida tekshiriladi:

$$\theta_{qu} = \begin{cases} 1, \text{ agar } C_q^{(2)}(X_u^*) \vee C_q^{(3)}(X_u^*) = 0, & (u = \overline{1, m^*}). \\ 0, \text{ aks holda,} \end{cases} \quad (25)$$

Ushbu qoidadan foydalanib  $X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsollardan  $K_q$  sinfga tegishlilarini aniqlashda xato sinflashtirilgan timsollar soni (26) formula ko'rinishda aniqlanadi.

$$P_q = \frac{1}{m^*} \sum_{u=1}^{m_q^*} \theta_{qu}, (m_q^* \leq m^*) \quad (26)$$

$X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsollarni  $K_q$  sinfga tegishliligini aniqlashda yo'l qo'yilgan

xatolik qiymatini aniqlashda (27) formuladan foydalaniladi.

$$\xi_q = 1 - P_q \quad (27)$$

Sinflar  $\nu$  xatolik bilan ajralganda, (27) formuladan foydalanib,  $K_q$  sinf uchun  $\xi_q \leq (\nu + \varepsilon^2)$  shart tekshiriladi. Agarda ushbu shart bajarilsa, u holda  $K_q$  sinfga xos aniqlangan  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (k = \overline{2, 3}; i = \overline{1, n_0})$  ABFda

HQQLar yangi  $X_u^* \in T_{nm}^*(u = \overline{1, m^*})$  TTO-da  $(\nu + \varepsilon^2)$  xatolik qiymatni qanoatlantirgan bo'ldi va tanib olish jarayoni to'xtatiladi, aks holda tanib olish jarayoni navbatdagi  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (k = \overline{2, 3}; i = \overline{1, n_0})$  ABFda amalga oshiriladi.

Shunday qilib, agar  $T_{nml}$  O'Tda turli shkaladagi  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilardan (5)-(8) formulalar asosida aniqlangan bo'sag'a qiymatlardan foydalanib (9) va (10) qoidalar asosida binarlashtirilgan  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfga xos  $k (k = \overline{2, 3})$ -tipli  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_0}^{(k)}$  ABFlar shakllantirilsa, u holda  $n_0$  o'lchamli ABFda  $K_q$  sinf timsollari  $K_p$  sinf timsollaridan  $\nu$  xatolik bilan ajraladi va ushbu fazoda hosil qilingan HQQLar yangi TTOda belgilangan  $(\nu + \varepsilon^2)$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiradi.

#### IV. MASALANI YECHISH ALGORITMI

Yuqorida keltirilgan matematik protseduralar asosida sinflarni xatoli ajratishga mo'ljallangan algoritm ishlab chiqildi. Bu algoritm  $l$  ta  $T_{nml}^q$  O'Tning har birida  $K_q$  sinfni  $K_p$  sinfdan belgilangan  $\nu$  xatolik bilan ajratishda  $n_0 = f(\nu, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  funksional bog'liqlikni inobatga olib, BF o'lchami yuqori chekli  $n_0$  qiymatini aniqlash, ushbu BFga mos keluvchi  $K_q$  sinfga xos binarlashtirilgan  $k (k = \overline{2, 3})$  - tipli  $x_{qi}^{(k)} (i = \overline{1, n_0})$  ABFni dastlabki  $x_i (i = \overline{1, n})$  belgilardan tanlab olish va ular asosida yangi TTOda belgilangan  $(\nu + \varepsilon^2)$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiruvchi HQQLarni hosil qilishga mo'ljallangan.

#### Algoritm quyidagi qadamlardan iborat:

1-qadam. Kompyuter xotirasiga  $T_{nml}$  va  $T_{nm}^*$  tanlovlarning boshlang'ich  $l, m, n$  va  $m^*$  o'lchovlari va  $\nu, \varepsilon, \eta$  parametrlarning qiymatlari kiritiladi. Berilgan o'lchovlar asosida  $K_j \in T_{nml} (j = \overline{1, l})$  sinflar,  $X_u \in K_j (u = \overline{1, m_j})$  va  $X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsollarning nomlari hamda ushbu timsollarning  $x_1, x_2, \dots, x_n$  belgilarining qiymatlari kiritiladi.

2-qadam.  $n_0$  ning qiymati (20) ko'rinishda hisoblanadi.

3-qadam.  $T_{nml}$  va  $T_{nm}^*$  tanlovlar (4) formula asosida normallashtiriladi.

4-qadam.  $q = 1$  ta'minlanadi.

5-qadam.  $K_q$  sinf sifatida  $K_q = \forall K_j$  va  $K_p$  sinf sifatida  $K_p = T_{nml} \setminus K_p (q \neq p)$  tayinlanadi, bunda  $K_q \cup K_p = T_{nml}$ .

6-qadam.  $i = 1$  ta'minlanadi.

7-qadam. Operativ xotiradan  $x_i$  belgi tanlanadi.

8-qadam.  $K_q$  sinf timsollarining  $x_i$  belgisi mantiqiy bo'lmasa, uning uchun bo'sag'a qiymati (5)-(8) ko'rinishlarda aniqlanadi va (9) yoki (10) qoidalar yordamida binarlashtiriladi.

9-qadam. Binarlashtirilgan  $x_i$  belgi uchun (12) munosabat tekshiriladi. Agar  $x_i$  belgi uchun (12) munosabat bajarilsa, u holda  $x_i$  belgi  $K_q$  sinfga xos 2-tipli  $x_{qi}^{(2)}$  belgi sifatida  $V_q^{(2)}$  belgilar fazosiga kiritiladi va algoritm 11-qadamga, aks holda 10-qadamga o'tadi.

10-qadam.  $x_i$  belgi uchun (13) munosabat tekshiriladi. Agar  $x_i$  belgi uchun (13) munosabat bajarilsa, u holda

$x_i$  belgi  $K_q$  sinfga xos 2-tipli  $x_{qi}^{(3)}$  belgi sifatida  $V_q^{(3)}$  belgilar fazosiga kiritiladi va algoritm 11-qadamga, aks holda  $x_i$  belgi inobatga olinmaydi,  $V_q^{(3)}$  belgilar fazosiga kiritilmaydi va 11-qadamga o'tadi.

11-qadam.  $i = i + 1$  ta'minlanadi. Agar  $i \leq n$  bo'lsa, u holda algoritm 7-qadamga, aks holda 12-qadamga o'tadi.

12-qadam. Natijada  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(2)}, x_{q2}^{(2)}, \dots, x_{qn_2}^{(2)}$  va  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{qn_3}^{(3)}$  tipli ABFlari shakllantiriladi.

13-qadam.  $k = 2$  ta'minlanadi.

14-qadam.  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_k}^{(k)}$  ABF tanlanadi.

15-qadam.  $i = 1$  ta'minlanadi.

16-qadam.  $x_{qi}^{(k)}$  belgining  $f(x_{qi}^{(k)})$  AK va  $\tau$  MAKLari mos ravishda (22) va (23) formulalar yordamida hisoblanadi. Agar ular uchun (24) shart bajarilsa, u holda  $x_{qi}^{(k)}$  belgi  $V_q^{(k)}$  belgilar fazosida qoldiriladi, aks holda undan chiqariladi.

17-qadam.  $i = i + 1$  ta'minlanadi. Agar  $i \leq n_k$  bo'lsa, u holda algoritm 16-qadamga, aks holda 18-qadamga o'tadi.

18-qadam.  $k = k + 1$  ta'minlanadi. Agar  $k \leq 3$  bo'lsa, u holda algoritm 14-qadamga, aks holda 19-qadamga o'tadi.

19-qadam.  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(1)}, x_{q2}^{(1)}, \dots, x_{q\alpha_2}^{(1)}$  ( $\alpha_2 \leq n_2$ ) va  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{q\alpha_3}^{(3)}$  ( $\alpha_3 \leq n_3$ ) tipli qisqartirilgan ABFlari hosil qilinadi.

20-qadam.  $k = 2$  ta'minlanadi.

21-qadam.  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{q\alpha_k}^{(k)}$  ABF tanlanadi va undagi belgilar (25) ko'rinishda kamayish tartibida joylashtirilgan ajratish kuchlariga mos holda tartiblanadi.

22-qadam.  $i = 1$  ta'minlanadi.

23-qadam.  $x_{qi}^{(k)}$  belgining  $f^*(x_{qi}^{(k)})$  va  $x_{q(i+1)}^{(k)}$  belgining  $f^*(x_{q(i+1)}^{(k)})$  HAKlari [9, 10, 12, 16] ishlardagi kabi hisoblanadi. Agar  $f^*(x_{qi}^{(k)})$  va  $f^*(x_{q(i+1)}^{(k)})$  uchun [9, 10, 12, 16] ishlarda keltirilgan shart bajarilsa, u holda  $x_{qi}^{(k)}$  va  $x_{q(i+1)}^{(k)}$  belgilar  $V_q^{(k)}$  belgilar fazosida qoldiriladi, aks holda chiqariladi.

24-qadam.  $i = i + 1$  ta'minlanadi. Agar  $i \leq \alpha_k$  bo'lsa, u holda algoritm 23-qadamga, aks holda 25-qadamga o'tadi.

25-qadam.  $k = k + 1$  ta'minlanadi. Agar  $k \leq 3$  bo'lsa, u holda algoritm 21-qadamga, aks holda 26-qadamga o'tadi.

26-qadam.  $n_0$  o'lchovli  $V_q^{(2)} = x_{q1}^{(1)}, x_{q2}^{(1)}, \dots, x_{qn_0}^{(1)}$  ( $n_0 \leq \alpha_2$ ) va  $V_q^{(3)} = x_{q1}^{(3)}, x_{q2}^{(3)}, \dots, x_{qn_0}^{(3)}$  ( $n_0 \leq \alpha_3$ ) ABFlari hosil qilinadi.

27-qadam.  $n_0$  o'lchovli  $V_q^{(2)}$  va  $V_q^{(3)}$  ABFlarga mos to'plamostilari uchun [9, 10, 12, 16] ishlarda keltirilgan munosabatlar tekshiriladi. Agar ushbu munosabatlar yoki ularning birortasi bajarilsa, u holda  $K_q$  sinf  $K_p$  sinfdan  $\nu$  xatolik bilan ajratiladi va algoritm 28-qadamga, aks holda 37-qadamga o'tadi.

28-qadam.  $n_0$  o'lchovli  $V_q^{(2)}$  va  $V_q^{(3)}$  ABFga mos  $R_q^{(2)}(X_u)$  va  $R_q^{(3)}(X_u)$  HQQlar [1, 11] ishlardagi kabi hosil qilinadi.

29-qadam.  $\psi = (\nu + \varepsilon^2)$  hisoblanadi.

30-qadam.  $u = 1$  ta'minlanadi.

31-qadam.  $\theta_{qu} = 0$  ta'minlanadi.

32-qadam. Yangi  $X_u^*$  timsol uchun [1, 11] ishlarda keltirilgan HQQlardagi  $C_q^{(2)}(X_u^*)$  va  $C_q^{(3)}(X_u^*)$  uchun (25) qoidada  $C_q^{(2)}(X_u^*) \vee C_q^{(3)}(X_u^*) = 0$  bo'lsa, u holda algoritm 32-qadamga, aks holda 33-qadamga o'tadi.

33-qadam.  $\theta_{qu} = \theta_{qu} + 1$ .  $P_q = \theta_{qu}$  ta'minlanadi.

34-qadam.  $u = u + 1$  ta'minlanadi. Agar  $u \leq m^*$  bo'lsa, u holda algoritm 31-qadamga, aks holda 35-qadamga o'tadi.

35-qadam.  $X_u^* \in T_{nm}^* (u = \overline{1, m^*})$  timsollarning  $K_q$  sinfga tegishliligini aniqlashda yo'1 qo'yilgan  $\xi_q$  xatolik qiymat (27) formula ko'rinishda hisoblanadi.

36-qadam. Agar  $\xi_q \leq \psi$  shart bajarilsa, u holda  $n_0$  o'lchovli ABFda  $K_q$  sinfga xos aniqlangan  $k (k = \overline{2,3})$ -tipi  $V_q^{(k)}$  ABFga mos [1, 11] ishlarda keltirilgan HQQlar NTdagi yangi TTOda  $\psi$  xatolik qiymatni qanoatlantirgan bo'ladi va algoritm 37-qadamga, aks holda  $\psi$  xatolik qiymatni qanoatlantirmagan bo'ladi va (37) qadamga o'tadi.

37-qadam.  $q = q + 1$  ta'minlanadi. Agar  $q \leq l$  bo'lsa, u holda algoritm 5-qadamga, aks holda 38-qadamga o'tadi.

38-qadam. Tamom.

Yuqorida keltirilgan matematik proseduralarda (12) va (13) munosabatlarni qanoatlantiruvchi har bir  $x_i \in T_{nml}^b$  binarlashtirilgan belgilardan  $K_q$  sinfga xos  $k (k = \overline{2,3})$ -tipi  $x_{qi}^{(k)}$  ABni ajratishni va bunday belgilardan shakllantirilgan  $k (k = \overline{2,3})$  - tipli  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)} (i = \overline{1, n_k})$  ABFdan har bir  $x_{qi}^{(k)} \in V_q^{(k)}$  ABni algoritmni 6-12, 13-19, 20-26 - qadamlarida tanlab olinishi natijasida shakllantirilgan  $n_0$  o'lchamli  $k (k = \overline{2,3})$ -tipdagi  $V_q^{(k)} = x_{q1}^{(k)}, x_{q2}^{(k)}, \dots, x_{qn_0}^{(k)} (n_0 \leq n_k)$  ABFga mos hosil qilingan HQQlar yordamida yangi TTOda

taqqoslanadigan belgilar sonini keskin qisqarishiga olib keladi.

Ushbu qisqartirishlar ikki jihatdan samaralidir. Birinchidan kompyuterda hisoblashlar hajmi kamayadi, ikkinchidan ortiqcha (muhim bo'lmagan) belgilarni chiqarilishi yangi TTOda ishonchlilikni oshiradi. Shu bilan birga, belgilar sonini qisqarishi HQQlar sonini ham qisqarishiga olib keladi. Bu esa ko'p hollarda yangi TTOda ishonchlilikni kamayishiga olib keladi. Shuning uchun ushbu maqolada taklif etilgan matematik proseduralar va algoritmda O'Tdagi timsollarni o'rganishdan oldin belgilangan  $\nu, \varepsilon, \eta$  hamda berilgan  $n, m$  va  $l$  qiymatlar orasidagi funksional bog'liqlik hisobga olinib, BF o'lchami yuqori chekli  $n_0$  qiymati (20) formula ko'rinishda hisoblangan, ushbu fazoga mos keluvchi sinfga xos belgilar tanlab olingan va ulardan HQQlar hosil qilingan.

Yuqorida keltirilgan algoritm asosida Embarcadero RAD Studio XE3 dasturlash muhiti, C++ dasturlash tilida dasturiy ta'minot (DT) yaratilgan bo'lib, u Windows operasion tizimlarda ishlaydi.

## V. XULOSA

Sinflarni xatoli ajratishda qo'llaniladigan Vapnik-Chervonenkis teoremasida  $\nu, \varepsilon, \eta$  parametrlarning qiymatlari belgilanganda va  $n, m$  va  $l$  parametrlar orasidagi munosabatlar hisobga olinib,  $n_0 = f(\nu, \varepsilon, \eta, n, m, l)$  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 belgilari normallashtirildi, har bir sinf timsollarining normallashtirilgan belgilari uchun bo'sag'a qiymatlari aniqlandi va ular asosida belgilar binarlashtirildi. Ushbu belgilardan har bir sinfga xos 2- va

3-tipli tipli alohida belgilarni tanlab olish, ularning har bir tipi bo'yicha aniq mezonlar asosida chekli o'lchanli BFni shakllantirish va mos HQLlarni hosil qilish qoidalari taklif etildi. Ushbu qoidalar asosida algoritm hamda dasturiy ta'minot ishlab chiqildi.

Sinflarni bir-biridan  $\nu$  xatolik bilan ajratishda o'lchami  $n_0$  qiymatga ega bo'lgan BFGa mos har bir 2- va 3-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 xatoli ajratishda har bir ABni MAK va HAKlarini hisoblash qoidalari taklif etildi. Mazkur qoidalar  $n_0$  o'lchamli BFda sinflarni  $\nu$  xatolik bilan ajratishda ABlarni MAK va HAKlari asosida tanlab olish imkonini beradi, bu esa yangi TTOda belgilangan  $(\nu + \varepsilon^2)$  va  $\eta$  qiymatlarni qanoatlantiradi.

Shunday qilib, TTTning TTOda belgilangan sifat va ishonchlikka erishishi uchun O'T timsollari va ularning belgilari sonini qisqartirish amalga oshiriladi. Belgilarning 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 ishonchlik 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 ishonchlik ko'rsat-

kichlarini kamayishiga olib keladi. Shuning uchun TTTni yaratishda tizimni TTOda belgilangan sifat va ishonchlik ko'rsatkichlariga erishishi uchun O'Tdagi dastlabki belgilar va timsollar soni, dastlabki belgilardan 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.

## ADABIYOTLAR

- [1] *Бекмуратов Д.К.* “Белги ва объектларнинг муносабатини баҳолашга асосланган тимсолларни таниб олиш алгоритмлари”. Монографиya. -Т.: “FAN ZIYOSI” нашриёти, 2023, 146 бет. КБК: 22.2. (Ўзб). УО‘S: 153.142.18. Б -13.
- [2] *Вапник В.Н., Червоненкис А.Я.* Теория распознавания образов.- М.:Наука, 1974.- 416 с.
- [3] *Васильев В.И.* Проблема обучения распознаванию образов. Принципы, алгоритмы, реализация. - Киев: Высшая школа, 1989. - 64 с.
- [4] *Васильев В.И.* Распознающие системы: Справочник.-Киев: Наукова думка, 1983.- 420 с.
- [5] *Горелик А.Л., Скрипкин В.А.* Методы распознавания. - М.: Высшая школа, 2004. - 262 с.
- [6] *Журавлев Ю.И., Камиров М.М., Туляганов Ш.Е.* Алгоритмы вычисления оценок и применение. - Ташкент: ФАН, 1974. - 119 с.
- [7] *Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В.* Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. - М.: Фазис, 2006. - 159 с.
- [8] *Камиров М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С.* Построение алгоритмов распозна-

- навания образов в пространстве признаков большой размерности. Ч. 1. Модели распознающих операторов // Химическая технология. Контроль и управление. - Ташкент, 2012. - № 3. - С. 52-59.
- [9] *Мазуров В.Д.* Математические методы распознавания образов. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГУ, 2010. -101 с.
- [10] *Bekmuratov 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] *Bekmuratov, Q. A.* Sinflarni xatosiz ajratishda alohida belgilar fazosini shakllantirish / *Q. A. Bekmuratov, D. Q. Bekmuratov, M. N. Abduraxmonova* // *Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali.* – 2022. – Vol. 2, No. 2. – P. 16-31. – DOI 10.34920/IJTAIDT/vol\_2022\_issue\_2\_2. – EDN EAZOXX.
- [12] *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.
- [13] *Fazilov Sh, Mamatov N.* Formation an informative description of recognizable objects. *AMSD 2018. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series.*1210 (2019) 012043. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1210/1/012043.
- [14] *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.*
- [15] *Kamilov M, Fazilov Sh, Mirzaeva G, Gulyamova D, Mirzaev N.* Building a model of recognizing operators based on the definition of basic reference objects. *AMSD-2019. Journal of Physics: Conference Series.* 1441 (2020) 012142. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1441/1/012142.
- [16] *Vapnik, V. and Izmailov, R.,* Rethinking Statistical Learning Theory: Learning Using Statistical Invariants, *Machine Learning*, 2018, vol. 108, pp. 381-423.
- [17] *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.
- [18] *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 10.04.2023

**Citation:** *Bekmuratov Q.A., Bekmuratov D. Q.* (2023). Sinflar xatoli ajralganda timsollarni belgilangan xatolik va ishonchlilik bilan tanuvchi belgilarni tanlash. *Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali.* 2(4). – B. 43-61.

## SELECTION OF RECOGNIZING FEATURES WITH A GIVEN ERROR AND RELIABILITY IN THE ERRONOUS SEPARATION OF CLASSES

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

<sup>1</sup> Samarkand branch of the 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 article considers the solution of the problem of pattern recognition with a given error and reliability, when the classes of the training sample are separated from each other with an error in the feature space, the dimension of which has an upper limit value. A method is presented for finding the upper bound on the size of the feature space, taking into account such parameters as the frequency of errors in the erroneous separation of each class of the training sample from other classes, the probability of error in recognition and its reliability, as well as the number of images, features and classes in the training sample. In order to form a finite-dimensional feature space from individual class-specific features, the minimum and real separating strength of each selected individual feature is determined. Procedures for the formation of a finite-dimensional space from each type of individual features of the second and third types are proposed, taking into account their minimum and real separating forces. Based on the proposed methodology, an algorithm and software were developed. Computational experiments were carried out on a computer, and the results were presented in the form of decision rules, according to which new images were recognized. The conclusions of the study are also presented.*

**Keywords:** *artificial intelligence, pattern recognition system, pattern recognition, training sample, control sample, class, image, feature, class feature, feature space, threshold, decision rule, separating power, minimum separating power, real separating power, error rate, probability of error, reliability.*

## ВЫБОР РАСПОЗНАЮЩИХ ПРИЗНАКОВ С ЗАДАННОЙ ОШИБКОЙ И ДОСТОВЕРНОСТЬЮ ПРИ ОШИБОЧНОМ РАЗДЕЛЕНИИ КЛАССОВ

*Бекмуратов К.А.<sup>1</sup>, Бекмуратов Д.К.<sup>2</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.** *В статье рассматривается решение задачи распознавания образов с заданной ошибкой и надежностью, когда классы обучающей выборки*

*отделены друг от друга с ошибкой в пространстве признаков, размерность которого имеет верхнюю предельную значения. Представлен метод нахождения верхней границы размера признакового пространства с учетом таких параметров, как частота ошибок при ошибочном отделении каждого класса обучающей выборки от других классов, вероятность ошибки при распознавании и ее достоверности, а также количество образов, признаков и классов в обучающей выборке. Чтобы сформировать конечномерного пространство признаков из отдельных признаков, специфичных для класса, определяются минимальная и реальная разделяющая сила каждого выбранного отдельного признака. Предложены процедуры формирования конечномерного пространства из каждого типа отдельных признаков второго и третьего типов с учетом их минимальные и реальные разделяющие силы. На основе предложенной методологии были разработаны алгоритм и программное обеспечение. На ЭВМ проводились вычислительные эксперименты, а результаты представлялись в виде решающих правил, по которым распознавались новые образы. Также представлены выводы проведенного исследования.*

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, система распознавания образов, распознавание образов, обучающая выборка, контрольная выборка, класс, образ, признак, признак класса, признаковое пространство, порог, решающее правило, разделяющая сила, минимальная разделяющая сила, реальная разделяющая сила, частота ошибок, вероятность ошибки, надежность.*