

UDK 004.93

BO'SAG'AVIY FUNKSIYALARNI QURISHGA ASOSLANGAN EKSTENSIONAL TIPDAGI TANIB OLISH OPERATORLARI

Mirzayev N.M.¹

¹ Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy tadqiqot instituti,
Toshkent, O'zbekiston
nomazmirza@rambler.ru

Annatsiya. Maqolada belgilar fazosining o'lchami katta ekanligini hisobga olgan holda tanib olish operatorlari modelini qurish masalasi ko'rib chiqilgan. Ushbu masalani yechish uchun lokal qarorlarni qabul qilishga asoslangan original yondashuv taklif qilingan. Taklif etilgan yondashuv asosida lokal bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional turdagi tanib olish operatorlarining modeli ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan tanib olish operatorlarining parametrik ko'rinishi keltirilgan. Ishlab chiqilgan algoritmlardan foydalanib hal qilinadigan amaliy masalalar ko'lamini kengaytirish va katta o'lchamli fazoda berilgan obyektlarni tanib olish aniqligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: timsollarni tanib olish, tanib olish operatori, reprezentativ belgilar, obyektlarning qism-to'plami, bo'sag'aviy funksiya, tayanch tanib olish operatori, afzal tanib olish operatori.

I. KIRISH

Uzoq yillar davomida sun'iy intellekt usullariga asoslangan tizimlarni ishlab chiqish bilan bog'liq tadqiqotlar informatika va amaliy matematikaning asosiy yo'nalishlardan biri bo'lib kelmoqda. Sun'iy intellekt sohasida olib borilgan va olib borilayotgan ilmiy va amaliy tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlaridan biri — bu timsollarni tanib olish sohasidir.

Ma'lumki, tanib olish muammolariga oid dastlabki ilmiy ishlar yigirmanchi asrning birinchi yarmida amalga oshirilgan [1]. Mazkur tadqiqotlarning natijalari R.Fisher, A.N. Kolmogorov va A.Ya. Xinchin [2] kabi olimlar tomonidan ilmiy nashrlarda e'lon qilingan. Amaliy matematika va informatika sohasida tadqiqotlar olib borayotgan olimlarining katta bir qismi timsollarni tanib olish va tasniflash tizimlarini ishlab chiqishning nazariy va amaliy masalalarini yechish bilan bog'liq muammolarni hal qilishga katta e'tibor qaratib kelmoqdalar. Bu holatning asosiy sababi, mazkur sohada olib borilayotgan tadqiqotlarning natijalaridan foydalanib hal qilinayotgan amaliy masalalarni soni ham kundan-kunga ortib borayotganligidir. Jahonda timsollarni tanib olish va tasniflash tizimlarini ishlab chiqish bilan bog'liq turli masalalarini yechishga katta e'tibor qaratilmoqda Shunga qaramay, hozirgi kunda belgilar fazosi o'lchamining kattaligini hisobga olgan holda tanib olish algoritmlarini sintez qilish muammolari yetarli darajada o'rganilmagan [3-5].

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi belgilar fazosining o'lchami katta ekanligini hisobga olgan holda tanib olish operatorlari modellarini ishlab chiqishdan iborat. Bunda tanib olish

operatorlarining boshlang'ich modellari sifatida bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan tanib olish operatorlarining modellari qaralgan [4-8]. Mazkur tanib olish modelining boshqalardan asosiy farqi shundan iboratki, u ekstensional tipdagi tanib olish modellari safiga kiradi. [4-8] da qaralgan tanib olish operatorlari esa intensional tipdagi tanib olish modellari safiga kiradi.

II. TANIB OLISH ALGORITMLARINING HOZIRGI HOLATI

Ma'lumki [3, 9, 10], timsollarni tanib olish nazariyasining rivojlanishi tarixi ikkita davrga ajratiladi. Birinchi davrda tanib olish algoritmlari, aniq bir amaliy masalani yechishga qaratilgan holda ishlab chiqilgan. Har bir ishlab chiqilgan algoritmning qiymati, asosan, olingan eksperimental natijalar asosida baholangan [3, 9, 11]. Rivojlanishning ikkinchi davrida esa har bir hal qilinayotgan masala uchun alohida algoritmlarni ishlab chiqishdan, ularning modellarni qurishga, ya'ni sinflarga ajratish masalasini yechishga qaratilgan algoritmlar oilasini ishlab chiqishga o'tilgan [3, 9, 10]. Ushbu bosqichda Rossiya Fanlar akademiyasi akademigi Yu.I.Juravlev tomonidan har qanday tanib olish modelini (ya'ni A tanib olish algoritmlar oilasini) ketma-ket bajariladigan ikkita operatorning kompozitsiyasi sifatida ifodalash mumkinligini ko'rsatilgan [9]:

$$A = B \circ C \quad (1)$$

bu yerda B - tanib olish operatori, C - qaror qabul qilish qoidasi.

Yuqoridagi (1) ifodadan kelib chiqadiki, har qanday tanib olish modelini ketma-ket bajariladigan ikki bosqichga ajratish mumkin. Birinchi bosqichda B tanib olish operatori qaralayotgan S_u obyekt uchun b_u sonlar bilan ifodalangan baholar vektori hisoblaydi [1]:

$$B(S_u) = b_u, \quad (2)$$

bu yerda $b_u = (b_{u1}, \dots, b_{uv}, \dots, b_{u\ell})$.

Ikkinchi bosqichda C qaror qabul qilish qoidasi (2) operatori yordamida S_u obyekt uchun hisoblangan har bir sonli bahoga (ya'ni b_{uv} bahoga) ko'ra uni $K_1, \dots, K_v, \dots, K_\ell$ sinflarini qaysi biriga tegishli ekanligini aniqlaydi:

$$C(b_{uv}) = \begin{cases} 0, \text{ arap } b_{uv} < c_1; \\ \Delta, \text{ arap } c_1 \leq b_{uv} \leq c_2; \\ 1, \text{ arap } b_{uv} > c_2, \end{cases} \quad (3)$$

bu yerda c_1, c_2 – qaror qabul qilish qoidasining parametrlari.

Bugungi kunga qadar timsollarni tanib olishning bir qator modellari ishlab chiqilgan va ular yetarlicha chuqur tahlil qilingan. Ular orasidan yetarlicha keng tarqalganlari tanib olish modellari sifatida quyidagilarni ajratib ko'rsatish mumkin:

- 1) bo'lish tamoyiliga asoslangan tanib olish modellar [12-15];
- 2) ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaga asoslangan tanib olish modellar [15-17];
- 3) matematik mantiq apparatiga tayangan tanib olish modellar [18-21];
- 4) potensial funksiyalarga asoslangan tanib olish modellar [15, 22-24];
- 5) baholarni hisoblashga asoslangan tanib olish modellar [3, 9, 10, 25-27].

Ushbu tanib olish modellarning tahlili shuni ko'rsatadiki, ular asosan, belgilar fazosining o'lchami katta bo'lmagan va belgilar o'rtasida bog'liqlik bo'lmagan yoki ular o'rtasida bog'liqlik yetarlicha kuchli bo'lmagan hollarda foydalanishga mo'ljallangan.

Hozirgi kunda tanib olishning katta o'lchamli belgilar fazosida berilgan amaliy masalalari ko'plab uchraydi. Bunday masalalarni yechishda belgilar o'rtasida o'zaro bog'liqlik mavjud emasligi haqidagi faraz ko'pincha bajarilmaydi [3, 28-30]. Bundan kelib chiqadiki, katta o'lchamli belgilar fazosida berilgan obyektlarni tanib olishga mo'ljallangan algoritmlarini ishlab chiqish muammosi yetarlicha chuqur tadqiq etilmagan.

III. MASALANING QO'YILISHI

Masalani shakllantirishdan oldin zarur tushuncha va belgilashlarni kiritamiz. Ta'kidlash zarurki, ushbu maqolada keltirilmagan tushunchalarni tanib olish nazariyasiga oid ilmiy adabiyotlardan, masalan [2, 3, 9, 10, 13, 20] kabi ilmiy manbalardan olish mumkin.

Faraz qilaylik, \mathbb{S} obyektlar to'plami berilgan bo'lib, ular l ta qism-to'plamlar (sinflar) bilan qoplangan bo'lsin [9, 28]:

$$K_1, \dots, K_j, \dots, K_l,$$

$$\mathbb{S} = \bigcup_{j=1}^l K_j, \bigcap_{j=1}^l K_j = \emptyset.$$

Ta'kidlash zarurki, \mathbb{S} to'plamidagi elementlarni sinflarga bo'linishi to'liq aniqlanmagan. Ammo, $K_1, \dots, K_j, \dots, K_l$ sinflar haqida qandaydir \mathbb{I}_0 boshlang'ich axborot berilgan. Odatda \mathbb{I}_0 boshlang'ich axborot sifatida tasniflangan (ya'ni sinflarga ajratilgan) obyektlar beriladi. Uni aniqlash uchun \mathbb{S} to'plamidan m ta obyektни ajratib olamiz:

$$\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m\}$$

Ajratib olingan obyektlar uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz: $\tilde{K}_j = \tilde{S}^m \cap K_j$, $C\tilde{K}_j = \tilde{S}^m \setminus \tilde{K}_j$. Unda \mathbb{I}_0 boshlang'ich axborotni S_u obyekt va unga mos $\tilde{\alpha}(S_u)$ axborot vektori juftligidan tashkil topgan elementlar to'plami sifatida ko'rsatish mumkin:

$$\mathbb{I}_0 = \langle S_1, \tilde{\alpha}(S_1) \rangle, \dots, \langle S_u, \tilde{\alpha}(S_u) \rangle, \dots, \langle S_m, \tilde{\alpha}(S_m) \rangle,$$

bu yerda $\tilde{\alpha}(S_u)$ - S_u obyektning axborot vektori:

$$\tilde{\alpha}(S_u) = (\alpha_{u1}, \dots, \alpha_{uj}, \dots, \alpha_{u\ell}),$$

mazkur vektorning komponenti esa (ya'ni α_{uj}) $P_j(S_u)$ ($P_j(S_u) = "S_u \in K_j"$) predikatning qiymati:

$$P_j(S_u) = \begin{cases} 1, \text{ agar } S_u \in K_j; \\ 0, \text{ agar } S_u \notin K_j. \end{cases}$$

Faraz qilaylik, \mathbb{I}_0 boshlang'ich axborot va \mathbb{S} to'plamidan olingan obyektlarni ixtiyoriy tanlanmasi \tilde{S}^q berilgan bo'lsin ($\tilde{S}^q \in \mathbb{S}$):

$$\tilde{S}^q = \{S'_1, \dots, S'_i, \dots, S'_q\}.$$

Bu holda shunday tanib olish algoritmi qurish talab qilinadiki, u \mathbb{I}_0 boshlang'ich ma'lumotlar asosida berilgan $S'_1, \dots, S'_i, \dots, S'_q$ obyektlarni har

biri uchun $P_1, \dots, P_j, \dots, P_l$ predikatlar qiymatini hisoblasin.

IV. TAKLIF QILINGAN YONDASHUV

Yuqorida shakllantirilgan tanib olish masalani yechish uchun lokal qarorlarni qabul qilishga asoslangan yangi yondashuv taklif qilingan. Ushbu yondashuv asosida lokal bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan tanib olish operatorlarining modeli ishlab chiqilgan. Mazkur model RFA akademigi Yu.I. Juravlev va ularning hamkasblari va shogirdlari tomonidan olingan ilmiy natijalarining mantiqiy davomidir.

Taklif qilingan tanib olish algoritmlar modelini qurish quyidagi bosqichlardan iborat.

1. Kuchli bog'langan belgilarning qism-to'plamini ajratish. Bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish operatorlarining birinchi bosqichda qaralayotgan belgilar to'plami elementlarini "o'zaro bog'liq bo'lmagan" qism-to'plamlari aniqlanadi. Mazkur bosqichning asosiy g'oyasi quyidagidan iborat [3, 31, 32]. Agar ko'rib chiqilayotgan belgilarning qism-to'plami bir-biriga yetarlicha yaqin bo'lsa, ular bir qism-to'plamga birlashtiriladi. Aks holda, ular bir-biriga yaqin emas deb hisoblandi. Ushbu bosqichda belgilarning "o'zaro bog'liq bo'lmagan" n' ta qism-to'plamlardan iborat guruhi aniqlanadi.

2. Reprezentativ belgilar to'plamini shakllantirish. Mazkur tanib olish operatorlarining ikkinchi bosqichda reprezentativ belgilari majmuasini shakllantirish amalga oshiriladi. Reprezentativ belgilarni ajratishning asosiy g'oyasi shakllanayotgan reprezentativ belgilar to'plamining elementlari o'zaro bir-biriga yaqin emasligidadir. Ularni shakllantirishda quyidagi shartlarni bajarilishi talab qilinadi: 1) reprezentativ belgilar to'plamining elementlari o'z qism-to'plamida o'zaro bir-biriga yaqin; 2) har bir qism-to'plamlardan ajratib olingan reprezentativ belgilar o'zaro bir-biriga yaqin emas. Shunday qilib, bu bosqichda parametr sifatida n -o'lchovli $\tilde{\omega}$ ($\tilde{\omega} \in \Omega$, $n' = |\tilde{\omega}|$) binar vektor beriladi:

$$\tilde{\omega} = (\omega_1, \dots, \omega_i, \dots, \omega_n),$$

$$\omega_i = \begin{cases} 1, & \text{agar } x_i - \text{reprezentativ belgi bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar } x_i - \text{reprezentativ belgi bo'lmasa.} \end{cases}$$

Ushbu bosqichni amalga oshirish natijasida n' o'lchamli X' reprezentativ belgilari fazosi shakllantiriladi: $X' = (x_{i_1}, \dots, x_{i_q}, \dots, x_{i_{n'}})$.

3. Reprezentativ belgilar fazoda obyektlar orasidagi yaqinlik funksiyasini aniqlash. Ushbu

bosqichda reprezentativ belgilar fazosida ikki obyekt orasidagi o'xshashlikni xarakterlovchi yaqinlik funksiyasi aniqlanadi. Faraz qilaylik, X' reprezentativ belgilari fazosida S_u va S obyektlar berilgan bo'lsin:

$$S_u = (a_{u1}, \dots, a_{ui}, \dots, a_{un'}),$$

$$S = (a_1, \dots, a_i, \dots, a_{n'}).$$

U holda mazkur obyektlar orasidagi o'xshashlikni xarakterlovchi yaqinlik funksiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$d(S_u, S) = \sum_{i=1}^{n'} \gamma_{v_i} (a_{uv_i} - a_{v_i})^2,$$

bunda $\gamma_{v_i} - x_{v_i}$ belgining muhimligini tavsiflovchi parametr. Ushbu parametrlar n' ta bo'lib, ular $\tilde{\gamma}$ vektorni tashkil etadi, ya'ni:

$$\tilde{\gamma} = (\gamma_{v_1}, \dots, \gamma_{v_i}, \dots, \gamma_{v_{n'}}).$$

4. Reprezentativ belgilar fazoda kuchli bog'langan obyektning qism-to'plamini ajratish. Bu bosqichda ikki o'lchamli reprezentativ belgilar fazosida kuchli bog'langan obyektning m' ta qism-to'plamlari ajratiladi. Ularni ajratish o'quv tanlanmasidagi obyektning o'zaro yaqinligini baholash orqali amalga oshiriladi. Mazkur bosqichni bajarish natijasida quyidagi m' ta qism-to'plamlar ajratiladi:

$$\mathbb{V} = \{V_1, \dots, V_q, \dots, V_{m'}\}.$$

Bu qism-to'plamlar quyidagi shartlarga javob berishi talab qilinadi:

$$\bigcap_{q=1}^{m'} V_q = \emptyset; \quad \bigcup_{q=1}^{m'} V_q = \mathbb{V}_g.$$

5. Reprezentativ obyektning aniqlash. Bu bosqichda har bir kuchli bog'langan obyektlar V_q qism-to'plamini xarakterlovchi \mathcal{S}_q^E obyekt sifatida aniqlanadi. \mathcal{S}_q^E obyektning komponentalarini V_q qism-to'plam elementlarining X' fazodagi har bir belgisiga mos qiymatlarni o'rtachasi sifatida hisoblash mumkin:

$$b_{qi} = \frac{1}{|V_q|} \sum_{S_u \in V_q} a_{ui}, \quad i = \overline{1, 2}.$$

6. Ikki o'lchamli fazoda obyektlar orasidagi yaqinlik funksiyasini aniqlash. Bu bosqichda ikki o'lchamli reprezentativ belgilar fazosi \mathcal{D}_u ($\mathcal{D}_u \subset$

$\mathbb{D}, \mathbb{D} = (\mathcal{D}_1, \dots, \mathcal{D}_v, \dots, \mathcal{D}_n)$ shakllantiri-ladi va obyektlar orasidagi farqni xarakterlovchi yaqinlik funksiyasi har bir \mathcal{D}_u fazoda aniqlanadi. Faraz qilaylik, bizga S_u^E va S obyektlari berilgan bo'lsin:

$$S_u^E = (b_{u1}, \dots, b_{ui}, \dots, b_{un'}),$$

$$S = (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n').$$

U holda \mathcal{D}_v fazosida S_u^E va S obyektlar orasidagi farqni xarakterlovchi yaqinlik funksiyasini quyidagicha berish mumkin:

$$t_v(S_u^E, S) = \begin{cases} 1, \text{ agar } d_v(S_u^E, S) \leq \varepsilon_v \text{ бўлса,} \\ 0, \text{ agar } d_v(S_u^E, S) > \varepsilon_v \text{ бўлса,} \end{cases}$$

$$d_v(S_u^E, S) = \sum_{i=1}^2 \gamma_{v_i} (b_{uv_i} - a_{v_i})^2,$$

bunda $\varepsilon_v, \gamma_{v_i}$ – algoritm parametrlari.

7. Ikki o'lchamli fazoda S obyektini K_j sinfga yaqinligini baholash. Ushbu bosqichda ikki o'lchamli fazosida S obyekt bilan K_j sinf orasidagi yaqinlikni xarakterlovchi baho hisoblanadi:

$$u_i = \begin{cases} 1, \text{ agar } G_i(K_j, S) - \text{tayanch tanib olish operatori bo'lsa;} \\ 0, \text{ agar } G_i(K_j, S) - \text{tayanch tanib olish operatori bo'lmasa.} \end{cases}$$

10. Afzal tanib olish operatorlari to'plamini shakllantirish. Ushbu bosqichda \tilde{S}^m to'plamning obyektlari bo'yicha baholar matritsasini shakllantiradigan tayanch operatorlarni baholash

$$p_i = \begin{cases} 1, \text{ agar } G'_i(K_j, S) - \text{afzal tanib olish operatori bo'lsa;} \\ 0, \text{ agar } G'_i(K_j, S) - \text{afzal tanib olish operatori bo'lmasa.} \end{cases}$$

11. Afzal tanib olish operatorlari asosida S obyektini K_j sinfga yaqinligini baholash. Ushbu bosqichda S obyekt bilan K_j sinf orasidagi yaqinlikni xarakterlovchi baho hisoblanadi. Faraz qilaylik, \mathfrak{B} — afzal tanib olish operatorlaridan iborat to'plam bo'lsin. U holda S obyekt bilan K_j sinf orasidagi yaqinlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\tilde{\pi} = (n', \tilde{\omega}, \tilde{\gamma}, m', \{b_{qi}\}, \{\gamma_{v_i}\}, \{\varepsilon_v\}, \{\lambda_u\}, n', \{\theta_v\}, \{\tau_{\tilde{\omega}}\}, c_1, c_2).$$

Agar ushbu parametrlarni har biriga mos son qiymatlari aniqlansa, u holda unga mos tanib olish operatorini olamiz. Berilgan tanib olish masalasiga mos boshlang'ich ma'lumotlar bo'yicha eng yaxshi tanib olish operatorni qurish $\tilde{\pi}$ parametrlar fazosida amalga oshiriladi.

$$G_v(K_j, S) = \sum_{S_u^E \in K_j} \lambda_u t_v(S_u^E, S).$$

bu yerda λ_u – algoritm parametri.

Mazkur bosqichni bajarish natijasida S obyekt bilan K_j sinf orasidagi yaqinlikni har bir \mathcal{D}_v ($v = \overline{1, n}$) fazosida baholovchi elementar tanib olish operator $G_v(K_j, S)$ quriladi.

8. Kuchli bog'langan elementar tanib olish operatorlarning qism-to'plamini ajratish. Bu bosqichning asosiy g'oyasi xuddi 1 va 4 bosqichlardagi kabi. O'zaro kuchli bog'langan elementar tanib olish operatorlarning qism-to'plamlarini tarkibi n' parametrga bog'liq.

9. Elementar tayanch tanib olish operatorlari to'plamini shakllantirish. Bu bosqichning asosiy g'oyasi tanlab olingan tayanch tanib olish operatorlari to'plamining elementlari orasida o'xshash baholar matritsasini shakllantiradigan operatorlarni yo'qotishdan iboratdir. Shunday qilib, bu bosqichda parametr sifatida n -o'lchovli \tilde{u} ($\tilde{u} \in \mathfrak{U}$, $n' = |\tilde{u}|$) binar vektor beriladi:

$$\tilde{u} = (u_1, \dots, u_i, \dots, u_n),$$

asosda afzal tanib olish operatorlarini tanlash amalga oshiriladi. Shunday qilib, bu bosqichda parametr sifatida n' -o'lchovli \tilde{p} ($\tilde{p} \in \mathfrak{P}$, $n'' = |\tilde{p}|$) binar vektor beriladi: $\tilde{p} = (p_1, \dots, p_i, \dots, p_{n'})$,

$$B(K_j, S) = \sum_{G''_u(K_j, S) \in \mathfrak{B}} \tau_u G''_u(K_j, S).$$

bu yerda τ_u – algoritm parametri.

Shunday qilib, bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish operatorlari aniqlandi. Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu modeldagi har qanday tanib olish operator $\tilde{\pi}$ parametrlar to'plami orqali to'liq aniqlanadi:

V. TAJRIBAVIY TADQIQOTLAR

Taklif qilingan tanib olish operatorlar modelidan amaliy masalalarni yechishda foydalanish uchun Python tilida dasturi ishlab chiqilgan. Ushbu dasturning ishlashi quyidagi masalalarni yechishda sinovdan o'tkazildi: 1) sinov masalasi; 2) yuz tasviri bo'yicha shaxsni aniqlash. Sinov masalasining asosiy ma'lumotlari:

sinflar soni $l=2$; obyektlar soni $m=400$; belgilar soni $n=300$. Yuz tasviri bo'yicha shaxsni aniqlash masalasini esa quyidagicha: $l=5$; $m=200$; $n=153$.

Tajribaviy sinovlarda qatnashuvchi tanib olish operatorlarining modellari sifatida quyidagilar tanlab olindi: baholarni hisoblash asosida tanib olish operatorlari modeli; potentsiallar tamoyillariga asoslangan tanib olish operatorlari modeli; ushbu maqolada taklif qilingan bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish operatorlari modeli. Qaralayotgan masalani yechishda tanib olish operatorlarining sanab o'tilgan modellarini qiyosiy tahlili quyidagi mezonlar bo'yicha amalga oshirildi: 1) nazorat tanlanmasidagi obyektlarni tanib olish aniqligi; 2) ularni o'qitish uchun sarflangan vaqt; 3) nazorat tanlanmasidagi obyektlarni tanib olish uchun ular tomonidan sarflagan vaqt.

Ushbu mezonlarni hisoblash uchun qaralayotgan masalalar oid berilgan dastlabki ma'lumotlarni (ya'ni berilgan dastlabki tanlanmani) o'quv va nazorat tanlanmalariga bo'lish kross-validatsiya (cross-validation) usuli bo'yicha amalga oshirildi [3, 33]. Bunda tasodifiy bo'linish asosida berilgan dastlabki tanlanma 10 ta qismga bo'linadi. Har bir qismdagi obyektlar soni va undagi sinflarni ulushi ham taxminan teng bo'lishi talab qilinadi. Tasodifiy hosil qilingan 10 ta blokni har biri navbat bilan nazorat tanlanmasiga, qolganlari o'quv tanlanmasiga aylanadi. Hosil bo'lgan o'quv va nazorat tanlanmalarida tanib olish masalasi yechiladi va olingan natijalar saqlab qo'yiladi. Ushbu jarayon bir-necha marta takrorlanadi. Olingan natijalar bo'yicha tanib olish aniqligi va vaqt ko'rsatkichlari uchun o'rtacha qiymatlari hisoblandi. Amalga oshirilgan tajribalarning natijalari 1, 3 va 3-jadvallarda keltirilgan.

1-jadval. Baholarni hisoblash algoritmlari yordamida masalalarni yechish natijalari

Masalalar	Vaqt (soniyalarda)		Tanib olish aniqligi (%)
	o'qitish	tanib olish	
Sinov masalasi	4,01641	0,008538	82,86
Yuz tasviri bo'yicha shaxsni aniqlash	2,80283	0,007473	80,15

2-jadval. Potentsiallar tamoyillariga asoslangan algoritmlari yordamida masalalarni yechish natijalari

Masalalar	Vaqt (soniyalarda)		Tanib olish aniqligi (%)
	o'qitish	tanib olish	
Sinov masalasi	3,38447	0,004718	79,01
Yuz tasviri bo'yicha shaxsni aniqlash	2,0215	0,003876	78,93

3-jadval. Bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish algoritmlari yordamida masalalarni yechish natijalari

Masalalar	Vaqt (soniyalarda)		Tanib olish aniqligi (%)
	o'qitish	tanib olish	
Sinov masalasi	9,0274	0,000493	94,42
Yuz tasviri bo'yicha shaxsni aniqlash	5,0468	0,000276	90,03

Ushbu natijalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki (1, 3 va 3-jadvallarga qarang), bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish algoritmlarining modelida obyektlarni tanib olish aniqligi yaxshilagan. Shu bilan birga, ushbu algoritmlarni o'qitish vaqtini biroz oshganini xam o'rinlidir. Chunki, bo'sag'aviy funksiyalarni qurish asosida ishlab chiqilgan tanib olish operatorlari murakkab protseduralardan foydalanganligi sababli o'qitish vaqtini biroz oshib ketishiga olib keldi. Ayni vaqtda boshlang'ich ma'lumotlarda berilgan belgilar to'plami quvvatini va o'quv tanlanmasidagi obyektlar sonini kamaytirish, hamda afzal bo'sag'aviy funksiyalarni ajratish hisobiga tanib olish vaqti sezilarli darajada qisqardi.

VI. XULOSA

Belgilar fazosining o'lchami katta bo'lgan holda, timsollarni tanib olish masalasini yechish maqsadida bo'sag'aviy funksiyalar asosida takomillashtirilgan tanib olish algoritmlari modeli ishlab chiqildi. Mazkur modelning asosiy g'oyasi ikki o'lchamli belgilar fazosida tanib olish algoritmlarini qurishdan iborat. Ishlab chiqilgan tanib olish algoritmlarini ishga yaroqliligi bir-necha model masalalarni yechish asosida sinovdan o'tkazildi. Bunda taklif qilingan tanib olish algoritmining aniqligini, klassik algoritmlarga nisbatan, o'rtacha 6-10% foizga oshirish imkonini beradi. Ammo, shu bilan birga taklif qilingan tanib

olish algoritmini o'qitish vaqtini biroz oshganini xam o'rinlidir.

ADABIYOTLAR

- [1] Fisher R.A. The use of multiple measurements in taxonomic problems // Annals of Eugenics. 1936. №7. P.179-188.
- [2] Журавлёв Ю.И., Гуревич И.Б. Распознавание образов и распознавание изображений, Распознавание, классификация, прогноз. — М.: Наука, 1989. — Т. 2. — С. 5-72.
- [3] Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков — Ташкент: Fan va texnologiya, 2020. — 148 с.
- [4] Mirzayeva G.R. Bo'sag'aviy funksiyalarga asoslangan tanib olish algoritmlari //Transportda innovatsion axborot texnologiyalarini rivojlantirishning dolzarb masalalari. I-Respublika ilmiy-texnik anjumanining materiallari (Toshkent, 24-25-noyabr 2021-y.). Toshkent: in Science, 2021. — В. 77 – 82.
- [5] Mirzayeva G.R. Ikki o'lchamli bo'sag'aviy funksiyalarga asoslangan tanib olish algoritmlari. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. Toshkent, 2024. - 41 b.
- [6] Зув Ю. А. Пороговые функции и пороговые представления булевых функций // Математические вопросы кибернетики. Вып. 5. - М.: Наука, 1994. - С. 5–61.
- [7] Вьюгин В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. Электронное издание. М.: МЦНМО, 2014. - 304 с.
- [8] Ишкина Ш.Х., Воронцов К.В. Исследование завышенности оценок переобучения пороговых решающих правил // Автоматика и телемеханика, 2021. № 5. - С. 151–168.
- [9] Журавлев Ю.И. Избранные научные труды. —М: Магистр, 1998. 420 с.
- [10] Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. — М.: Фазис, 2006. — 159 с.
- [11] Ковалевский В.А. Методы оптимальных решений в распознавании изображений. -М.: Наука, 1976. —328 с.
- [12] McLachlan, G.J.: Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition. New York: John Wiley, 2004. -545 p.
- [13] Журавлев Ю.И., Дюсембаев А.Е. Построение нейросети на основе модели алгоритмов с кусочно-линейными поверхностями и параметрами для задач распознавания со стандартной информацией // Доклады Академии наук. — Москва, 2019. — Т. 488, № 1. — С. 11-15.
- [14] Лысёнок Е.И. О некотором подходе к выбору гиперплоскости для алгоритмов распознавания. // Журнал вычислительной математики и математической физики. — Москва, 2010. — Т. 50, № 4. — С. 1862-1864.
- [15] Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. — М.: Мир, 1978. — 414 с.
- [16] Webb, A. R., Copsey, K.D.: Statistical Pattern Recognition. Wiley, New York, 2011. -668 pp.
- [17] Мерков А.Б. Распознавание образов: Введение в методы статистического обучения. М.: URSS, 2019. - 256 с.
- [18] Бондаренко Н.Н., Журавлев Ю.И. Алгоритм выбора конъюнкций для логических методов распознавания // Журнал вычислительной математики и математической физики. — Москва, 2012. — Т. 52, № 4. — С. 746-749.
- [19] Дюкова Е. В., Масляков Г. О., Прокофьев П. А. О логическом анализе данных с частичными порядками в задаче классификации по прецедентам //Журнал вычислительной математики и математической физики. — Москва, 2019. — Т. 59, № 9. — С. 1605-1616.
- [20] Кудрявцев В.Б., Андреев А.Е., Гасанов Э.Э. Теория тестового распознавания. — М.: Физматлит, 2007. — 320 с.
- [21] Лбов Г.С., Неделько В.М., Неделько С.В. Метод адаптивного поиска логической решающей функции // Сибирский журнал индустриальной математики. — Новосибирск, 2009. Том 12. № 3. -С. 66–74.
- [22] Айзerman М.А., Браверманн Э.М., Розоноэр Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. М.: Наука, 1970. — 348 с.
- [23] Sulewski, P.: Potential Function Method Approach to Pattern Recognition Applications. Environment. Technology. Resources. In: Proc. of the 11th Int. Scientific and Practical Conference, Rezekne, Latvia, pp. 30–35 (2017). DOI: 10.17770/10.17770/etr2017vol2.2512
- [24] Фазылов Ш. Х., Раджабов С. С., Мирзаев О. Н. Анализ состояния вопросов построения моделей, основанных на принципе потенциалов

- //Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2016. – № 3. – С. 88-97.
- [25] *Абламейко С.В., Краснопрошин В.В., Образцов В.А.* Модели и технологии распознавания образов с применением в интеллектуальном анализе // Вестник БГУ. Сер. 1. Физика. Математика. Информатика. 2011. № 3. - С. 62–72.
- [26] *Журавлев Ю. И., Камиллов М. М., Туляганов Ш. Е.* Алгоритмы вычисления оценок и применение. – Ташкент: ФАН, 1974. – 119 с.
- [27] *Дьяконов А.Г.* Эффективные формулы вычисления оценок для алгоритмов распознавания с произвольными системами опорных множеств // Журнал вычислительной математики и математической физики. – Москва, 1999. – Т. 39, № 11. – С.1904-1918.
- [28] *Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Mirzaev G.R, Tashmetov Sh.E.* Construction of Recognition Algorithms Based on the Two-Dimensional Functions // Communications in Computer and Information Science. vol. 1035. 2019. Part I. Pp. 474-483. DOI: 10.1007/978-981-13-9181-1_42.
- [29] *Бретт Л.* Машинное обучение на R: экспертные техники для прогно-
 тического анализа. – СПб.: Питер, 2020. – 464 с.
- [30] *Fazilov S., Mirzaev N., Radjabov S., Mirzaev O., Meliev F.* Recognition algorithms based on the construction of threshold rules using two-dimensional representative pseudo-objects // E3S Web of Conferences, 2023, 460, 04004
- [31] *Mirzaev N, Saliev E.* Recognition Algorithms Based on Radial Functions // Proceedings of the 3th Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (August 18 – 25, 2018, Vladivostok, Russky Island, Russia). Vladivostok: FEFU, 2018. – Pp. 1-6.
- [32] *Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaev O.N.* Determining of Parameters in the Construction of Recognition Operators in Conditions of Features Correlations // Proceedings of the 7th Int. Conf. on Optimization Problems and Their Applications – 2018 (July 8-14, 2018, Omsk, Russia,). Omsk, Russia, July 8-14, – Pp. 118-133.
- [33] *Braga-Neto U. M., Dougherty E. R.* Error Estimation for Pattern Recognition. – New York: Springer, 2016. -312 p.

Поступила в редакцию 05.02.2024

Citation: *Mirzayev, N.* (2024). Bo'sag'aviy funksiyalarni qurishga asoslangan ekstensional tipdagi tanib olish operatorlari. *Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий*, 7(1), 94–101. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i1.169>

RECOGNITION OPERATORS EXTENSIONAL TYPE BASED ON THE CONSTRUCTION OF THRESHOLD FUNCTIONS

*Mirzaev N.M.*¹

¹ Digital technologies and artificial intelligence research institute, Tashkent, Uzbekistan
 nomazmirza@rambler.ru

Abstract. *The article examines the problems of constructing a model of recognition operators in conditions of a large dimension of the feature space. To solve this problem, an original approach based on local decision-making is proposed. Based on the proposed approach, a model of recognition operators of extensional type has been developed, based on the construction of local threshold functions. A parametric representation of the proposed recognition operators is given. The developed recognition operators can improve recognition accuracy and expand the range of practical problems solved using recognition algorithms.*

Keywords: *pattern recognition, recognition operator, representative features, subset of objects, threshold function, basic recognition operator, preferred recognition operator.*

ОПЕРАТОРЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭКСТЕНЦИОНАЛЬНОГО ТИПА ОСНОВАННЫЕ НА ПОСТРОЕНИЕ ПОРОГОВЫХ ФУНКЦИЙ

Мирзаев Н.М.¹

¹ Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан
nomazmirza@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматривается задача построения модели распознающих операторов в условиях большой размерности признакового пространства. Для решения этой задачи предлагается оригинальный подход, основанный на принятии локальных решений. На основе предложенного подхода разработана модель распознающих операторов экстенционального типа, основанная на построении локальных пороговых функций. Приведено параметрическое представление предложенных распознающих операторов. Разработанные распознающие операторы позволяют повысить точность распознавания и расширить круг практических задач решаемых с помощью алгоритмов распознавания.

Ключевые слова: распознавание образов, распознающий оператор, репрезентативные признаки, подмножество объектов, пороговая функция, базовый распознающий оператор, предпочтительный распознающий оператор.