

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA’LIM VAZIRLIGI
MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY
UNIVERSITETI**

Ignatev N.A., Usmanov R.N., Madraximov Sh.F.

BERILGANLARNING INTELLEKTUAL TAHLILI

5A330101-Axborot tizimlarining matematik va dasturiy ta’minoti

O‘QUV QO‘LLANMA

Toshkent
«MUMTOZ SO‘Z»
2018

UDK 519.95

KBK

**Ignatev N.A., Usmanov R.N., Madraximov Sh.F.
Berilganlarning intellektual tahlili. – T.: “MUMTOZ SO‘Z”, 2018.**

Ushbu o‘quv qo‘llanma magistraturaning 5A330101- Axborot tizimlarining matematik va dasturiy ta‘minoti mutaxassisligida tahsil olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan. O‘quv qo‘llanma namunaviy o‘quv dasturidagi mavzularni o‘quv rejasidagi “Berilganlarning intellektual tahlili” faniga ajratilgan soatlar hajmida qamrab oladi.

Qo‘llanmada berilganlarning intellektual tahlili tadqiqot yo‘nalishining zamonaviy usullari bo‘yicha materiallar saralab olingan bo‘lib o‘quvchi o‘lchov shkalasi, binar munosabatlar va ularning xossalari, mantiqiy qonuniyatlar shakllari va shu kabi tayanch tushunchalarga doir umumiy bilimlarga ega bo‘ladi.

Mas’ul muharrir:

t.f.d., professor Fozilov Sh.H.

Taqrizchilar:

t.f.d., professor Muxamedieva D.T.;

f.-m.f.d. professor Polatov A.M.

ISBN 978-9943-5561-1-9

© Abdurahmanov T., Artikov H., 2018

© “MUMTOZ SO‘Z”, 2018.

Kirish

Ushbu qo'llanmada berilganlarning intellektual tahlili (BIT) tadqiqot yo'nalishining zamonaviy usullari bo'yicha materiallar saralab olingan. BIT usullari axborot texnologiyalarining bir qismi bo'lib, ularsiz jamiyatning hozirgi davrdagi innovatsion taraqqiyotini tasavvur qilish mumkin emas.

Axborot texnologiyalarining eksponensial tarzda o'sishi yangi terminlar va tushunchalarni yuzaga keltirdiki, ularning o'zbek tilida mohiyati bo'yicha mos keluvchi analoglari hozircha yo'q. So'zma-so'z tarjima qilish va erkin izohlash ularga (terminlarga) boshlang'ich qo'yilgan mazmunni to'g'ri tushunishga yordam bermaydi. Ko'p ishlatiladigan terminlarga dunyo amaliyotida qabul qilingan tushuntirishlarni berish orqali bu muammoni yechishga harakat qilingan.

Qo'llanmada materiallarni bayon qilishda *“tayanch tushunchalar izohini yaxshi bilmaslik BIT usullarni o'rganishdagi asosiy to'siq”* tezisiga tayanilgan. BIT bo'yicha maqbul hajmdagi bilimlarga ega bo'lish predmet sohalarining zaif formallashgan amaliy masalalarini mustaqil ravishda yechish imkoniyatlarini ochadi. Yetarlicha bilimga ega bo'lgan holdagina masala qo'yilishini to'g'ri shakllantirish mumkin. Ma'lumki, agar masala qo'yilgan bo'lsa, u holda keyingi harakatlar uni yechish uchun usullarni tanlash va asoslashga olib kelinadi. Qo'llanmadagi saralangan zamonaviy usullar bunday tanlashni kengaytirish imkoniyatini beradi.

O'quvchi e'tiboriga 9 bo'lim bo'yicha materiallar taqdim etilgan. Qo'llanmaning 1-3-bo'limlari o'lchov shkalasi, binar munosabatlar va ularning xossalari, mantiqiy qonuniyatlar shakllari va shu kabi tayanch tushunchalar bilan tanishishga bag'ishlangan, 4-9-bo'limlar mualliflar tomonlaridan olingan ilmiy tadqiqot natijalari asosidagi materiallardan iborat.

Potensial o'quvchini qiziqtirishi mumkin bo'lgan mavzularning qisqa bayonini keltiramiz.

Neyron to'ri (NT) modellari uchun o'qituvchili klassifikatsiya va prognoz masalalarida turli toifadagi alomatlar vazn koeffitsiyentlarini hisoblash usullari keltiriladi. Vaznlar qiymatlarini predmet soha terminlarida izohlash imkoniyati mavjud. Bu harakatlar formal ravishda NT shaffofligi tushunchasi orqali ifodalanadi.

Ma'lumki, gipoteza obrazlarni anglashdagi tayanch tushunchadir. Aniqlanuvchi metrikalar bo'yicha kompaktlik o'lchamini hisoblash orqali o'rgatuvchi tanlanmaning topologik tuzilishini tadqiq qilish usullari ushbu gipotezani rostligini isbotlashga asoslangan. Taklif qilingan kompaktlik o'lchami modellar qurilishida turli metrikalarni o'zaro taqqoslash, informativ alomatlar to'plamini tanlab olish imkoniyatini beradi.

Obyektning shaxsiy alomatlar fazosini izlash va u bo'yicha bahoni (indeksni) hisoblash masalasining qo'yilishi keltirilgan. Xususan, tibbiyot sohasi ushbu baho amalda o'z tadbiqini topgan birinchi predmet soha bo'ldi (salomatlik indeksi nomi ostida).

Ko'pgina jarayonlar va hodisalar tavsiflarining adekvatligi noxiziqilik xossasi bilan bog'liq. Alomatlarni guruhlashning iyerarxik aglomerativ usullari va ularni son o'qiga noxiziqlik akslantirish uchun qoidalar taklif qilingan.

Qaralgan barcha BIT usullari uchun hisoblash algoritmlar ishlab chiqilgan va mos dasturiy ta'minotlar yaratilgan. Turli predmet sohalaridan olingan tajriba berilganlari uchun masalalar yechish namunalari keltirilgan.

Qo'llanma kompyuter axborot texnologiyalari yo'nalishlarida ta'lim olayotgan magistrantlar hamda intellektual tizimlarni yaratish va tadbiq qilish bilan shug'ullanuvchi mutaxassislariga mo'ljallangan.

1. Asosiy tushunchalar: o'lchov shkalalari, mumkin bo'lgan obyekt, munosabatlar va ularning xossalari, bilimlarni taqdim etish

Shkalalar turlari. Hozirda o'lchovlar shkalasining to'rtta asosiy turlari farqlanadi: nominal, tartibli, interval va nisbiy. Har bir shkala turi o'z xususiyatiga ega bo'lib, ular keyinchalik bayon etiladi. Hozir esa o'lchov texnikasining klassifikatsiya jarayonida qanday rol o'ynashini ko'ramiz.

Ko'p hollarda tadqiqotchi o'zi tadqiq qilayotgan parametрни sonli o'lchash imkoniyatiga ega bo'lmaydi. Masalan, insonning nimagadir munosabatini, nimanidir afzal ko'rish darajasi va hakoza. Bu holatlarda o'lchash usullari an'anaviy usullardan farq qiladi va obyektlar sifat xususiyatlarini akslantiruvchi belgilarga son qiymatlarni mos qo'yadigan har qanday usulni o'lchash deb qarash mumkin bo'ladi. Bunda belgilar va ular akslantiruvchi sifatlar o'rtasida o'zaro turg'un bog'liqliklar bo'lishi talab qilinadi. Boshqacha aytganda, sifat xususiyatli obyekt klasterizatsiyasini amalga oshirish uchun shkalalash texnikasi usullaridan foydalanish zarur bo'ladi.

Shkalalash texnikasidan foydalanish jarayonida odatda bir qator bosqichlar ajratiladiki, ularni bajarish sifati klasterlarni ajratish natijalariga bevosita ta'sir qiladi. Birinchi bosqichda nimani o'lchash kerakligiga qat'iy aniqlik kiritish zarur bo'ladi. Keyinchalik amalda qanday o'lchashlar bajarilishi va konkret kim (nima) o'lchanishi kerakligi ko'rsatilishi kerak bo'ladi. Undan keyin ma'lumotlarni to'plash usulini oldindan aniqlab beruvchi o'lchov shkalasining turi tanlanadi. Har qanday o'lchash xatoliklar bilan bog'liq bo'ladi, lekin bu holatda, o'lchov o'ziga xoslikka ega bo'lishi sababli tadqiqotchi tadqiq qilinuvchi parametrdan ayrim tasodifiy cheklanishlarni mustaqil ravishda baholashi va ularni klasterda o'chirib tashlashlari mumkin.

Kuzatuv obyektlari shkalalarning quyidagi turlarida tavsiflanishi mumkin.

1-tur: nominal yoki nomlar shkalasi. Bu tayanch va eng sodda shkala turi hisoblanadi. Uni ishlatganda obyektga faqat identifikatsiya nomeri beriladi. Masalan, sport jamoasidagi o'yinchining nomeri, telefon nomeri va h.k. Bu shkaladagi amallar: $(A=B)$, $(A \neq B)$.

2-tur: tartib shkalasi. Bu shkala turida kuzatuv obyektlarining tartibi yoki rangi aniqlanadi. Ketma-ketlikdagi (o'sish yoki kamayish bo'yicha tartiblangan) yonma-yon keluvchi obyektlar o'rtasidagi masofalar teng bo'lmaydi. Tartiblash natijasiga asoslangan holda 1 va 2-obyektlar xossalari o'rtasidagi masofa, 3 va 4-obyektlari xossalari o'rtasidagi masofaga teng deb aytib bo'lmaydi. Ko'p hollarda shkalaning bu turiga "*idrok shkalasi*" deb nomlashadi. Masalan, vinoning o'n ballik shkaladagi bahosi – eng yoqqan sifatini 10, eng yoqmagani 1 ball. Bu shkaladagi amallar: $(A=B)$, $(A \neq B)$, $(A>B)$, $(A < B)$.

3-tur: interval shkala. Bu yerda, tartib shkalasidan farqli ravishda, faqat kattaliklarning ketma-ket kelish tartibi ahamiyatli bo'lib qolmasdan, ular o'rtasidagi intervallar kattaligi ham ahamiyatlidir. Bu turdagi shkalalar uchun misol: ertalab dengiz suvining harorati +18 darajada, kechqurun +24, ya'ni kechqurundagisi 6 darajaga yuqori, lekin 1.33 marta yuqori deb ayta olmaymiz. Bu shkaladagi amallar: $(A=B)$, $(A \neq B)$, $(A>B)$, $(A < B)$, $(A+B)$, $(A-B)$.

4-tur: nisbiy yoki munosabatlar shkalasi. Interval shkaladan farqli ravishda bu shkalada bir ko'rsatgichning boshqasidan qanchalik kattaligi akslanadi. Nisbiylik shkalasi o'lchanayotgan sifat yo'qligini bildiruvchi nol nuqtaga ega bo'ladi. Masalan, mahsulot narxi. Bu yerda hisob boshlanishi nuqtasi sifatida "*nol*" so'mni olish mumkin. Shuni qayd etish kerakki, amaliyotda o'lchovni bu turdagi shkalaga keltirish har doim ham muvoffaqiyatli bo'lavermaydi. Bu shkaladagi amallar: $(A=B)$, $(A \neq B)$, $(A>B)$, $(A < B)$, $(A+B)$, $(A-B)$, $(A \times B)$, (A/B) .

Odatda boshlang'ich berilganlar uchun ma'lum bir cheklovlar mavjud – mumkin bo'lgan qiymatlar diapazoni (sanab o'tiluvchi ro'yxat). Shu sababli berilganlar bilan ishlashda eng muhim bosqichlardan biri ko'rsatgichlarining (alomatlarining) mumkin bo'lgan qiymatlar sohasini aniqlashdir. Katta hajmdagi berilganlar yoki obyektlar tanlanmasining o'zgaruvchanligi bilan bog'langan muammo mavjudki, unda obyektlarni tavsiflovchi alomatlar to'plami uchun avvaldan mumkin bo'lgan qiymatlarni tayinlash mumkin emas (yoki qiyin).

Baho terminini faqat predmet sohalarning mavjud modellaridagi cheklovlar doirasida qarash ma'noga ega. Shu sababli obrazlarni anglashdagi baholashda mumkin bo'lgan obyekt majburiy atribut hisoblanadi. Odatda boshlang'ich (xom) alomatlarga xos bo'lgan mumkin bo'lgan qiymatlar ro'yxati [1] da keltirilgan.

Alomatlar majmuasi $\{1,2,\dots,n\}$ ko‘rinishida berilgan bo‘lib, har bir i - alomat M_i , $i=1,2,\dots,n$ mumkin bo‘lgan qiymatlar to‘plamiga ega bo‘lsin.

Odatda quyidagi qiymatlar to‘plamiga ega alomatlar qaraladi:

- 1) $M_i^2 = \{0,1\}$ – alomat obyektida bajarilgan yoki bajarilmagan;
- 2) $M_i^k = \{0, 2, \dots, k-1\}$ – alomat bir nechta gradatsiyaga ega, $k>2$;
- 3) $\overline{M}_i^k = \{a_1, \dots, a_k\}$ – alomat, umuman olganda elementlari son bo‘lmagan \overline{M}_i^k to‘plamidan chekli qiymatlarni qabul qiladi, $k>2$;
- 4) $M_i = [a,b], (a,b), [a,b), (a,b), a, b$ – ixtiyoriy sonlar yoki $-\infty, +\infty$ belgilari;
- 5) M_i – haqiqiy sonlar to‘plamidan yanada murakkab tarzda hosil qilingan qandaydir to‘plam ostisi;
- 6) M_i^f – alomat qiymatlari qandaydir sinfga tegishli funksiyalar qiymatlari;
- 7) M_i^μ – alomat qiymatlari qandaydir tasodifiy kattalikning taqsimot funksiyasi.

Alomatlarining mumkin bo‘lgan qiymatlari bilan tavsiflangan S obyekti “*mumkin bo‘lgan obyekt*” deb hisoblanadi.

Umumlashtirish qobiliyatini nuqtayi nazaridan samarali anglash algoritmlarini olish maqsadida boshlang‘ich alomatlarni $x_i \odot x_j$ ($i \neq j$) ko‘rinishidagi kombinatsiya qilish, hamda alomatlarni agregatsiya (umumlashtirish) orqali latent alomatlarni generatsiya qilish bilan alomatlar fazosini qisqartirishga (kattalashtirishga) harakat qilinadi.

Odatda bir toifadagi alomatlarni kombinatsiya qilish mumkin deb hisoblanadi – “*miqdoriy* \odot *miqdoriy*” ($\odot \in \{/, *\}$) yoki “*nominal* \odot *nominal*” ($\odot = \times$).

Latent alomatlar oshkor ravishda o‘lchamga ega bo‘lmasligi sababli boshlang‘ich (xom) alomatlarni kombinatsiyalash bilan bog‘liq muammolar yuzaga keladi:

- miqdoriy latent alomat qiymatini kattalashish (kamayish) tomon keskin o‘zgarishi yuz beradi;
- nominal latent alomatning ayrim qiymatlarining boshlang‘ich tanlanmada bo‘lmasligi;

- nominal va miqdoriy alomatlarni kombinatsiya qilishda mumkin bo'lgan qiymatlar diapazonining (ro'yxatining) yo'qligi.

Aksariyat predmet sohalarda empirik yo'l bilan ko'rsatkichlar kombinatsiya qilinadi (latent alomatlar). Mutaxassislar fikri bo'yicha ular tahlil qilinayotgan jarayon va hodisalar xususiyatlarini yanada aniqroq va to'liq tavsiflab beradi. Bunday ko'rsatkichlarga misol tariqasida tibbiyotdagi tana og'irligining indeksi va sotsiologiyadagi ijtimoiy farovonlik va sh.k. keltirish mumkin.

Masalan, "*Kerdo indeksi*" – nerv tizimining vegetativ faoliyatini baholash uchun ishlatidigan ko'rsatkich bo'lib u quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$Index = 100 * (1 - DAD/Pulse),$$

bu yerda, *DAD* – diastolik arterial bosim (simob ustunida, mm.), *Pulse*– yurak urishi tezligi (bir minutda).

Boshlang'ich (oshkor o'lchanadigan) alomatlarning kombinatsiyasiga boshqa bir misol tariqasida tibbiyot sohasining amaliy masalalaridagi "*inson vazni*"*"*inson bo'yi*" ko'rinishida hosil qilingan ko'rsatkichni keltirish mumkin. Amalda "*inson vazni*" alomatining qiymati 0.5 kg dan 500 kg gacha diapazonda qiymatiga ega, "*inson bo'yi*" esa 30 dan 250 sm gacha bo'ladi. Alohida qaralganda bu qiymatlar mumkin bo'lgan qiymatlardir, lekin ular kombinatsiyasi har doim ham o'rinli emas. Masalan, "*inson bo'yi*" 100 sm va "*inson vazni*" 200 kg teng deb berilganida, ko'paytma ko'rinishidagi ular kombinatsiyasi korrekt (mumkin bo'ladigan) emas. Ushbu misol ayrim ko'rsatkichlar korrektiligini tekshirishga mo'ljallangan nazorat tizimining zaifligi va to'liq emasligini namoyon qiladi.

Ko'rsatkichlarni jamlash yo'li bilan hosil qilingan latent alomatlar sifatida ekspert va reyting baholarni keltirish mumkin. Ballar va reyting baholarni hisoblash usullari alomatlarning qat'iy fiksirlangan to'plamidan foydalanishga mo'ljallangan. Bu qoidaga istisno sifatida [2] da keltirilgan sog'liq indeksini hisoblash usulini keltirish mumkin. Mualliflar obyekt bahosini (salomatlik holatini) informativ alomatlarning individual to'plami bo'yicha aniqlashni taklif etishgan.

Latent alomatlar qiymatlari obyektlarni tavsiflovchi boshlang'ich alomatlarning ko'rsatilgan yoki aniqlangan to'plam ostisini (kombinatsiyasini) son o'qiga chiziqli akslantirish natijasida olinishi mumkin. Bu usul obyektlar tavsifidagi yangi fazoni shakllantirish orqali alomatlar fazosini qisqartirishda ishlatiladi.

Ushbu maqsaddagi usullar sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

- bosh komponentalar usuli (*PSA*)[3];
- Fisher chiziqli diskriminanti [4];
- umumlashagan baholarni hisoblash usullari [5].

Akslantirish natijalari mumkin bo'lgan obyektlar tavsifidagi yangi alomatlar (baholar) deb qaraladi. Alomatlarning chiziqli va chiziqsiz akslantirish "*o'lcham lan'ati*" bilan bog'liq muammoni yechish imkonini beradi. Berilganlardan yashirin qonuniyatlar izlash maqsadida yangi alomatlardan foydalanish usullaridan biri – obyektlar tavsiflarini bir, ikki va uch o'lchamli fazoda vizuallashtirishdir.

Binar munosabatlar. Ikkita cheklangan A va B to'plamlar berilgan bo'lsin. Bu to'plamlarning dekart ko'paytmasi deb, tartiblangan $\{a,b\}$, $a \in A$, $b \in B$ juftliklardan tashkil topgan $A \times B$ to'plamga aytiladi. A va B to'plamlar elementlari o'rtasidagi binar munosabat deb $A \times B$ to'plamning har qanday R to'plam ostisiga ($R \subset A \times B$) aytiladi. Aniqlanishi bo'yicha binar munosabat – bu juftliklar to'plamidir. Agar R – binar munosabat bo'lsa (ya'ni juftliklar to'plami), u holda x va y parametrlari R munosabat bilan bog'langan bo'ladi, agar $\langle x,y \rangle$ juftlik R elementi, ya'ni $\langle x,y \rangle \in R$, "*x va y obyektlarining parametrlari R munosabat bilan bog'langan*" mulohazasi xRy ko'rinishida yoziladi. Shunday qilib, $xRy \leftrightarrow \langle x,y \rangle \in R$. Agar $R = A \times A$ bo'lsa, u holda A to'plamda *binar munosabat* aniqlangan deyiladi.

Binar munosabatlarga misollar:

- butun sonlarning Z to'plamida "*bo'linish*", "*bo'lish*", "*teng*", "*katta*", "*kichik*", "*o'zaro tub*";
- fazodagi to'g'ri chiziqlar uchun "*parallel*", "*o'zaro perpendikular*", "*kesishadi*", "*kesishish joyi*", "*ustma-ust tushadi*";
- aylanalar to'plamida tekisliklar "*kesishadi*", "*urinadi*", "*konsentrik*".

R binar munosabatning *aniqlanish sohasi* deb, hech bo'lmaganda bitta y uchun $\langle x,y \rangle \in R$ o'rinli bo'lgan x elementlardan tashkil topgan to'plamga aytiladi. Binar munosabatning aniqlanish sohasini ΨR orqali belgilaymiz, $\Psi R = \{x / \exists y (\langle x,y \rangle \in R)\}$.

R binar munosabatning *qiymatlar sohasi* deb, hech bo'lmaganda bitta x uchun $\langle x,y \rangle \in R$ o'rinli bo'lgan y elementlardan tashkil topgan

to'plamga aytiladi. Binar munosabatning qiymatlar sohasini ΔR , $\Delta R = \{y | \exists x (<x, y> \in R)\}$ orqali belgilanadi.

R *inversiyasi* (teskari munosabat) – bu $\{<x, y> | <y, x> \in R\}$ to'plami bo'lib, u R^{-1} ko'rinishida yoziladi.

R va S binar munosabatlar *kompozitsiyasi* (*superpozitsiyasi*) – $\{<x, y> \in M | \exists z <x, z> \in R \wedge <z, y> \in S\}$ to'plami bo'lib, $R \circ S$ orqali belgilanadi.

Binar munosabatlar xossalari. Qandaydir M to'plamida aniqlangan R binar munosabati turli xossalarga ega bo'lishi mumkin, masalan:

- refleksivlik: $\forall x \in M (xRx)$;
- antirefleksivlik (irrefleksivlik): $\forall x \in M \neg(xRx)$;
- korefleksivlik: $\forall x, y \in M (xRx \Rightarrow x = y)$;
- simmetriklik: $\forall x, y \in M (xRy \Rightarrow yRx)$;
- antisimmetriklik: $\forall x, y \in M (xRx \wedge yRx \Rightarrow x = y)$;
- asimmetriklik: $\forall x, y \in M (xRy \Rightarrow \neg(yRx))$. Asimmetriklik bir paytni o'zida antirefleksivlik va antisimmetriklik munosabatlariga ekvivalentdir;
- tranzitivlik: $\forall x, y, z \in M (xRy \wedge yRz \Rightarrow xRz)$;
- bog'langanlik: $\forall x, y \in M (x \neq y \vee yRx \wedge yRz \Rightarrow xRz)$.

Munosabatlar sinflariga kiradi:

- refleksiv va tranzitiv munosabatlardan tashkil topuvchi *kvazitartib munosabatlar*;
- refleksiv, simmetrik va tranzitiv munosabatlardan tashkil topuvchi *ekvivalentlik munosabatlari*;
- refleksiv, antisimmetrik va tranzitiv munosabatlardan tashkil topuvchi *qisman tartiblangan munosabatlar*;
- antirefleksiv, antisimmetrik va tranzitiv munosabatlardan tashkil topuvchi *qat'iy tartiblangan munosabatlar*;
- to'liq antisimmetrik (har qanday x, y uchun xRy yoki yRx bajariladi) va tranzitiv munosabatlardan tashkil topuvchi *chiziqli tartiblangan munosabatlar*.

Munosabatlar ustida amallar. Biror munosabatlar ustida xuddi to'plamlar ustida bajariladigan ayrim amallarni bajarish mumkin.

Umumiylikni cheklamagan holda M to'plamda quyidagi amallar bajariladi deb hisoblanad.

Kesishma. Ikkita binar munosabatlar (A va B) kesishmasi, mos to'plam ostilarining kesishmasi bilan aniqlanadigan munosabat bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, $A \cap B$ munosabati faqat ayrim x va y elementlar birinchi va ikkinchi munosabatlari (xAy va xBy) bilan bog'langan holatlarda o'rinli bo'ladi. Masalan, "*kichik emas*" va "*teng emas*" munosabatlari kesishmasi "*katta*" munosabati bo'ladi, ya'ni $xAy \Leftrightarrow x \geq y$, $xBy \Leftrightarrow x \neq y$, u holda $A \cap B \Leftrightarrow x > y$.

Birlashma. Ikkita binar munosabatlar (A va B) birlashmasi, mos to'plam ostilarining birlashmasi bilan aniqlanadigan munosabat bo'ladi. $A \cup B$ munosabati faqat ayrim x va y elementlar hech bo'lmaganda birinchi yoki ikkinchi munosabatlari (xAy yoki xBy) bilan bog'langan holatlarda o'rinli bo'ladi. Masalan, "*katta*" va "*teng*" munosabatlar birlashmasi "*katta yoki teng*" munosabati bo'ladi.

O'z ichiga olish. Ushbu amal $A \subseteq B$ bilan belgilanadi. Birinchi munosabat ikkinchisining ichiga kiradi, agar birinchi munosabat bajariladigan juftliklar, ikkinchi munosabat o'rinli bo'lgan juftliklarning to'plam ostisi bo'lsa. Agar $A \subseteq B$, u holda $A \neq B$. Agar $A \subseteq B$, u holda A munosabat bajariladigan to'plamning ixtiyoriy ikkita elementlari B munosabatlar bilan bog'langan bo'ladi. Ravshanki, ixtiyoriy A munosabat uchun $\emptyset \subseteq A \subseteq U$, bu yerda \emptyset – bo'sh, U esa to'liq munosabat.

Nazorat savollari:

1. Turli toifadagi berilganlar bilan tavsiflangan obyektlar uchun evklid metrikasini qo'llash mumkinmi?
2. Bir vaqtda antirefleksivlik va simmetrik xossalariga javob beruvchi munosabatlar bo'lishi mumkinmi?
3. Predmet soha va mumkin bo'lgan obyekt tushunchalari o'rtasida bog'lanish bormi?
4. Berilganlarda qiymatlarni o'tkazib yuborilishining (aniqlanmasligining) sababi nimada?
5. Obyektlarni tavsiflanishning predmet sohaga tegishligini tekshirish bo'yicha qanday muammolar mavjud?
6. Mumkin bo'lgan latent obyekt tushunchasi mavjudmi?

Adabiyotlar

1. Журавлёв Ю.И. Об алгебраических методах в задачах распознавания и классификации // Распознавание, классификация, прогнозирование. Математические методы и их применение. – М.: Наука, 1989. - Вып.1. – С. 9-16.
2. Ignatev N. A., Mirzaev A. I. The Intelligent Health Index Calculation System // Pattern Recognition and Image Analysis, 2016. Vol. 26, No 1, pp. 73-77.
3. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 608 с.
4. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
5. Игнатъев Н.А., Мадрахимов Ш.Ф. О некоторых способах повышения прозрачности нейронных сетей // Вычислительные технологии.- Новосибирск, 2003. – Т. 8, № 6. – С. 31-37.

2. Qonuniyatlarni taqdim etish shakllari

BIT usullarini qo'llanishdan ko'zlangan asosiy maqsad – u yoki bu predmet sohalari berilganlar bazasi va saqlagichlaridan yashirin qonuniyatlarni izlashdir. Shu sababli qonun va qonuniyat tushunchalarning formal tavsifini berish muhim hisoblanadi.

Qonuniyat tushunchasi qonun tushunchasiga yaqin bo'lib, uni qandaydir *“qonunning kengayishi”* yoki *“murakkab tizimidagi o'zgarishlar yo'nalishni yoki turg'unlik an'anasini ta'minlab beruvchi, mazmunan o'zaro bog'langan qonunlar majmuasi”* deb qarash mumkin.

Y. Juravlev tadqiqotlarida berilgan qonuniyatlarni formal tavsifini qaraylik [1]. Qonuniyat tushunchasi asosida empirik gipoteza tushunchasi yotadi. h gipoteza $\langle W, O, V, T \rangle$ ko'rinishdagi kortej bilan ifodalanadi. Bu yerda:

W – obyektlar to'plami bo'lib, ularga nisbatan gipoteza bildirilgan;

O – kuzatishlar va o'lchov vositalarining chekli to'plami;

V – kuzatishlar natijalarini qaydnomasiga (pr) yozish uchun lug'at yoki belgilarni chekli to'plami;

T – tekshirish algoritmi, pr qaydnomani tahlil qilish asosida quyidagi ikkita qarordan birini beradi: $T(pr)=1$, agar qaralayotgan kuzatish qaydnomasi h gipotezasini tasdiqlansa va $T(pr)=0$, agar qaralayotgan kuzatish qaydnomasi h gipotezasini tasdiqlamasa, ya'ni uni inkor etsa.

Qandaydir gipotezani ilgari surgan paytida quyidagilarni aniq bilish kerak bo'ladi – qanday obyektlar (W) haqida mulohaza qilinmoqda, bu obyektlarning qaysi xossalari bizni qiziqtiradi va ular qanday o'lchanadi (O), kuzatish natijalari qaysi belgilarda (V) – raqamlarda, harflarda va boshqa belgilarda yoziladi, qanday qilib gipotezani *“mustahkamlikka”* tekshirish mumkin, ya'ni qanday qaydnomalarda (pr) gipoteza tasdiqlanadi ($T=1$) va qanday qaydnomalarda u inkor qilinishi mumkin ($T=0$).

Qonuniyat deb $Z=\langle h, Q, P, R, S, B \rangle$ obyektiga aytiladi. Bu yerda:

Q – inkor qiluvchi va tasdiqlovchi qaydnomalar nisbati sifatida aniqlanuvchi gipotezani inkor qilinish potentsiali;

P – gipotezani tasdiqlanish darajasi. Oldin o‘tkazilgan ko‘p sondagi turli tajribalar gipotezani inkor qilmagan bo‘lsa, bu gipotezaga ishonch shunchalik oshadi;

R – gipotezani izohlash darajasi, ya’ni “*bu qanday ro‘y bermoqda?*”, “*nima uchun aynan shunday, boshqacha emas?*” savollariga javoblar tizimi;

S – gipotezaning soddalik darajasi;

B – gipotezani ta’riflashdagi tushuntirib berish va yaqqol ko‘rsatish.

Empirik gipotezalarning yuqorida qayd etilgan xossalariga miqdoriy baho berish hozircha muvoffaqiyat qozonmadi. Shunga qaramasdan, qonuniyatlarni aniqlash jarayoni qat’iy formallashgan deb xulosa qilish mumkin.

Qonuniyatlarni aniqlash deganda, birinchi navbatda obyektlar xossalari o‘rtasidagi doimiy va zarur aloqalarning (bog‘lanishlarning) mavjudlik fakti ko‘zda tutiladi, garchand bu bog‘lanishlar oxirigacha tadqiq qilinmagan bo‘lishi mumkin.

Empirik berilganlar bo‘yicha bog‘lanishlarni tiklash tabiatshunoslikning asosiy masalasidir [1]. O‘zgarmaslar qiymatlarini tiklash orqali prognoz masalasini yechishni ko‘raylik. Ikkita qiymat qabul qiluvchi funksiyalar to‘plami, o‘zgarmaslar to‘plamiga (ya’ni faqat bitta qiymat qabul qiluvchi funksiyalarga) nisbatan rang-barangdir. Funksiya-o‘zgarmaslar tuzilishi sodda va bir qiymatli bo‘lgan holda ikkita qiymat qabul qiluvchi funksiyalar tuzilishi yetarlicha boy va ularni murakkablik darajasi bo‘yicha tartiblashga imkon mavjud. Obrazlarni anglashning o‘rganish masalalarida ikkita masala qo‘yilishi farqlanadi: bevosita funksiyani tiklash va berilgan nuqtalarda funksiya qiymatlarini tiklash. Empirik berilganlar hajmining cheklanganligi sharoitida, qanoatlanarli ravishda funksiyani to‘liq tiklash uchun ma’lumot yetarli bo‘lmagan holda berilgan nuqtalarda funksiyaning k qiymatini tiklash imkoniyati bo‘lishi mumkin. O‘rganish nazariyasidan kelib chiqadigan fundamental tushuncha: “*xato qilmaydigan tizim o‘rganish qobiliyatiga ega emas*” [2].

Hozirda murakkab tuzilishga ega turli predmet sohalarda zamonaviy qaror qabul qilish tizimlarining rivojlanishi berilganlar bazasi va saqlagichlariga ishlov berishning analitik usullarining imkoniyatlarini kuchaytirish yo‘lidan bormoqda. Bu o‘rinda “*berilganlarni qazib olish (data mining)*” deb nomlanuvchi berilganlardan qonuniyatlarni avtomatik izlash usullarini amalga

oshiruvchi “*berilganlar bazasida bilimlarni aniqlash*” tizimlarga muhim rol ajratiladi.

Qonuniyatlarni izlash murakkab masala hisoblanadi, chunki aksariyat holatlarda berilganlar bazasidagi obyektlar turli toifadagi alomatlar bilan tavsiflanadi – nominal, miqdoriy, tartibli va sh.k., ikkinchi tomondan, obyektlar yanada murakkab tuzilishga ega bo‘lishi mumkin – matnlar, tasvirlar yoki signallar. Shu sababli tajriba berilganlari bo‘yicha qonuniyatlarni izlash *NP* to‘liq masala hisoblanadi.

Boshqa tomondan, qonuniyatlarni aniqlashning mumkin bo‘lgan usullari shu darajada ko‘pki, yangi muammo yuzaga keladi: qanday qilib izlanishlar fazosini qisqartirish kerak?

Qiyin formallashtiruvchi muammoli sohalarda qonuniyatlar (yangi bilimlar) yashiringan, chunki ular obyektlar (alomatlari) xossalari to‘plam ostilari bo‘yicha munosabatlar natijasidir. Masalan, individ (obyekt) kasalligining og‘irlik darajasini baholash gipotetik ravishda uni simptomlar, sindromlarning individual to‘plami bo‘yicha odamlar (kasal, sog‘lom) guruhlari (sinflari) bilan solishtirish orqali topiladi. Metodika nuqtayi nazardan bu baholarni, alomatlarni o‘lchash uchun foydalanilayotgan masshtablarga bog‘liqmas bir qiymatli izohlash zarur bo‘ladi.

Strukturalashmagan tadbiqiy sohalarning real tajriba berilganlarida odatda:

- taqsimot qonunlari va parametrlari haqida ma’lumot mavjud emas;
- ular uchun tanlanmaning ifodalash darajasi haqida hech nima ma’lum emas;
- ular bir jinsli emas va turli toifada;
- ularda to‘ldirilmagan (bo‘sh), xato, shovqinli va informativ bo‘lmagan alomatlar;
- ular yuqori o‘lchamli alomatlar fazosi bilan farqlanadi.

Shu sababli bu o‘rinda aniq usullarni qo‘llash maqsadga muvofiq emas.

Yuqorida qayd qilingan sabablarga ko‘ra strukturalashtirilmagan bilimlar sohalari bo‘yicha tajriba berilganlarining murakkab tuzilishini tahlil qilish, hamda bilimlar bazasini shakllantirish va

optimallashtirish muammolarini yechuvchi intellektual tizimlarni yaratish hozirgacha dolzarbdir [3-5].

Turli toifadagi alomatlar bilan tavsiflanuvchi berilganlar bazasidan (obyektlar tanlanmasidan) yashirin qonuniyatlarni aniqlash uchun umumlashgan baholarni hisoblash algoritmlaridan foydalanish mumkin. Baholar – bu turli toifadagi alomatlar fazosi yoki uning qismidagi obyektlar tavsifini ma'lum bir mezon bo'yicha optimal ravishda son o'qiga akslanishidir. Bunda obyektlar o'rtasidagi munosabatlar son o'qidagi yoki tekislikdagi obyektlar o'rtasidagi munosabatlarga o'tadi.

Baholar turli toifadagi alomatlarni klasterlash vositasi sifatida foydalaniladi. Baholar qiymatlari o'lchov shkalalariga nisbatan invariant hisoblanadi.

Qo'llanmada umumlashgan baholarni hisoblashga asoslangan holda qaror qabul qilish jarayonini tushuntirib beruvchi berilganlar bazasidan yashirin qonuniyatlarni izlash uslubiyati [3-7]larda tavsiflangan. Ushbu uslubiyat chegarasida ekspertlar qo'yilgan masalaga nisbatan o'z gipotezasini tekshirish imkoniyatiga ega bo'ladi. Tekshirish natijasi bo'yicha ular aniqlangan (topilgan) bilimlarni lingvistik qoidalar, ayrim hollardan aniq formula ko'rinishida shakllantirishi mumkin.

Mantiqiy ifodalar shaklida tavsiflanuvchi qonuniyatlar alohida ahamiyatlidir. Klassifikatsiya masalalaridagi *mantiqiy qonuniyat* – yengil izohlanuvchi qoida (*rule*) bo'lib, o'rgatuvchi tanlanmadan qandaydir sinfning yetarlicha ko'p obyektlarni ajratadi va boshqa sinflar obyektlarini deyarli ajratmaydi. Mantiqiy qonuniyatlar qoidalar induksiya (*rule induction*) algoritmlari deb nomlanuvchi mantiqiy klassifikatsiya algoritmlarining keng sinfi uchun elementar “*qurilish bloklari*” hisoblanadi. Mantiqiy qonuniyatlar qoidalar (*rules*) deb nomlanadi. Tanlanma bo'yicha qoidalarni izlash jarayoniga berilganlardan “*bilimlarni ajratib olish (knowledge discovery)*” deb nomlanadi. Bilimlarga alohida talab qo'yiladi – ular izohlanuvchi, ya'ni odamlarga tushunarli bo'lishi kerak. Amalda qonuniyatlarni aksariyat holatlarda elementar mulohazalar soni ko'p bo'lmagan konyuksiya ko'rinishida izlanadi. Odatda, odamlar o'z turmushidagi va kasbiy mahorati bilan bog'liq qonuniyatlarni aynan shunday shaklda ifodalashga ko'nikishgan. Shaklni tanlash konkret masala xususiyati bilan aniqlanadi. Umumiy holda shaklga izohlanish va

samarali izlash talabi qo'yiladi. Masalan, yarim tekislik shaklidagi qonuniyatlardan foydalanishda gipertekislikni ajratuvchi vektor α normasi va α_0 siljishi parametrlar hisoblanadi. Informativlikni maksimumlash masalasi α va α_0 qiymatlarini shunday tanlash masalasiga keltiriladiki, natijada gipertekislikning bir tomonida asosan bitta sinf obyektlarining yotishini ta'minlashi talab qilinadi.

Chegaraviy shartlar konyuksiyalarning parametrik oilasi

$$\varphi(x) = \bigcap_{j \in J} [\alpha_j \leq f_j(x) \leq \beta_j]$$

ko'rinishida aniqlanadi.

Izohlanuvchanlik talablari:

- 1) φ kam sonidagi alomatlarga bog'liq bo'lishi;
- 2) φ formulasini tabiiy tilda ifodalash mumkin bo'lsin.

Misol (tibbiyot sohasidan). Jarrohlik amaliyotini qo'llash maqsadga muvofiq yoki yo'qligi to'g'risidagi savol hal qilinayotgan bo'lsin. Qonuniyat: "AGAR bemor yoshi 60 katta VA bemor oldin infarktni boshidan kechirgan bo'lsa, U HOLDA jarrohlik amali qilinmasin, salbiy oqibat xatari 60%".

Misol (bank faoliyati sohasidan). Kredit berish masalasi hal qilinayotgan bo'lsin. Qonuniyat: "AGAR anketada uy telefoni ko'rsatilgan bo'lsa VA maoshi 2000000 so'mdan katta bo'lsa, kredit 50000000 so'mdan oshmasa, U HOLDA kredit berish mumkin, qarzni qaytarmaslik xavfi 2%".

Sindrom qoidalarining parametrik oila:

$$\varphi(x) = \left[\sum_{j \in J} [\alpha_j \leq f_j(x) \leq \beta_j] \geq K \right].$$

$$\text{Sharlar parametrik oilasi: } \varphi(x) = \left[\sum_{j \in J} |\alpha_j f_j(x) - f_j(x_0)|^\gamma \leq R^\gamma \right].$$

$$\text{Yarim tekisliklar parametrik oilasi: } \varphi(x) = \left[\sum_{j \in J} \alpha_j f_j(x) \geq \alpha_0 \right].$$

Qo'yilgan masala uchun α_0 siljish qiymatini tanlashning o'ziga xos usuli [6] maqolada taklif qilingan bo'lib, unda miqdoriy (boshlang'ich va latent) alomatlarni o'zaro kesishmaydigan intervallarga bo'lish mezonini asoslanadi.

Informativlik muammosi alohida masala ko'rinishida qaraladi.

To'rtta kattalikni kiritaylik:

1) $P_y = \sum_{i=1}^m [y_i = y] - E_0 = (y_1, \dots, y_m)$ – tanlanmaning ma'qullaydigan obyektlar miqdori;

2) $N_y = \sum_{i=1}^m [y_i \neq y] - E_0 = (y_1, \dots, y_m)$ – tanlanmaning inkor etuvchi obyektlar miqdori;

3) $p_y(\varphi) = \sum_{i=1}^m [\varphi(x_i) = 1][y_i = y]$ – ϕ qoidalar bilan ajratilgan ma'qullaydigan obyektlar miqdori;

4) $n_y(\varphi) = \sum_{i=1}^m [\varphi(x_i) = 1][y_i \neq y]$ – ϕ qoidalar bilan ajratilgan inkor etuvchi obyektlar miqdori;

Intuitiv ravishda aytish mumkinki, $\varphi(x)$ informativ bo'ladi, agar bir vaqtning o'zida $p_y(\varphi) \rightarrow \max$ va $n_y(\varphi) \rightarrow \min$ bajarilsa. Bu intuitiv talabni formallashtirish oson emas. Tanlanmadagi predikatning informativligini $I(p_y(\varphi), n_y(\varphi))$ funksiyasi sifatida aniqlashga qilingan "sodda" harakatlar adekvat bo'lmagan natijalarga olib kelishini misollarda ko'rsatish mumkin.

Informativlikning bir qancha turdagi formal tavsiflashlari mavjud, shu jumladan, mantiqiy, statistik, entropiyali tavsiflarni ko'rsatish mumkin.

Nazorat savollari:

1. Paralleliped ko'rinishidagi mantiqiy qonuniyat qanday aniqlanadi?
2. Gipershar ko'rinishidagi mantiqiy qonuniyat qanday aniqlanadi?
3. Yarim tekislik ko'rinishidagi mantiqiy qonuniyat qanday aniqlanadi?
4. Binar munosabatlarda simmetriya va tranzitivlik munosabati qanday aniqlanadi?
5. "Yolg'on qonuniyat" deb nimaga aytiladi?

Adabiyotlar

1. Журавлев Ю.И. Об алгебраических методах в задачах распознавания и классификации // Распознавание, классификация, прогнозирование. Математические методы и их применение. – М.: Наука, 1989. Вып.1. С. 9-16.

2. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. – М.: Наука, 1979. – 447 с.

3. Игнатъев Н.А. Обобщенные оценки и локальные метрики объектов в интеллектуальном анализе данных. Монография. – Ташкент: Издательство «Университет», 2014. – 72 с.

4. Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Янковская А.Е. Анализ структуры многомерных данных методом локальной геометрии // Известия Томского политехнического университета, 2003. – Т. 306. № 3. – С. 19-24.

5. Марухина О.В., Мокина Е.Е., Берестнева Е.В. Применение методов data mining для выявления скрытых закономерностей в задачах анализа медицинских данных // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 4. – С. 107-113.

6. Берестнева О.Г., Пеккер Я.С. Выявление скрытых закономерностей в сложных системах // Известия Томского политехнического университета, 2009. – Т. 315, № 5: Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 138-143.

7. Игнатъев Н.А., Нуржонов Ш.Ю. Выбор параметров регуляризации для повышения обобщающей способности дискриминантных функций // Ўзбекистон Республикаси Қуролли Кучлари академияси хабарлари. № 1(14). 1-қисм. – Т., 2014. – Б. 81-87.

3. Alomatlar vaznlari va hissalari

Alomatlar vaznlari. Alomatlar vaznlari quyidagi maqsadlarda ishlatiladi:

- obyektlar o‘rtasida yaqinlik o‘lchamini hisoblash uchun;
- informativ alomatlarni tanlash va tartiblashda;
- intuitiv qaror qabul qilish jarayonini modellashtirish uchun qonuniyatlarni izlashda;
- alomatlar fazosini qisqartirish maqsadida umumlashgan baholarni (latent alomatlarni) hisoblashda.

Vaznlarni hisoblash usullari o‘qituvchi bilan va o‘qituvchisiz anglash masalalarini yechishga qaratilgandir. Ma’lumki, barcha e’tirof etuvchi sinflarga ajratish usullari mavjud emas. Shu sababli hisoblash jarayonida shartli va shartsiz optimizatsiya algoritmlari ishlatilishi mumkin. Mazmuni bo‘yicha “*alomat vazni*” va “*alomat hissasi*” terminlari o‘rtasida qat’iy farqlanish yo‘q. Alomatning vazni va hissasini hisoblash uchun ishlatiladigan mezonlarning mohiyati kompaktlik gipotezasini rostligini tekshirishga asoslangan. Vaznlarni hisoblash shartli va shartsiz optimizatsiya masalalarini yechish shaklida qo‘yilishi mumkin.

Vaznlarni hisoblash va alomatlar dispersiyasi. Ikkita obyektlarni taqqoslash jarayonida alomatlarni ketma-ket solishtirishda kichik qiymatlar o‘lchamidagi alomatlarga kichik vaznlarni berish lozim bo‘ladi. Alomatlarga vaznlarni tayinlashni, yangi alomatlar fazosida obyektlarni tasvirlovchi nuqtalarning eng maqbul guruhlanishini ta’minlab beruvchi chiziqli almashtirishlar orqali amalga oshirish mumkin. Berilgan a va b obrazlar vektorlarini qaraylik. Ular W almashtirishdan keyin mos ravishda a^* va b^* vektorlar ko‘rinishiga o‘tgan bo‘lsin. U holda $a^*=Wa$ va $b^*=Wb$ bo‘ladi, bu yerda W matritsa

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdot & \cdot & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdot & \cdot & w_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdot & \cdot & w_{nn} \end{pmatrix}$$

ko‘rinishga ega bo‘lib, w_{kj} – mazmuni bo‘yicha vazn koeffitsiyentlari hisoblanadi.

Chiziqli almashtirish koordinata o‘qlarining masshtab koeffitsientlarini o‘zgarishiga olib keladigan holatlarda W diagonal matritsa bo‘ladi, ya’ni uning nol bo‘lmagan elementlari faqat bosh diagonalda joylashadi.

Quyidagi ifoda orqali k alomat bo‘yicha aralashmagan dispersiya hisoblanadi.

$$(\sigma_k)^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (a_k^i - \bar{a}_k^i)^2, \quad \bar{a}_k^i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_k^i.$$

W matritsa koeffitsiyentlariga nisbatan qo‘yilgan shartlarni inobatga olgan holda m obyektlar uchun ichki masofa

$$\overline{D^2} = 2 \sum_{k=1}^n (w_{kk} \sigma_k)^2$$

orqali aniqlanadi.

Bunda $\sum_{k=1}^n w_{kk} = 1$ cheklovida $\overline{D^2}$ minimizatsiyalash masalasi

$$T_1 = 2 \sum_{k=1}^n (w_{kk} \sigma_k)^2 - \rho \left(\sum_{k=1}^n w_{kk} - 1 \right)$$

kattalikni minimizatsiyalash bilan ekvivalentdir. Yechim $\rho = \frac{4}{\sum_{k=1}^n \sigma_k^{-2}}$

ko‘rinishidagi Lagranj ko‘paytmasi va $w_{kk} = \frac{1}{\sigma_k^2 \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_k^2} \right)}$ orqali

hisoblanadigan alomatning vazn koeffitsiyenti bo‘ladi.

Sinflarga ajralangan tanlanma obyektlarini kompaktlash.
Berilgan R^n alomatlar fazosida tavsiflangan o‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga ajratilgan obyektlarning o‘rgatuvchi $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ to‘plamida

$$J(w) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \theta_i}{\sum_{i=1}^n w_i \gamma_i} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

funksional kiritilgan bo'lsin. Undagi θ_i , γ_i – i alomat bo'yicha mos ravishda sinf ichidagi o'xshashlik va sinflar o'rtasidagi farqlanish o'lchamidir, w_i , $i=1, \dots, n$ alomatlar vaznlarining qiymatlari alomatlar fazosini koordinatalarini siqish (cho'zish) koeffitsiyentlari sifatida izohlanadi va ularning qiymatlari (3.1) funksionalda

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0 : w_i = \begin{cases} \frac{\gamma_i - \theta_i}{\sum_{\{j|\gamma_j - \theta_j > 0\}} \gamma_j - \theta_j}, & \gamma_i - \theta_i > 0 \\ 0, & \gamma_i - \theta_i \leq 0. \end{cases} \quad (3.2)$$

cheklovi bilan

$$F(w, \lambda) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \theta_i}{\sum_{i=1}^n w_i \gamma_i} + \lambda \left(\sum_{i=1}^n w_i - 1 \right)$$

ko'rinishidagi Lagranj funksiyasi orqali hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan $\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$ cheklovi bilan (3.2) hisoblash jarayonini alomatlarning $H(r) = (x_1, \dots, x_r), 2 \leq r \leq n$ – informativ to'plam ostisini yo'naltirilgan tanlashi bilan birgalikda olib borish mumkin.

Teorema. $H(r)$ to'plam ostisidan o'chirishga nomzod sifatida $x_i \in H(r)$ alomatni tanlashning zarur va yetarli sharti

$$\frac{\theta_j}{\gamma_j} - \frac{\sum_{x_i \in H(r)} w_i \theta_i}{\sum_{x_i \in H(r)} w_i \gamma_i} = \max_{H(r)}.$$

Usulning afzalligi: Vaznlarga $\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$ shartning qo'yilishi informativ alomatlarni yo'naltirilgan holda tanlash imkonini beradi.

Usulning kamchiligi: Sinf ichidagi o'xshashlik $\{\theta_i\}$ va sinflar o'rtasidagi farqlanishni $\{\gamma_i\}$ hisoblash usulini tanlash bo'yicha qat'iy asoslangan tavsiyaning yo'qligidir.

Nominal alomatlar vaznlari. Tanlanma sinflarga bo'linmagan bo'lsa, nominal alomatlar tahlili odatda alohida gradatsiyalarning

chastotalari hamda alomatlar juftliklari bo'yicha ularning birgalikda uchrash chastotalari bilan cheklanadi.

Berilgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanmaning $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ alomatlar fazosida o'zaro kesishmaydigan K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan holatlarida c – nominal alomatning w_c vazni sinf ichidagi o'xshashlik

$$\lambda_c = \sum_{t=1}^l \sum_{S_i, S_d \in K_t} \begin{cases} 1, & x_{ic} = x_{dc}; \\ 0, & x_{ic} \neq x_{dc} \end{cases}$$

va sinflar o'rtasidagi farqlanish

$$\beta_c = \sum_{t=1}^l \sum_{S_i \in K_t, S_d \in CK_t} \begin{cases} 1, & x_{ic} \neq x_{dc}; \\ 0, & x_{ic} = x_{dc} \end{cases}$$

orqali

$$w_c = \left(\frac{\lambda_c}{\lambda_{\max}} \right) \left(\frac{\beta_c}{\beta_{\max}} \right), \quad (3.3)$$

ko'rinishida hisoblanadi. Bu yerda

$$\lambda_{\max} = \sum_{t=1}^l |K_t| (|K_t| - 1), \quad \beta_{\max} = \sum_{t=1}^l |K_t| (m - |K_t|).$$

Berilganlarga dastlabki ishlov berishdan foydalangan holda (3.3) bo'yicha λ_c va β_c qiymatlarini hisoblash murakkabligini sezilarli darajada soddalashtirish mumkin. Aytaylik, p – gradatsiyalar soni, $g_{dc}^t - K_t$ sinf obyektlarini tavsifidagi c -alomatning t -gradatsiyalari soni ($1 \leq t \leq p$). U holda

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^l \sum_{t=1}^p g_{ic}^t (g_{ic}^t - 1), \quad \beta_c = \sum_{i=1}^l \sum_{t=1}^p \begin{cases} g_{ic}^t (|CK_i| - b_{ic}^t), & g_{ic}^t \neq 0 \\ b_{ic}^t |K_t|, & g_{ic}^t = 0, \end{cases} \quad (3.4)$$

bu yerda $b_{ic}^t - K_t$ sinf to'ldiruvchisi CK_t sinfdagi c -alomatning t -gradatsiyasi soni.

Miqdoriy alomat vaznlari. Aytaylik,

$$\eta_{i_1}, \eta_{i_2}, \dots, \eta_{i_m} \quad (3.5)$$

tartiblangan $\{\eta_i\}_1^m$ ketma-ketlik va $u_1^1, \dots, u_1^l, \dots, u_l^1, \dots, u_l^l$ – butun sonlar majmuasi bo'lib, undagi u_i^p – (3.5) formuladagi tartib nomeri $a_{t-1} + 1$ dan a_t oralig'ida bo'lgan K_p obyektlarining tavsifidagi q -alomatning qiymatlari soni.

Ma'lumki, nominal shkalaga o'tilganda sinflarning eng yaxshi ajralishi har bir sinf ichida nominal alomat qiymati bir xil va boshqa sinflardagi qiymatlar bilan mos tushmaydi, alomatning gradatsiyalari soni sinflar soniga teng bo'lganda ro'y beradi.

Miqdoriy alomatning (3.5) bo'yicha tartib nomerlari $a_{t-1} + 1$ va a_t oralig'idagi bo'lgan obyektlar tavsifidagi barcha qiymatlari

$$\left(\frac{\sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^l (u_i^p - 1) u_i^p}{\sum_{i=1}^l |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^l u_i^p \left(m - |K_i| - \sum_{j=1}^l u_j^p + u_i^p \right)}{\sum_{i=1}^l |K_i| (m - |K_i|)} \right) \rightarrow \max_{\{A\}} \quad (3.6)$$

kriteriyasi bo'yicha o'lchov shkalasining nominal shkalasida ekvivalent hisoblanadi. Kriteriyaning maksimum qiymatini miqdoriy alomatning $[0,1]$ oralig'ida mumkin bo'lgan qiymatlar to'plamiga ega bo'lgan w_q vazni deb qarash mumkin.

Yuqorida keltirilgan (3.6) kriteriya yordamida intuitiv qaror qabul qilish jarayonini modellashtirish uchun latent (oshkor ravishda o'lchash mumkin bo'lmagan) alomatlarni tanlashni amalga oshirish mumkin. Amalda bu maqsadda alomatlarning $x_i x_j$ va $x_i x_j^{-1}, i \neq j$ ko'rinishdagi juftlik kombinatsiyalari nisbatan ko'p ishlatiladi.

Turli toifadagi alomatlar hissalari. O'zaro kesishmaydigan $K_1, \dots, K_l, l > 2, E_0 = \bigcup_{i=1}^l K_i$, sinflar obyektlarini tavsiflashda interval va nominal shkalalarda qiymatlarga ega alomatlar ishlatiladi. Berilganlar o'tkazib yuborilgan (to'ldirilmagan, bo'sh) bo'lishi mumkin deb hisoblanadi. Hissalarni hisoblashda alomatlarni yagona (nominal) shkalada tasavvur qilish talab qilinadi. Bunday tasavvur uchun miqdoriy alomatlarni (3.6) bo'yicha ikkita intervalga ajratish ma'qul variant hisoblanadi.

Nominal p alomatning hissasi λ_p quyidagicha hisoblanadi

$$\lambda_p = \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{u_p} z_{pj}^i (z_{pj}^i - 1)}{\sum_{i=1}^l g_{ip} (g_{ip} - 1)} - \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{u_p} z_{pj}^i \overline{z_{pj}^i}}{\sum_{i=1}^l g_{ip} \overline{g_{ip}}}, \quad (3.7)$$

bu yerda $z_{pj}^i, \overline{z_{pj}^i}$ – mos ravishda K_i va uning $CK_i = E_0 \setminus K_i$ to‘ldiruvchisidagi p alomatning j -gradatsiyasi qiymatlari, u_p – p -alomat gradatsiyalari soni, g_{ip} – p -alomatning K_i sinf obyektlari tavsifidagi p -alomatning o‘tkazib yuborilmagan (bo‘sh bo‘lmagan) qiymatlarining soni.

Atroflar tizimini berish. O‘rgatuvchi tanlanma tuzilmasining bir jinsli emasligini, obyektlar o‘rtasidagi yaqinlik o‘lchamiga asoslangan lokal kompaktlik ko‘rsatkichi yordamida tahlil qilish mumkin. Bu ko‘rsatkichlar qiymatlarini interpretatsiya qilish, qo‘llanilayotgan alomatlarni o‘lchash masshtabiga bog‘liq bo‘ladi.

Yuqorida tavsiflangan, o‘zaro kesishmaydigan K_1, \dots, K_l sinflar uchun standart anglash masalasi qaraladi. O‘lchov masshtablariga invariant yaqinlik o‘lchamlarini hisoblashda har bir miqdoriy alomat bo‘yicha mumkin bo‘lgan obyekt atrofini aniqlab beradigan ε -bo‘lag‘a qiymatidan foydalanish taklif etiladi. ε_i -bo‘lag‘a qiymatini izlash

$$U_i + Q_i \rightarrow \max$$

ko‘rinishidagi funksional yordamida amalga oshiriladi. Bu yerda

$$U_i - S_a \in K_j, \quad j=1, \dots, l, \quad a, b \in \{1, \dots, m\}$$

$$(S_a = (x_{ai}, \dots, x_{an}), S_b = (x_{bi}, \dots, x_{bn})) \text{ obyektlar uchun } |x_{ai} - x_{bi}| \leq \varepsilon_i$$

$$\text{tengsizlik bajariladiganlar miqdori va } Q_i - S_a \in K_j, S_b \notin K_j$$

$$\text{obyektlari ichida } |x_{ai} - x_{bi}| > \varepsilon_i \text{ tengsizlikni qanoatlantiruvchilar soni.}$$

Tanlanma quyida keltirilgan berilganlarga dastlabki ishlov berish orqali funksionalning optimal qiymati topiladi.

$$\text{Ikkita } C = (c_1, \dots, c_t) \text{ va } G = (g_1, \dots, g_t), \quad t = \frac{m(m-1)}{2} \text{ sonlar vektori}$$

shakllantiriladiki, bunda $c_i \in C$ qiymati $S_u \in K_d$ va $S_v \in K_r$ obyektlarning miqdoriy alomatlari o‘rtasidagi absolut farqlanishga

$$\text{teng, } g_i = \begin{cases} 1, & d = r, \\ -1, & d \neq r \end{cases}. \text{ Har ikkala } c_i, c_j \in C \text{ va } g_i, g_j \in G$$

vektorlarning elementlari sinxron ravishda o‘rin almashtirilsinki, natijada C vektor o‘smaydigan holda tartiblanib qolsin. Bu yerda ε_i -

chegaraning optimal qiymati $\sum_{i=1}^p g_i = \max$, $p < t$ shartni qanoatlantiruvchi $c_p \in C$ elementi bo'yicha aniqlanadi.

Tarkibida 500 va undan ortiq obyektlari bo'lgan tanlovlarda obyekt atrofini, keyinchalik informativ alomatlar to'plam ostisini topish uchun bu usulni amalda qo'llab bo'lmaydi.

Xulosa qilib, shuni qayd qilish mumkinki, sinf ichidagi o'xshashlik va sinflar o'rtasidagi farqlanish qiymatlari vaznlarni hisoblashda ko'paytma ko'rinishida, hissalarini hisoblashda farqlanish ko'rinishida ishlatiladi. Hissa qiymatlari manfiy bo'lishi mumkin, alomat vaznlari 0 yoki undan katta bo'lishi mumkin. Hissalar qiymatlari (3.3) va (3.6) orqali hisoblangan hissalaridan katta bo'lmaydi, (3.7) bilan nominal va miqdoriy alomatlar kombinatsiyasidan hissalarini hisoblash mumkin.

Nazorat savollari:

1. Nominal alomatlar vaznlarini hisoblash mumkinmi?
2. Miqdoriy va nominal alomatlar hissalarini hisoblashning yagona usuli bormi?
3. Berilgan cheklovlarda alomatlar vaznlari qiymatlarini hisoblash usullar bormi, agar bor bo'lsa, misollar keltiring.
4. Alomatlar vaznlarini hisoblashning, ularning hissalarini hisoblashdan farqi nimada?
5. Latent (oshkor ravishda o'lchanmaydigan) alomatlar vaznlarini hisoblash mumkinmi?

Adabiyotlar

1. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
2. Игнатьев Н. А. Выбор минимальной конфигурации нейронных сетей // Вычислительные технологии. – Новосибирск, 2001. – Т.6. №1. – С. 23 -28.
3. Игнатьев Н.А. Синтез факторов в искусственных нейронных сетях // Вычислительные технологии. – Новосибирск, 2005. – Т.10. №3. – С. 32-38.

4. Berilganlar intellektual tahlilida interval usullar

Aksariyat holatlarda yaxshi shartlanmagan predmet sohalarga tegishli berilganlar bazalaridan yangi bilimlarni (yashirin qonuniyatlarni) olishga yo'naltirilgan modellarni yaratishda sonli alomatlar qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlarini intervallarga bo'lish texnologiyasidan keng foydalaniladi. Bo'lishda statistik va deterministik usullar qo'llaniladi.

Statistik usullar. Statistik usullar odatda berilganlarni dastlabki tahlil qilishda ishlatiladi. Sonli shkalalardagi o'lchashlar natijalari (berilganlar) intervallarga ajratish nuqtayi nazaridan quyidagilarga ajraladi:

- tanlanma obyektlarining sinflarga ajratilishi aniqlanmagan;
- tanlanma obyektlari aniq sinflarga ajratilgan.

Birinchi hol bo'yicha an'anaviy usullar sirasiga gistogrammalar, detsil va protsentil taqsimotlardan foydalanish kabi usullar kiradi. Bunda qaralayotgan alomatlarning qiymatlari to'plami $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ uzunligi

$$h = \frac{\max_{x_i \in X} x_i - \min_{x_i \in X} x_i}{k}$$

bo'lgan k ta intervalga ajratiladi. Detsil va protsentil taqsimotlar uchun intervallar soni mos ravishda $k=10$ va $k=100$ kabi aniqlanadi.

Sinflarga ajratish V.N.Vapnik[1] tomonidan ishlab chiqilgan, qo'llanilishi taqsimot qonuniyati va intervallar soniga asoslangan usul bilan amalga oshirish mumkin. Mazkur usul evristik usul bo'lib, intervallarga ajratishda obyektning u yoki bu entropiya sinfiga tegishliligi hisobga olinadi, ayrim holatlarda obyektlarni sinflarga bo'linmasligiga ham yo'l qo'yilishi mumkin.

X.X.Breyman [2] va boshqalar tomonidan ishlab chiqilgan va ajratish mezoniga asoslangan va CART algoritmi asosida amalga oshirilgan usul "*Gini indeksi*" deb ataladi. Mazkur indeks yordamida sinflar orasidagi masofalar asosida alomat (atribut) tanlanadi. Agar n ta sinflarga tegishli misollarni o'z ichiga oluvchi T to'plam berilgan bo'lsa, Gini indeksi, ya'ni $gini(T)$, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$gini(T) = 1 - \sum_{j=1}^n p_j^2,$$

bunda p_j – j - sinf ehtimoli.

Statistik usullarning afzalligi: qarorlar daraxtlari bilimlarni ajratishda intervallar chegaralaridan foydalanishga asoslangan eng ko‘p qo‘llaniladigan algoritmlardan hisoblanadi. Bilimlar elementar konyuksiyalardan tashkil topgan mantiqiy ifodalar ko‘rinishida bo‘ladi. Mazkur usullardan boshqa berilganlar bo‘lmagan hollarda berilganlarni dastlabki tahlil qilishda foydalanish maqsadga muvofiq.

Statistik usullarning kamchiliklari: agar xulosalar qoidalari o‘zaro bog‘liq bo‘lmagan alomatlarga asoslangan bo‘lsa, qarorlar daraxti asosida nisbatan maqbul yechimlar olish mumkin. Aksincha, berilganlar bazalaridan yaxlit bilim emas, balki uning ayrim bo‘laklarini olish mumkin [3]. Bunda olingan natijalar berilganlarning yuzakiligini, hamda ularning ishonchligi odatda past darajaligi qayd etiladi.

Intervallarga ajratishning deterministik usullari. Deterministik mezonlar asosida sonli alomatlarning (berilgan, latent) o‘zaro kesishmaydigan intervallarga ajratishning ikki usuli ma’lum [4,5]. Mazkur usullar algoritmlari o‘lchov masshtablariga invariant va quyidagi hollar uchun ishlatiladi:

- intuitiv qaror qabul qilish jarayonini modellashtirishda berilganlar bazasidan latent (oshkor tarzda o‘lchash mumkin bo‘lmagan) alomatlarni qidirishda;
- sonli alomatlardan nominal alomatlarni shakllantirishdagi yo‘qotiladigan axborotning minimal bo‘lishini ta’minlashda;
- turli toifadagi alomatlardan informativ to‘plamlarni tanlashda.

Mezonlar talqini. Ikki o‘zaro kesishmaydigan K_1, K_2 sinflarga ajratilgan obyektlarning mumkin bo‘lgan to‘plami $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ berilgan bo‘lsin. Har bir obyekt n ta turli toifadagi alomatlar $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ asosida tavsiflanadi, δ ($\delta > 0$) tasi interval shkalada, qolgan, $n - \delta$ tasi nominal shkalalarda o‘lchanadi. $X(n)$ dan olingan alomatlar $Y(\mu) = (y_1, \dots, y_\mu)$ sonli alomatlarga akslantiruvchi operator mavjud bo‘lsin va uning elementlari ichida $X(n)$ dan olingan δ sondagi latent alomatlar bor bo‘lsin. Latent (sonli) alomatlarga misol

tariqasida $x_i x_j, x_i x_j^{-1}$ kombinatsiyalar, hamda sonli va nominal alomatlardan olingan umumlashgan ko'rsatkichlarni ko'rsatib o'tish mumkin [5].

E_0 tanlanmadagi $Y(\mu)$ to'plam ostisidan olingan alomatlar qiymatlarini kesishmaydigan intervallarga ajratishning ikki mezonini aniqlangan bo'lsin. Birinchi mezon sinflar soniga teng intervallar soniga amal qilishga asoslangan. Biz qarayotgan holda bu son ikkiga teng.

Har bir $y_j \in Y(\mu)$ alomatning mezonga mos optimal ajratish quyidagicha amalga oshiriladi. Alomatning tartiblangan qiymatlar to'plami ikkita $[c_0, c_1][c_1, c_2]$ intervalga ajratiladi, bu yerda $c_0 = \min_{S_v \in E_0} y_{vj}$ va $c_2 = \max_{S_v \in E_0} y_{vj}, (S_v = (y_{v1}, \dots, y_{v\mu}))$. Intervalning c_2 chegarasining qiymatlarini hisoblash quyidagi gipoteza, ya'ni har bir interval obyektlar alomatlari qiymatlarining K_t yoki $K_{3-t} (t=1,2)$ sinfdan olinganiga asoslanadi.

Faraz qilaylik, $u_1^1, u_1^2(u_2^1, u_2^2) - y_j \in Y(\mu)$ alomatning $K_1(K_2)$ sinflarga $[c_0, c_1]$ va $(c_1, c_2]$ intervallarga tegishli qiymatlari soni bo'lsin. $A = (a_0, a_1, a_2), a_0 = 1, a_2 = m, a_1 = E_0$ tanlanmadan olingan $y_j \in Y(\mu)$ alomat qiymatlarining o'sib borish tartibida tartiblangan va interval chegarasini $c_1 = r_{a_1}, m_t = |K_t \cap E_0|, t=1,2$, aniqlovchi ketma-ketlik bo'lsin.

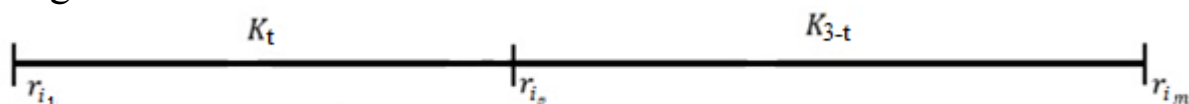
Quyidagi

$$\left(\frac{\sum_{p=1}^2 u_1^p (m - m_t - u_2^p) + u_2^p (m_t - u_1^p)}{2m_1 m_2} \right) \left(\frac{\sum_{p=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^p (u_i^p - 1)}{m_1 (m_1 - 1) + m_2 (m_2 - 1)} \right) \rightarrow \max_{\{A\}} \quad (4.1)$$

mezonni intervalning c_1 chegarasining optimal qiymatini hisoblash va uning (mezonning) qiymatidan E_0 to'plam obyektlarini sinflarga ajratishda sonli alomatning kompaktlik ko'rsatkichi sifatida foydalanish mumkin. Agar ikkita obyektning har birining chegaralarida faqat K_t yoki K_{3-t} olingan obyektlar a'loamatlari

qiymatlari $y_j \in Y(\mu)$ joylashgan bo'lsa, u holda (1) mezon qiymati birga teng bo'ladi (4.1-rasm).

Agar $r_{j_1} = r_{j_2}, \dots, r_{j_{m-1}} = r_{j_m}$ bo'lsa, mezon qiymati 0 ga teng bo'ladi. Boshqa barcha hollarda (4.1) mezon qiymatlari (0,1) intervalga tegishli qiymatlarni qabul qiladi, (4.1) mezon sinflar soni $l > 2$ bo'lgan hollarda ham ishlatilishi mumkin.



4.1-rasm. Miqdoriy alomatni kompaktlik kriteriyasi bo'yicha intervallarga bo'lish

Hisoblashni soddalashtirish uchun berilganlarga dastlabki ishlov berish tavsiya qilinadi. Berilganlarni dastlabki ishlov berish deganda tartiblangan r_{j_1}, \dots, r_{j_m} ketma-ketlik asosida quyidagi butun sonli matritsani shakllantirish tushuniladi:

$$D = \begin{pmatrix} d_{10} & d_{11} & \dots & d_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{l0} & d_{l1} & \dots & d_{lm} \end{pmatrix}, \quad (4.2)$$

Bu yerda $d_{pi}, p=1, \dots, l, i=1, \dots, m$ mustun elementi alomat qiymati r_{ij} bo'lgan $S \in E_0$ obyektga tegishli.

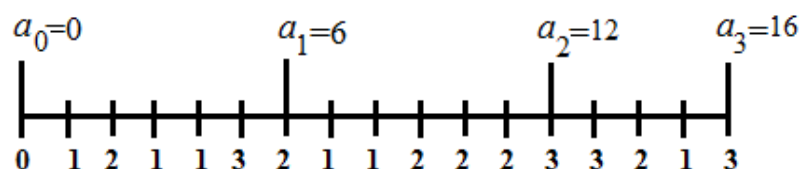
D matritsa elementlari quyidagicha hisoblanadi:

$$d_{pi} = \begin{cases} 0, & i=0, \\ d_{p,i-1} + g(p,i), & i>0, \end{cases} \quad \text{bu yerda } g(p,i) = \begin{cases} 1, & S \in K_p, \\ 0, & S \notin K_p. \end{cases}$$

Tanlanmaning $K_p, p=1, \dots, l, i=1, \dots, l$ sinfning $[c_1, c_2]$ intervaldagi, o'ng va chap chegaralari quyidagi indekslarga mos keluvchi $\eta = a_{t-1}, v = a_t, c_{2t-1} = r_{j\eta}, c_{2t} = r_{jv}, t=1$ va $t>1$ da $(c_{2t-1}, c_{2t}]$ vakillari soni u_t^p quyidagicha topiladi:

$$u_t^p = d_{pv} - d_{p\eta} \quad (4.3)$$

Sonli alomat qiymatlarini (1) mezon asosida o'zaro kesishmaydigan intervallarga ajratish algoritmini vizual namoyishi 4.2-rasmida keltirilgan. Bunda $m=16$, sinflar soni $l=3$ va sinflar elementlari soni $|K_1|=6, |K_2|=6, |K_3|=4$. Bunda (3) dastlabki ishlov berish natijalaridan foydalanilgan.



4.2-rasm. Algoritmning vizual namoyishi.

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

Intervallarga ajratish variantlari 4.1-jadvalda keltirilgan.

4.1-jadval. Intervallarga ajratish variantlari.

№	a_1	a_2	(1) mezon qiymatlari
1	1	2	0.1944
2	2	8	0.3452(optimal)
3	6	12	0.2146

Optimal ajratishda ($a_1 = 2$ va $a_2 = 8$) bir sinfga tegishli obyektlarning barcha alomatlari qiymatlarini o'z ichiga oluvchi birorta intervalning yo'qligi ko'rinib turibdi.

Yuqorida keltirilgan (4.1) mezon asosida optimal ajratish intervallarining nomerlarini sonli belgi qiymatining nominal alomat qiymatlariga o'tkazish gradatsiyalari sifatida qarash mumkin. Bunday shakl almashtirish turli toifadagi maksimal tarzda o'zaro bog'liq bo'lmagan informativ to'plamlarini qidirishda foydalanilgan [6].

(4.1) matritsa asosida (4.3) dan foydalanish intervallar va latent (oshkor tarzda o'lchash mumkin bo'lmagan) alomatlar salmog'ini (4.1) asosida hisoblash imkoniyati yaratildi. Alomatning vazni deganda (4.1) mezonning optimal qiymati tushuniladi. Amaliyotda latent alomatlar ko'pincha turli indekslar ko'rinishida ishlatiladi. Masalan, tibbiyotda tana massasi indeksi, Kerdo indeksi tushunchalari ishlatiladi. Latent alomatlarni salmog'ining birga yaqin yoki birga teng qiymatlari intuitiv yechimlar qabul qilish modellarini qurishga asos bo'la oladi.

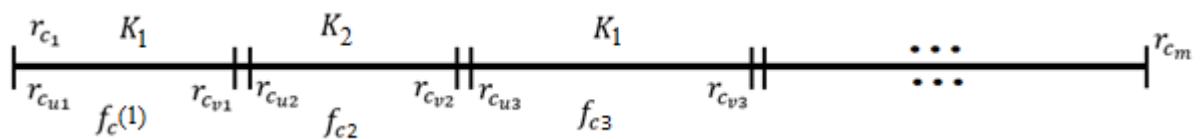
Alomatning (4.1) mezon bo'yicha salmog'ida alomatning informativligi haqidagi muhim ma'lumot ifodalanadi. Biroq informativ alomatlar to'plamlarini ajratganda, ularning salmoqlari bo'yicha tartiblanishiga to'laligicha asoslanish maqsadga muvofiq emas, ya'ni "*alomatning salmog'i qancha katta bo'lsa, alomatlar*

to'plamida ana shu alomatning informativligi shuncha yuqori bo'ladi" tamoyili hamma vaqt ham o'rinli emas. Bunda alomatlarining o'zaro korrelatsion bog'liqligidan ham foydalaniladi. Turli toifadagi informativ alomatlar to'plamlarini ajratish va ularning sun'iy neyron to'rlari samaradorligiga ta'siri tadqiq qilingan [4].

Ikkinchi mezon [5] da keltirilgan bo'lib, u mumkin bo'lgan kesishmaydigan intervallar soni $p \geq 2$ bo'lgan ikkita K_1, K_2 sinflar vakillari uchun mo'ljallangan. Intervallar sonini p ni aniqlash, sonli alomatning $r_1, \dots, r_u, \dots, r_v, \dots, r_m$ tartiblangan qiymatlarida K_i sinf obyektlarining $\frac{d_i(u, v)}{|K_i|}, i=1, 2, u \leq v$ munosabati bo'yicha hisoblanuvchi uchrashlar chastotalarini tahlil qilishi asosida amalga oshiriladi. Bu yerda $d_i(u, v)$ alomat qiymatlari r_u, \dots, r_v to'plam ostini hosil qiluvchi K_i sinf obyektlari sonini ifodalaydi. Kesishmaydigan intervallar chegaralari $[r_{c_u}, r_{c_v}]^i, i=1, \dots, p$ quyidagi mezonni rekursiv optimizatsiyalash natijasida topiladi:

$$\left| \frac{d_1^i(u, v)}{|K_1|} - \frac{d_2^i(u, v)}{|K_2|} \right| \rightarrow \max. \quad (4.4)$$

Bunda har bir i -interval uchun K_1, K_2 sinflarga mos tegishlilik funksiyalari qiymatlari $f_1(i), f_2(i)$ hisoblanadi (4.3-rasm).



4.3-rasm. Miqdoriy c -alomat qiymatlarining ustunlik intervallarga bo'linishiga misol

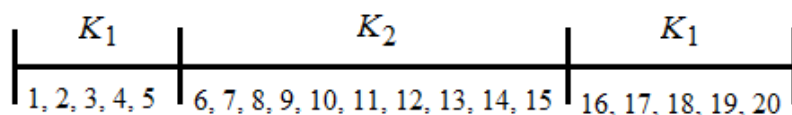
Yuqorida keltirilgan (4.4) mezon bo'yicha optimal ajratish natijasida qurilgan $[r_{c_u}, r_{c_v}]^i, i=1, \dots, p$, intervallar uchun $\eta_{1i} = \frac{d_1^i(u, v)}{|K_1|}, \eta_{2i} = \frac{d_2^i(u, v)}{|K_2|}$ qiymatlari hisoblash orqali miqdoriy alomatning $[r_{c_u}, r_{c_v}]^i$ interval uchun K_i sinfga tegishlilik funksiyasi

quyidagicha topiladi: $f_1(i) = \frac{\eta_{1i}}{\eta_{1i} + \eta_{2i}}$. $f_t(i) = 1 - f_{3-t}(i)$, $(t = 1, 2)$. Shu

asosda alomat intervallar to'plamidagi turg'unligi quyidagicha hisoblanadi:

$$G = \frac{1}{m} \sum_{\{[r_u, r_v]^i\}} \begin{cases} f_t(i)(v-u+1), & f_t(i) > 0.5, \\ (1-f_t(i))(v-u+1), & f_t(i) < 0.5, \end{cases} \quad (4.5)$$

va (4.4) mezonlar asosida kesishmaydigan intervallarga ajratish natijalarini taqqoslash 4.4-rasmda keltirilgan test misolida ko'rsatilgan.



4.4-rasm. Kesishmaydigan intervallarga ajratishga test misol

Yuqorida keltirilgan (4.1) mezonning $[1,5], (5,20]$ intervallarga ajratishdagi optimal qiymati 0.3611 ga teng, bundan sinflar obyektlari alomatlari bo'yicha nisbatan yaxshi bo'linish (kompaktlik) mavjud emasligidan kelib chiqadi. (4.5)ning (4.4) mezon asosida 3 ta intervalga ajratish natijalari turg'unligi 1 ga teng va alomat qiymatlari bo'yicha yaxshi asoslangan klasterlar mavjudligini ko'rsatadi.

Inrevallarga bo'lisning (4.1) va (4.4) mezonlarining optimal qiymatlari asosida kesishmaydigan intervallarga ajratish natijalari amaliy masalalarni yechish jarayonida o'zaro bir-birini to'ldirishi aniq. Mezonlarning bunday xususiyatlaridan berilganlar bazalaridan (saqlagichlaridan) yashirin qonuniyatlarni qidirishda foydalanish mumkin.

Deterministik mezonlar yordamida yangi bilimlar olish manbasi sifatida turli toifadagi alomatlarining korrelatsiyasi darajasidan foydalanish mumkin [2]. Turli toifadagi alomatlarining korrelatsiyasi darajasi asosida ulardan informativ to'plamlar ajratish, obyektlar sonli alomatlarining intervallardagi turg'unligini hisoblash, lingvistik xulosalar chiqarish qoidalarini asoslash kabi ishlarni amalga oshirish mumkin.

Deterministik usullarning afzalliklari: bunday usullar asosida boshqa usullar bilan aniqlab bo'lmaydigan yashirin qonuniyatlarni aniqlash mumkin.

Deterministik usullarning kamchiliklari: (4.4) mezon sinflar soni 2 ga teng bo'lganda ishlatiladi va berilganlarni dastlabki ishlashda mazkur mezon uchun (4.1) mezondan farqli ravishda kombinatorik murakkabliklarni kamaytirishning samarali usulining mavjud emasligi xarakterlanadi.

Nazorat savollari:

1. Ditsil va protsentli taqsimlash farqi nimada?
2. Gistogramma nima maqsadda ishlatiladi?
3. Obrazlarni anglash masalalarida interval usullari nimaga asoslanadi?
4. *“Har bir intervalda faqat bitta sinfning vakillari yotadi”* gipotezasini tekshirishga asoslangan kriteriyaning qiymatini qanday izohlash mumkin?
5. Har birida bitta sinf vakillari ustunlik qiladigan intervallarga bo'lishda qanday optimallashtirish usuli qo'llaniladi?

Adabiyotlar

1. Вапник В.Н. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей. – М.: Наука, 1984. – 816 с.
2. Наследов А.Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
3. Дюк В.А. Осколки знаний. Экспресс-Электроника, 2002. № 6. – С. 60-65.
4. Згуральская Е.Н. Алгоритм выбора оптимальных границ интервалов разбиения значений признаков при классификации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.14, №4 (3), 2012. – С.826-829.
5. Игнатьев Н.А. Вычисление обобщённых показателей и интеллектуальный анализ данных // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 5. – С.183-190.
6. Згуральская Е.Н. Выбор информативных признаков для решения задач классификации с помощью искусственных нейронных сетей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2012. – № 2. – С. 20-27.

5. Obyektlar klassifikatsiyasi

O'qituvchi bilan anglash masalalarida berilganlarni klasterli tahlil qilish va etalon obyektlar tanlash. Ushbu bo'limda o'rgatuvchi tanlanmani sinflar chegaraviy obyektlari qism to'plamlarini aniqlash asosida obyektlar bog'langanligiga asoslangan holda o'zaro kesishmaydigan obyektlar guruhlariga ajratish usuli ko'riladi. Guruhlarga ajratishdan tanlanmani etalon obyektlar bilan qoplashni amalga oshirish uchun foydalaniladi. O'zaro kesishmaydigan alomatlar to'plamlarini sonlar o'qiga noxiziqli akslantirish asosida obyektlarni tavsiflash uchun yangi alomatlar fazosini shakllantirish qaraladi.

Tanlanmadagi berilganlarni klasterli tahlil qilishdan asosiy maqsad obrazlarni anglash algoritmlarini tanlash va ularni qo'llashni asoslashdir. Obrazlarni anglash algoritmlar modellarini tanlash uchun obyektlar va alomatlar orasidagi bog'lanishlarning turli tuzilmalari haqida ma'lumot zarurdir [1]. Bunday ma'lumot olish vositalaridan biri berilganlarni klasterli tahlil qilish usulidir. Sinflarga obyektlari o'rtasidagi bog'lanishlar tuzilmasi qo'llanilayotgan yaqinlik o'lchovi va alomatlar fazosining shakllanishiga bog'langan bo'ladi. Odatdagi berilganlarni shakllantirishning turli xil normalash usullari bilan bir vaqtda, bu o'rinda shakllantirish deganda berilgan alomatlar to'plamidan informativ bo'lmagan alomatlarni chiqarib tashlash asosida yangi fazoni shakllantirish tushuniladi.

Boshlang'ich berilgan obyektlar va alomatlar to'plamlari o'rniga o'rgatuvchi tanlanma qonuniyatlarini yaxshi aks ettiradigan informativ obyektlar va alomatlar qism to'plamlarini shakllantirish muammosi [2]da qaralgan. Unda sinflarni etalon obyektlar to'plamlari (*"ustunlari"*) asosida tavsiflash uchun konkurent o'xshashlik funksiyasidan (*Fris*-funksiyalaridan) foydalanish tavsiya etiladi. Har bir ustun tanlanmaning o'ziga tegishli va qarama-qarshi sinfga tegishli eng yaqin obyektga nisbatan konkurent o'xshashlik funksiyasi qiymati bo'yicha aniqlanuvchi qismi ifodalaydi.

Ustunlarni tanlash texnologiyasi har bir obyekt sinflarining kompaktlikka qo'shgan hissasining bahosiga asoslanadi. Ulushning qiymatidan yechimlar qoidalarining umumlashtiruvchi xususiyatlarni oshirishga imkon yaratuvchi o'rgatuvchi tanlanmalar seleksiyasini amalga oshirishda foydalaniladi.

Alomatlar informativ to'plamlarini tanlash maqsadida *Frisgrad* algoritmi ishlab chiqilgan [2]. O'rgatuvchi tanlanma sifatini ustunlar tizimi va informativ alomatlar to'plamlari kompaktligi asosida baholash baho qiymatlarining alomatlar fazosi o'lchamining kamayishida va etalon (ustun) obyektlar sonining oshmasligi shartida monoton bo'lmagan tarzda kamaymaslik xossasini ko'rsatishda o'z ifodasini topa olmadi.

Lokal metrikalarga asoslangan va tanlanmaning tuzilmasini mantiqiy qonuniyatlarni topishga geometrik yondoshuv yo'naltirilgan [3]. Berilgan alomatlar fazosini ekspertlar tomonidan aniqlanadigan markazlarga nisbatan $k(k \leq 3)$ dan yuqori bo'lmagan o'lchamlar fazosiga akslantirish tanlanma obyektlari orasidagi munosabatlar haqida vizual tasavvurlar hosil qilish imkonini beradi. Vizuallashtirish natijalari asosida ekspertlar shovqin obyektlarni chiqarib tashlash yo'li bilan seleksiyani amalga oshirish, topilgan mantiqiy qonuniyatlarning turg'unligi haqida xulosalar chiqarishlari mumkin.

Berilganlarning geometrik tuzilmasini lokal geometriya usuli bilan tahlil qilishning tayyor qoliplari mavjud emas va buning uchun berilganlarni geometrik tavsiflovchi ma'lum bir usullar va algoritmlar qo'llaniladi [4]. Bu algoritmlarda o'rgatuvchi tanlanma tuzilmasini klasterli tahlil qilish uchun berilgan sinflar (qobiqlar) obyektlari berilgan metrikasi doirasidagi chegaraviy qism to'plamlardan foydalanish taklif etiladi.

O'zaro kesishmaydigan obyektlar guruhlariga ajratish bog'langanlik xususiyatiga asoslangan holda sinflar qobiqlari yordamida amalga oshiriladi. Bu xossaga asosan guruhning ixtiyoriy ikki vakili uchun ularni bog'lovchi obyektlardan iborat zanjir (yo'l) mavjud. Vakillar juftligi guruh chegarasidan chiqib ketmaydigan zanjirning boshlanishi va oxirini aniqlaydi. Bog'langanlik xususiyati o'rgatuvchi tanlanmada yechimning yagonaligini ta'minlaydi, bunda guruhlar soni va tarkibi o'zgarmaydi. Berilganlarni dastlabki ishlov berishda guruhlariga ajratishdan foydalanish, sinflarni qoplovchi etalon-obyektlarni tanlashda mumkin bo'lgan barcha variantlarni chetlab o'tish imkoniyatini beradi.

Klasterli tahlilning yana bir maqsadi alomatlar kesishmaydigan to'plamlaridan guruhlar tashkil etish va obyektlarni tavsiflashda ularning qiymatlarini sonlar o'qiga nochiziqli akslantirish asosida

alamatlar fazosi o'lchamlarini kamaytirish hisoblanadi. Yangi alamatlar fazosidagi etalon-obyektlar to'plami berilgan (dastlabki) fazoga nisbatan mantiqiy qonuniyatlarni yaxshiroq akslantirishi tajribalar asosida isbotlangan.

O'rgatuvchi tanlanmani etalon-obyektlar bilan qoplash haqida. Standart tarzdagi obrazlarni anglash masalasi qaraladi. $l(l \geq 2)$ ta o'zaro kesishmaydigan K_1, \dots, K_l qism to'plamlarga (sinflarga) bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ obyektlar to'plami berilgan

bo'lsin, bunda $E_0 = \bigcup_{t=1}^l K_t$. Obyektlarning tavsifi n ta turli toifadagi

$X = (x_1, \dots, x_n)$ alamatlar to'plami orqali amalga oshiriladi, ulardan ζ tasi interval shkalalarda, $(n - \zeta)$ tasi esa nominal shkalada o'lchanadi. E_0 to'plamda metrika $\rho(x, y)$ berilgan.

$L(E_0, \rho)$ orqali E_0 to'plamda $\rho(x, y)$ metrika asosida aniqlanuvchi sinflarning chegaraviy obyektlari to'plam ostisini belgilaymiz. Agar $\{S \in L(E_0, \rho) \mid \rho(S, S_i) < r_j \text{ ba } \rho(S, S_j) < r\} \neq \emptyset$ shart bajarilsa, $S_i, S_j \in K_t, t = 1, \dots, l$ obyektlar o'zaro bog'langan deb hisoblanadi, bu yerda $r_i(r_j)$ dan $\rho(x, y)$ metrika bo'yicha $S_i(S_j)$ obyektдан eng yaqin obyektgacha bo'lgan masofa.

$G_{v_t} = \{S_{v_1}, \dots, S_{v_c}\}, c \geq 2, G_{v_t} \subset K_t, v \leq |K_t|$ to'plam K_t sinfdagi o'zaro bog'langan obyektlar sohasi (guruhini) tashkil qiladi, agar ixtiyoriy $S_{v_i}, S_{v_j} \in G_{v_t}$ obyektlar uchun $S_{v_i} \leftrightarrow S_{v_k} \leftrightarrow \dots \leftrightarrow S_{v_j}$ yo'l mavjud bo'lsa.

Aniqlash talab qilinadi:

– har bir $K_t, t = 1, \dots, l$ sinfdagi bog'langan obyektlarning minimal guruhlari sonini;

– pretsendentlar bo'yicha anglash algoritmlari uchun E_0 to'plamning obyekt-etalonlar orqali minimal qoplamasini.

Sinflardagi bog'langan obyektlar guruhlarning minimal soni berilganlarga dastlabki ishlov berish asosida aniqlanadi. Berilganlarni dastlabki ishlov berishning maqsadi:

– berilgan ρ metrikada chegaraviy obyektlar sinflari qobig‘i-
 $L(E_0, \rho)$ to‘plam ostisini ajratish;

– har bir sinf obyektlarini o‘ziga tegishli binar alomatlar tizimida tavsiflash.

Har bir $S_i \in K_t$, $t=1, \dots, l$ uchun sinflar qobiqlarini ajratish uchun $\rho(x, y)$ asosida tartiblangan

$$S_{i_0}, S_{i_1}, \dots, S_{i_{m-1}}, S_i = S_{i_0} \quad (5.1)$$

ketma-ketlik yaratiladi.

Faraz qilaylik, $S_{i_\beta} \in CK_t (CK_t = E_0 \setminus K_t)$ ga (5.1) bo‘yicha eng yaqin S_i va K_t sinfiga tegishli bo‘lmagan obyekt bo‘lsin. $O(S_i)$ orqali markazi S_i bo‘lgan va radiusi $r_i = \rho(S_i, S_{i_\beta})$ bo‘lgan va $\rho(S_i, S_{i_\tau}) < r_i, \tau = 1, \dots, \beta - 1$ shartni qanoatlantiruvchi barcha obyektlarni o‘z ichiga oluvchi atrof (sohani) belgilaylik. $O(S_i)$ atrofida har doim bo‘sh bo‘lmagan

$$\Delta_i = \left\{ S_{i_\alpha} \in O(S_i) \mid \rho(S_{i_\beta}, S_{i_\alpha}) = \min_{S_{i_\tau} \in O(S_i)} \rho(S_{i_\beta}, S_{i_\tau}) \right\} \quad (5.2)$$

obyektlar to‘plam ostisi mavjud bo‘ladi. (5.2) asosida obyektlarning sinflar qobig‘iga tegishliligi $L(E_0, \rho) = \bigcup_{i=1}^m \Delta_i$ bilan aniqlanadi.

$K_t \cap L(E_0, \rho)$ qobiqdan olingan obyektlar to‘plamini quyidagicha ifodalaymiz: $L_t(E_0, \rho) = \{S^1, \dots, S^\pi\}, \pi \geq 1$. Bunda, $\pi = 1$ qiymati sinfnining barcha obyektlarini bir sohaga kirishini bir qiymatli aniqlaydi. Biz $\pi \geq 2$ qiymatlarida har bir $S_i \in K_t$ tavsifini $S_i = (y_{i1}, \dots, y_{i\pi})$ ko‘rinishida shakllantiramiz, bu yerda

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, \rho(S_i, S^j) < r_i, \\ 0, \rho(S_i, S^j) \geq r_i. \end{cases} \quad (5.3)$$

Faraz qilaylik, yangi (binar) alomatlar fazosida (5.3) asosida K_t sinf obyektlari tavsifi olingan bo‘lsin, $\Omega = K_t$, θ – o‘zaro kesishmaydigan obyektlar guruhlar soni bo‘lsin, $S_i \vee S_j$, $S_i \wedge S_j$ –

mos ravishda $S_i, S_j \in K_t$ obyektlar binar alomatlari bo'yicha dizyunksiya va konyuksiya amallari.

Tanlamaning K_t sinf obyektlarini o'zaro kesishmaydigan G_1, \dots, G_θ guruhlariga qadamba-qadam ajratish quyidagicha amalga oshiriladi:

1-qadam: $\theta = 0$;

2-qadam: Obyekt ajratilsin: $S \in \Omega$, $\theta = \theta + 1$, $Z = S$, $G_\theta = \emptyset$;

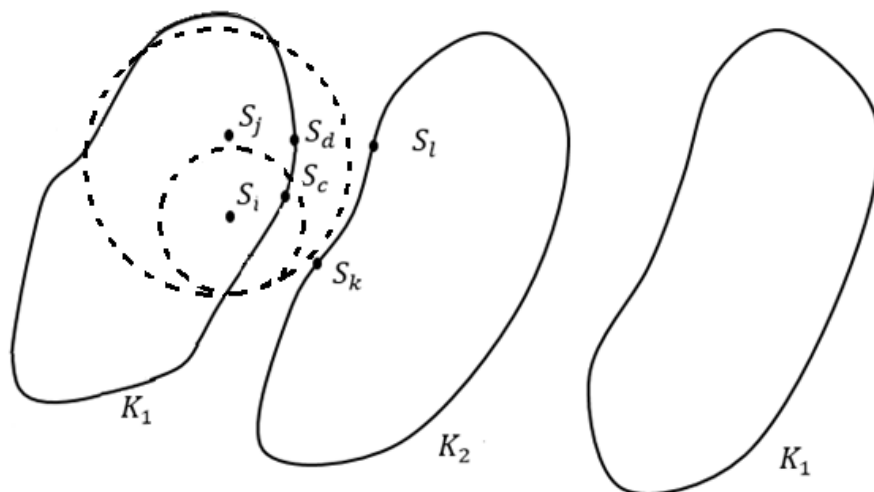
3-qadam: Toki $\{S \in \Omega | S \wedge Z = \text{true}\} \neq \emptyset$ bajarilsin:

Tanlansin $S \in \Omega$ va $S \wedge Z = \text{true}$, $\Omega = \Omega \setminus S$, $G_\theta = G_\theta \cup S$, $Z = Z \vee S$;

4-qadam: Agar $\Omega \neq \emptyset$ bo'lsa 2 o'tilsin;

5-qadam: Tamom.

Kesishmasida sinflar qobiqlarining obyektlari bo'lgan gipersharlar tizimi bo'yicha obyektlarning bog'langanlik tamoyili 5.1-rasmda ko'rsatilgan.



5.1-rasm. Qobiq obykti $S_c \in K_1$ bo'yicha $S_i \leftrightarrow S_j$ obyektlar bog'lanishi

O'rgatuvchi tanlanmani etalon-obyektlar bilan minimal qoplash masalasining ekstremumini qidirish turli variantlar to'plamlarini to'la saralash bilan bog'liqdir. To'la saralashdan farqli barcha usullar masalaning lokal-optimal yechimini olishni ta'minlaydi yoki samarali bo'lmagan variantlarni qarab chiqishni inkor etuvchi qonuniyatlarga asoslangan. O'zaro bog'langan obyektlar sinfini guruhlariga quyidagi maqsadda ajratiladi:

- obyekt-etalonlar bilan tanlanmaning minimal qoplamasini qurish jarayonini tartibga solish;
- o'rgatuvchi tanlanmani senzuralash.

O'rgatuvchi tanlanmani senzuralash, anglash algoritmlarining umumlashtiruvchi xususiyatlarini aniqlash uchun zarurdir. Sinflar qobiqlari obyektlarining seleksiyasi va uning tarkibini yangilash orqali qaror qiluvchi qoidalar sifatini yaxshilash amalga oshiriladi. Anglash algoritmlarining umumlashtiruvchi xususiyatlarini batafsil tadqiq qilish mazkur qo'llanmada qaralmaydi.

$R_s = \rho(S, \bar{S})$ orqali $S \in K_t$ uchun K_t sinfga qarama-qarshi sinfdagi $(\bar{S} \in CK_t \text{ ba } S \neq \bar{S})$ eng yaqin \bar{S} obyektgacha bo'lgan masofani, δ orqali esa E_0 to'plamda bog'langan obyektlar guruhlarining minimal sonini belgilaymiz. $G_u \cap K_t, u=1, \dots, \delta, t=1, \dots, l$ obyektlar minimal qoplamasini va o'rgatuvchi tanlanmaning etalonlarini qidirish uchun har bir guruh obyektlarini $\{R_s\}_{s \in G_u}$ qiymatlar to'plamiga asoslangan tarzda tartiblaymiz. $S \in G_u, u=1, \dots, \delta$ va ixtiyoriy mumkin bo'lgan obyekt S^* orasidagi yaqinlik o'lchovi sifatida $d(S, S^*) = \rho(S, S^*) / R_s$ normalashtirilgan masofadan foydalaniladi. S^* obyektning K_1, \dots, K_l sinflarning birortasiga tegishliligi quyidagi qoida asosida qabul qilinadi: agar $S^* \in K_t$ bo'lsa, u holda

$$d(S_\mu, S^*) = \min_{S_u \in E_0} d(S_u, S^*) \text{ ba } S_\mu \in K_t. \quad (5.4)$$

Qoplamani qidirishda ishlatiladigan “ketma-ket o'chirish” tamoyiliga ko'ra, tanlanma E_0 ikki qism to'plamga ajratiladi: etalonlar to'plami E_{ed} va E_k – nazoratni amalga oshiruvchi to'plam, $E_0 = E_{ed} \cup E_k$. Jarayon boshida $E_{ed} = E_0, E_k = \emptyset$ deb olinadi. $\{R_s\}_{s \in G_u}, u=1, \dots, \delta$ chekinishlar qiymatlari bo'yicha tartiblash G_u guruh bo'yicha obyektlar-etalonlar ichidan chiqarib tashlashga nomzodni aniqlashda foydalaniladi. Tanlash g'oyasi (5.4) asosidagi anglash algoritmining E_0 tanlanmada korrektiligini (obyektlarni xatosiz anglanishi) ta'minlovchi etalonlarning minimal sonini qidirishga asoslanadi.

O'zaro bog'langan obyektlar guruhlarini nomerlashda $|G_1| \geq \dots \geq |G_\delta|$ tartib va guruhda etalon obyektlar tanlovi o'tkazilmagan deb qabul qilamiz. E_{ed} dan chiqarib yuborishga

nomzodlar $S \in G_p$ dan boshlab R_s minimal qiymat asosida ketma-ket tanlanadi. Agar $S \in E_k$ ichma-ich kirish (5.4) hal qiluvchi qoidaning qoidaning korrektligini buzsa, u holda S obyekt E_{ed} to'plamga qaytariladi.

Etalon obyektlar tanlashga misol. Hisoblash eksperimenti [5] keltirilgan berilganlar asosida amalga oshirildi. Tanlanma 29 alomatlar asosida tavsiflanuvchi, ikki sinfga tegishli 147 obyektдан iborat bo'lib, ularning 111 tasi deyarli sog'lom, 36 tasi gipertoniya kasallari.

Aniq metrika doirasida bog'langanlik xususiyati asosida o'zaro kesishmaydigan obyektlarga ularning har bir sinfdagi tartib nomerlarini ko'rsatish orqali ajratish natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Qavslarda guruhlariga kiruvchi obyektlar soni keltirilgan.

Guruhlar soni (5.1-jadvalga qarang) qoplama obyektlar-etalonlar sonini baholash uchun quyi chegara bo'lib hisoblanadi. Bu fikrning haqqoniyligi 5.1-jadvaldagi keltirilgan har bir identifikatsiya qilingan guruh bo'yicha keltirilgan (qavslarda) obyektlar-etalonlar sonini ifodalovchi ma'lumotlar bilan asoslanadi.

5.1-jadval. Sinflar bo'yicha obyektlar guruhlar soni

Metrika	Sinflar	
	Sog'lom	Bemor
xemming	1(111)	2(35), 3(1)
chebishev	1(111)	2(35), 3(1)

Ob'ektlar o'rtasidagi (5.4) normalashtirilgan masofa asosida obyektlar-etalonlarning chebishev metrikasi bo'yicha soni 9 ga teng va xuddi shu masalaning xemming metrikasi asosida olingan yechimi 6 dan katta. (5.4) yaqinlik o'lchovi tanlanma har bir obyektiga nisbatan lokal metrikalarni aniqlaydi. Lokal metrikalardan foydalanish alomatlar fazosidan qoplama kiruvchi obyekt-etalonlarni ([2] bo'yicha ustunlarni) himoyalashga (tartib olish) imkon yaratuvchi sohalarni ajratishga imkoniyat yaratadi.

Qobiqqa kiruvchi obyektlar-etalonlar soni o'rgatuvchi tanlanma kompakligining gipersharlar shakldagi mantiqiy qonuniyatlar turg'unligi orqali ifodalanadigan ko'rsatgichlaridan biri bo'lib hisoblanadi. Markazi $S \in K_t, t = 1, \dots, l$ obyekt-etalonida bo'lgan gipersharning turg'unlik qiymati $D_s = \{S_i \in K_t \mid d(S_i, S) < r_s\}$ to'plam

quvvati orqali hisoblanadi, bu yerda $r_s - CK_t$ dan olingan eng yaqin S obyektgacha (5.4) lokal metrika bo'yicha masofa.

Alomatlar fazosining o'lchamlarining kamayishi tanlanma kompaktligini oshirishini namoyish qilish uchun o'zaro kesishmaydigan to'plamlardagi alomatlar qiymatlarining son o'qiga nochiziqli akslantirishdan foydalanildi.

Alomatlar to'plamining sonlar o'qiga nochiziqli akslantirish. Iyerarxik aglomerativ guruhlashdan foydalanish asosida yangi alomatlar fazosini shakllantirish qaraladi. Yaratilgan usul asosida o'zaro kesishmaydigan alomatlar to'plamlaridan olingan qiymatlar to'plamlarini sonlar o'qiga nochiziqli akslantirish amalga oshiriladi. Akslantirish natijalaridan obyektlarni tavsiflashda yangi (latent) alomatlar sifatida foydalaniladi.

Iyerarxik guruhlashning har bir qadamida alomatlarni umumlashtirish qoidasi ikki kesishmaydigan sinflarni o'z ichiga olgan va obyektlari n ta sonli alomatlar asosida tavsiflanuvchi $X(n)$ o'rgatuvchi tanlanmaga yo'naltirilgan. Bayon qilishning qulayligi uchun sinflarni A_1 va A_2 orqali, sonli alomatlar berilgan nomerlari to'plamini I orqali, iyerarxik aglomerativ guruhlashning p qadamda olingan alomatlarni $x_j^p, j \in I, p \geq 0$ orqali ifodalaymiz. Agar sinflar soni $l \geq 3$ bo'lsa, u holda ikkita sinfga ajratishni A_1 ni $A_1 = K_t, t = 1, \dots, l$ sifatida va A_2 ni $A_2 = CK_t$ sifatida qarash orqali amalga oshirish mumkin.

Faraz qilaylik, $u_i^1, u_i^2, K_i, i = 1, 2$ sinfga tegishli belgining $x_j^p, j \in I$ mos ravishda $[c_1^{jp}, c_2^{jp}], [c_2^{jp}, c_3^{jp}], |K_i| > 1$, intervallardagi qiymatlari bo'lsin, v esa E_0 dagi x_j^p ning qiymatlarining o'sib borish ketma-ketligi $r_{j_1}, \dots, r_{j_v}, \dots, r_{j_m}$ tarzida tartiblangan va $c_1^{jp} = r_{j_1}, c_2^{jp} = r_{j_v}, c_3^{jp} = r_{j_m}$ intervallar chegaralarini aniqlovchi elementining tartib nomeri bo'lsin.

Quyidagi

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^2 u_i^1 (u_i^1 - 1) + u_i^2 (u_i^2 - 1)}{\sum_{i=1}^2 |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3-i}| - u_{3-i}^d)}{2|K_1||K_2|} \right) \rightarrow \max_{c_1^{jp} < c_2^{jp} < c_3^{jp}} \quad (5.5)$$

mezon $[c_1^{jp}, c_2^{jp}], (c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervallar orasidagi chegaralar qiymatini baholash imkonini beradi. (5.5) dagi chap qavslar ichidagi ifoda sinf ichidagi o'xshashlikni, o'ng qavslar orasidagi ifoda esa sinflararo farqni ifodalaydi. (5.5) mezon ekstremumidan x_j^p alomatning salmog'i w_j^p , $(0 \leq w_j^p \leq 1)$ sifatida foydalanamiz. $w_j^p = 1$ bo'lganda A_1 va A_2 sinflar obyektlari o'zaro kesishmaydi.

Ixtiyoriy $S_r = \{a_{ru}^p\}_{u \in I}$, $S_r \in E_0$ obyektning (x_i^p, x_j^p) , $0 \leq p < n$, $i, j \in I, i \neq j$ juftlik bo'yicha ikki alomatdan iborat kombinatsiyasi qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$b_{rij}^p = \eta_{ij} \left(t_i w_i^p (a_{ri}^p - c_2^{ip}) / (c_3^{ip} - c_1^{ip}) + t_j w_j^p (a_{rj}^p - c_2^{jp}) / (c_3^{jp} - c_1^{jp}) \right) + \\ + (1 - \eta_{ij}) t_{ij} w_{ij}^p (a_{ri}^p a_{rj}^p - c_2^{ijp}) / (c_3^{ijp} - c_1^{ijp}), \\ i, j \in I, t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1],$$

bu yerda w_i^p, w_j^p, w_{ij}^p (5.5) asosida va mos ravishda x_i^p, x_j^p alomatlar qiymatlari to'plamidan va ularning $x_i^p x_j^p$ ko'paytmalaridan aniqlanuvchi alomatlar hissalar, $t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1]$ larning qiymatlari quyidagi funksional ekstremumidan tanlanadi:

$$\phi(p, i, j) = \frac{\min_{S_r \in K_1} b_{rij}^p - \max_{S_r \in K_2} b_{rij}^p}{\max_{S_r \in E_0} b_{rij}^p - \min_{S_r \in E_0} b_{rij}^p} = \max_{t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1]} \quad (5.6)$$

Ushbu funksional ekstremumi A_1 va A_2 sinflar obyektlari orasidagi va (x_i^p, x_j^p) , $0 \leq p < n$, $i, j \in I, i \neq j$ alomatlar juftliklari qiymatlari asosida topiluvchi chetlanish (otstup) kabi talqin qilinadi.

Qiymat $p \geq 0$ bo'lganda, o'lchami $(n-p) \times (n-p)$ bo'lgan $\{z_{ij}^p\}_{i, j \in I}$, $p = 0$ da esa z_{ij}^p elementi qiymati quyidagicha aniqlanuvchi

$$z_{ij}^p = \begin{cases} w_i^p, & i = j, \\ \{b_{rij}^p\}_{r=1}^m \text{ bo'yicha (5.5) qiymatiga, } & i \neq j, \end{cases} \quad (5.7)$$

kvadrat matritsani, hamda $\Gamma_\eta, \eta > 0$ orqali $X(n)$ dan olingan alomatlar nomerlarining to'plam ostisini ifodalaymiz. Iyerarxik agromerativ guruhlash algoritmi quyidagicha amalga oshiriladi:

1-qadam: $p = 0, \lambda c = 0, \eta = 1$. Bajarilsin $\Gamma_\eta = \{\eta\}$, $Margin_\eta = -2$, $\eta = \eta + 1$ gacha $\eta \leq n$;

2-qadam: (5.7) asosida $\{z_{ij}^p\}_{i,j \in I}$ matritsa elementlari qiymatlari hisoblansin;

3-qadam: $\Phi = \left\{ z_{uv}^p \mid z_{uv}^p \geq \max(w_u^p, w_v^p) \text{ ba } u \neq v, u, v \in I \right\}$ ajratilsin. Agar $\Phi = \emptyset$, bo'lsa, u holda 9-qadamga o'tiladi;

4-qadam: $\lambda n = \max_{z_{uv}^p} z_{uv}^p$ hisoblansin.

Ajratilsin $\Delta = \left\{ (s, t) \mid s, t \in I \mid z_{st}^p = \lambda n \text{ ba } s < t \right\}$.

$$\{i, j\} = \begin{cases} \Delta, & |\Delta| = 1, \\ \{s, t\}, & (s, t) \in \Delta \end{cases} \text{ va } \phi(p, s, t) > \max_{(u,v) \in \Delta \setminus \{s,t\}} \phi(p, u, v)$$

asosida $\{i, j\}, i < j$ juftlik aniqlansin.

5-qadam: Agar $\lambda n > \lambda c$ yoki $\lambda c = \lambda n$ bo'lsa va $Margin_i < \phi(p, i, j)$, u holda $\Gamma_i = \Gamma_i \cup \Gamma_j$, $\Gamma_j = \emptyset$, $Margin_i = \phi(p, i, j)$, 7-qadamga o'tilsin;

6-qadam: $\Gamma_i, \Gamma_i = \emptyset, I = I \setminus \{i\}$ lar asosida alomatlar nomerlarini hosil qilinsin (chop etilsin), 3-qadamga o'tilsin.

7-qadam: $p = p + 1, I = I \setminus \max(i, j), k = \min(i, j), \lambda c = \lambda n$.

$S_r = \{a_{ru}^{p-1}\}_{u \in I}, r = 1, \dots, m$ obyekt tavsifidagi alomatlar qiymatlarini

$$a_{ru}^p = \begin{cases} a_{ru}^{p-1}, & u \in I \setminus k, \\ b_{rij}^p, & u = k; \end{cases} \text{ ga almashtirilsin;}$$

8-qadam: Har bir juftlikning $(u, v), u, v \in I$ qiymatini aniqlansin

$$z_{uv}^p = \begin{cases} z_{uv}^{p-1}, & u \in I \setminus \{k\}, v \in I, \\ \left\{ a_{rv}^p \right\}_{r=1}^m \text{ to'plami bo'yicha (5) qiymati, } & u = k, v \in I. \end{cases}$$

Agar $n - p > 1$, bo'lsa, u holda 3-qadamga o'tilsin.

9-qadam : Tamom.

Fazo o'lchamini kamaytirishni alomatlarni guruhlarga jamlash rekursiv jarayoni asosida amalga oshirish mumkin. Rekursiv jarayonning navbatdagi p - qadamidagi alomatlar to'plami algoritmnining keyingi qadami uchun tayanch ma'lumot bo'lib hisoblanadi. Ideal holatda sinflar obyektlari tavsifini bitta latent alomat orqali ifodalash mumkin. Umumiy holda alomatlarni umumlashtirish rekursiv jarayonining tugashi algoritmnining 3-qadamida $\Phi = \emptyset$ shartda $p = 0$ bo'lishi aniqlanadi.

Iyerarxik aglomerativ guruhlash algoritmi (5.5) va (5.6) munosabatlar qiymatlari asosida tartiblangan to'plamlarni shakllantiradi. Alomatlar seleksiyasini ularni shakllantirishga teskari tarzda to'plamlarni (yangi fazodagi latent alomatlar) chiqarib tashlash asosida amalga oshirish mumkin. Alomatlar seleksiyasini amalga oshirishda qoplama obyektlar-etalonlar soni va fazoning o'lchami orasidagi bog'langanlik 5.2-jadvalda keltirilgan. Qavslar ichida to'plamlarga kirgan alomatlar soni ko'rsatilgan.

5.2-jadval. Alomatlar seleksiyasida qoplama obyektlar-etalonlar soni

Metrika asosidagi normalashgan masofa	Fazo o'lchami				
	6(29)	5(28)	4(26)	3(24)	2(17)
xemming	5	4	4	2	2
chebishev	3	3	3	3	2

Yuqoridagi 5.1 va 5.2-jadvallarda keltirilgan o'rgatuvchi tanlanma qoplamasi natijalarining qiyosiy tahlili aniqlanuvchi alomatlar to'plamlarining sonlar o'qiga noxiziqli akslantirishda obyektlar-etalonlar sonining anchagina kamayganligini ko'rsatadi. Obyektlar-etalonlar qoplamasining soni alomatlar fazosining o'lchamlari kamayganda monoton o'smaydi.

Nazorat savollari:

1. O'qituvchi bilan anglash masalasi qanday qo'yiladi?
2. "Mumkin bo'lgan obyekt" tushunchasi nima?
3. O'qituvchili va o'qituvchisiz anglash masalalari nima bilan farqlanadi?

4. O'tkazib yuborilgan (to'ldirilmagan) berilganlar nima va kompyuter hisobida u qanday inobatga olinadi?
5. Sinf obyektlarining yaqinligi qanday baholanadi?
6. Chiziqli va umumlashgan diskriminant funktsiya o'rtasida qanday farq mavjud?
7. Sinfga tegishligi aniqlash masalasi regressiya masalasidan farqi nimada?
8. Qoidalar bilan anglash nimasi bilan pretsedent bo'yicha anglashdan farqlanadi?
9. Anglash alogitmlarining umumlashtirish qobiliyati qanday hisoblanadi?
10. Masalalar poligoni nima uchun ishlatiladi?
11. Sinflarga tegishligini aniqlash masalasi texnik qurilmalar vositasida amalga oshirilishi mumkinmi?

Adabiyotlar

1. Субботин С.А. Комплекс характеристик и критериев сравнения обучающих выборок для решения задач диагностики и распознавания образов // Математичні машини і системи, 2010. №1. –С. 25-39.
2. Загоруйко Н. Г., Кутненко О. А., Зырянов А. О., Леванов Д. А. Обучение распознаванию образов без переобучения // Машинное обучение и анализ данных. – 2014. Т.17. – С. 891-901.
3. Дюк В.А. Формирование знаний в системах искусственного интеллекта: геометрический подход // Вестник Академии Технического Творчества. – СПб, 1996, № 2. – С. 46 -67.
4. Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Янковская А.Е. Анализ структуры многомерных данных методом локальной геометрии// Известия Томского политехнического университета. – 2003. Т.306. №3. – С. 19-23.
5. Игнатьев Н.А., Мадрахимов Ш.Ф. О некоторых способах повышения прозрачности нейронных сетей // Вычислительные технологии. – 2003. Т.8. № 6. – С. 31-37.

6. Klaster tahlil

Klasterlashda tahlil qilinuvchi obyektlar (alamatlar) majmuasini u darajada katta bo'lmagan sondagi sinflarga shunday bo'lish talab qilinadiki, bitta sinfga tegishli obyektlar (alamatlar) bir-biridan nisbatan uzoq bo'lmagan masofada joylashsin.

Bo'lish natijasida sinflar klasterlar (taksonlar, guruhlar, obrazlar), ularni topish usullari mos ravishda klasterli tahlil, sonli taksonomiya, o'qituvchisiz obrazlarni anglash deb nomlanadi. Klasterli tahlil uchun boshlang'ich berilganlar "*obyekt-xossa*" jadvali yoki juftliklar o'rtasidagi masofalari matritsasi ko'rinishida bo'ladi.

Qaralayotgan bo'limda klasterli tahlil asosida boshlang'ich holatiga nisbatan o'lchami kichik bo'lgan yangi alamatlar fazosini shakllantirish jarayonini amalga oshirish taklif etiladi. Jarayonni amalga oshirish obyektlar tavsifidagi turli toifadagi alamatlarni o'zaro kesishmaydigan to'plam ostilarini ketma-ket tanlab olish va ularni son o'qiga noxiziqli akslantirishdan iborat bo'ladi.

Alamatlarni juftli birlashtirish uchun ierarxiyaga asoslangan guruhga tanlash qoidasidan foydalaniladi. Alamatlar guruhlari bo'yicha sinflar obyektlarining son o'qiga akslantirishda "*chegaralarning yuvilib ketish (aralashganlik)*" darajasining qiymati asosida qaror qabul qilinadi. Shu bilan birgalikda sinflar obyektlarini o'zaro kesishmaydigan guruhlariga ajratish orqali obrazlarni anglash masalalarida etalonlarni tanlash amalga oshiriladi.

Obyektlarning umumlashgan baholarini hisoblash va alamatlarni ierarxiyaga asoslangan guruhlash. Umumlashgan baholarni hisoblashning ikkita – stoxastik va deterministik usullari [2] da tavsiflangan.

Stoxastik algoritmda chiziqli proyeksiyalardagi turli sinflarning chegaraviy bo'lgan ikkita obyektlarining bir-biridan maksimal uzoqlashuvini (chekinishini) ifodalovchi parametrlar tanlash mezoni sifatida xizmat qiladi. Deterministik algoritmda esa miqdoriy alamat qiymatlari, ikkita sinflarning qaysidir birining obyektlari ustun bo'lgan intervallarga bo'linib, obyektning umumlashgan bahosini hisoblashda miqdoriy alamatlar uchun ustunlik intervallariga tegishlilik funksiya qiymatlari va nominal alamatlar uchun gradatsiyalarga uchrash chastotalari ishlatiladi.

Obyektlarning umumlashgan bahosini hisoblash asosida bir turdagi o'lchov shkalasiga o'tish va bosqichma-bosqich alomatlar fazosini qisqartirish masalasi [2] maqolada batafsil qaralgan. Birinchi bosqichda nominal alomatlar bo'yicha obyektning umumlashgan bahosi yangi (latent) miqdoriy alomatning qiymati sifatida qaraladi. Ikkinchi bosqichda esa umumlashgan baholarni hisoblash faqat miqdoriy alomatlardan iborat kengaytirilgan alomatlar fazosida amalga oshirilgan.

Internet repozitoriyasidan olingan "*German Credit data*" tanlanmasi bo'yicha hisoblash tajribasining natijalari [3] umumlashgan baholarga asoslangan qaror qilish qoidalarining umumlashtirish qobiliyati taniqli *LDA* usulidan yuqoriligini ko'rsatdi.

Anglash masalalarini yechishda latent alomatlarni kiritishga talab, turli sinflar obyektlari chiziqli ajralishni ta'minlovchi to'g'rilanuvchi fazoni izlashda yuzaga keladi. Tayanch vektorlar usulida (*SVM* [4]) ajratuvchi sirtlarning nochiziqli yadroviy funksiyalardan foydalanish hisobiga erishiladi, diskriminant funksiyalar parametrlarini izlash esa yangi (to'g'rilanuvchi) alomatlar fazosida ikkita sinf obyektlari o'rtasida chekinishlarni maksimallashtirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Bu bo'limda obyektlar tavsifidagi qiymatlarini son o'qiga nochiziqli akslantirish maqsadida turli toifadagi alomatlarni guruhlash uchun ierarxiyaga asoslangan qoida taklif qilinadi. Nochiziqli akslantirish natijalari obyektlar tavsifidagi umumlashgan baho qiymati deb qaraladi. Umumlashgan baholar (o'zaro kesishmaydigan guruhlar) sonini, guruhlariga kiruvchi boshlang'ich alomatlar miqdori va ularning tarkibini aniqlashga asos bo'ladigan mezonlar taklif qilingan.

Obyektlar tavsifidagi har bir yangi alomatning qiymati bo'yicha qaror qilish qoidasi tayanch algoritmlar majmuasini hosil qiladi [1]. Tayanch algoritm mustaqil klassifikator sifatida yoki boshqa algoritmlar bilan kompozitsiyada ishlatilishi mumkin.

Ierarxiyaga asoslangan aglomerativ guruhlash yordamida umumlashgan baholarni hisoblashning maqsadga muvofiqligi quyidagi sabablar bilan asoslanadi [5]:

- umumlashgan baholar, boshlang'ich holatga nisbatan kichik bo'lgan o'lchamdagi yangi alomatlar fazosini hosil qiladi;
- alomatlar fazosini kattaligi tufayli amalga oshirish samarasiz yoki faqat o'lchov shkalalarining faqat bittasida (miqdoriy yoki

nominal) qo'llanishi mumkin bo'lgan sinflarga ajratish algoritmlardan foydalanish muammosi yechiladi;

- guruhlash jarayonida ketma-ket ravishda informativ alomatlarni tanlash ro'y beradi;

- aniqlangan alomatlar kombinatsiyasi bo'yicha obyektlar tavsifini son o'qiga nochiziqli akslantirish berilganlar saqlagichidagi turg'un mantiqiy qonuniyatlarni (yangi bilimlarni) aniqlash vositasidir.

Alomatlarni ierarxiyaga asoslangan guruhlash asosida obyektlarning umumlashgan baholari. O'zaro kesishmaydigan K_1, K_2 sinflar bilan berilgan masala qaraladi. Boshlang'ich E_0 tanlamada alomatlarning $X(n)$ to'plamini o'zaro kesishmaydigan $X_1(k_1), \dots, X_\tau(k_\tau)$, $\tau \geq 1$, $k_1 + \dots + k_\tau \leq n$ to'plam ostilarga bo'lish qoidasi berilgan deb hisoblanadi. Har bir $X_i(k_i)$ bo'yicha $S_j \in E_0$, $j = 1, \dots, m$ obyektlar tavsifidagi $X_i(k_i)$ alomatlar qiymatlarini son o'qidagi qiymatlarga (umumlashgan bahoga) akslantirish uchun A_j algoritmini aniqlash talab qilinadi (Yu.I. Juravlyovning obrazlarni anglashga algebrayik yondoshuvi terminologiyasidagi anglash operatori [1]).

Miqdoriy va nominal alomatlar nomerlari to'plamlarini mos ravishda I va J orqali belgilaylik.

Umumlashgan baholar qiymatlarini ketma-ket hisoblash jarayoni ierarxiyaga asoslangan aglomerativ guruhlash algoritmi bilan quyida tavsiflangan qoida bo'yicha amalga oshiriladi. Ierarxiyaga asoslangan guruhlashning p ($0 \leq p < n$)-qadamidagi alomatlarni identifikatsiyalash uchun $\{x_i^p\}_{i \in (I \cup J)}$ belgilashdan foydalanamiz.

Guruhlash va umumlashgan baholarni shakllantirish jarayonida I va J , $|I| + |J| \leq n$ to'plamlar elementlari va quvvati o'zgarib boradi. Guruhlarga birlashadigan alomatlarning o'lchov shkalasiga bog'liq ravishda son o'qiga akslantirish uchun ular parametrlarini hisoblashning turli usullardan foydalaniladi.

Berilgan E_0 tanlanma obyektlarining $x_j^p, j \in I, p \geq 0$ alomat bo'yicha qiymatlarining tartiblangan to'plamini, har biri nominal

alamat gradatsiyasi sifatida qaraladigan $[c_1^{jp}, c_2^{jp}], (c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervallarga bo'lamiz.

Miqdoriy $x_j^p, j \in I$ alamatning $[c_1^{jp}, c_2^{jp}], (c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervaldagi $K_i, i = 1, 2, (|K_i| > 1)$ sinfdagi qiymatlarining miqdori mos ravishda u_i^1, u_i^2 bo'lsin, $v - x_j^p$ alamatning E_0 tanlanmadagi kamaymaydigan holda tartiblangan $r_{j_1}, \dots, r_{j_v}, \dots, r_{j_m}$ ketma-ketligining $c_1^{jp} = r_{j_1}, c_2^{jp} = r_{j_v}, c_3^{jp} = r_{j_m}$ ko'rinishida interval chegarasini aniqlab beruvchi tartib nomer bo'lib,

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^2 u_i^1 (u_i^1 - 1) + u_i^2 (u_i^2 - 1)}{\sum_{i=1}^2 |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3-i}| - u_{3-i}^d)}{2|K_1||K_2|} \right) \rightarrow \max_{c_1^{jp} < c_2^{jp} < c_3^{jp}} \quad (6.1)$$

mezoni $[c_1^{jp}, c_2^{jp}], (c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervallar oralig'idagi chegara qiymatini baholashga imkon beradi. Mezonning chap qavs ichidagi ifoda sinf ichidagi o'xshashlikni, o'ngda qavs sinflararo farqlanishni bildiradi. Mezonning ekstremumi x_j^p alamatning $w_j^p (0 \leq w_j^p \leq 1)$ vazni sifatida ishlatiladi. Agar $w_j^p = 1$ bo'lsa, x_j^p alamatning K_1, K_2 sinflar obyektlardagi qiymatlari o'zaro kesishmaydigan holatni bildiradi.

Nominal alamatni guruhga qo'shganda, uning obyektning umumlashgan bahosini hisoblashdagi vaznini va har bir gradatsiyasining hissasini aniqlash talab qilinadi. Nominal $r \in J$ alamatning vazni $v_r = \lambda_r \beta_r$ ko'rinishida aniqlanadi, bu yerda λ_r – sinflararo farqlanish o'lchami va β_r – sinf ichidagi o'xshashlik o'lchami quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$\lambda_r = 1 - \frac{\sum_{t=1}^p g_{1r}^t g_{2r}^t}{|K_1||K_2|}; \quad \beta_r = \begin{cases} \frac{\sum_{t=1}^p g_{1r}^t (g_{1r}^t - 1) + g_{2r}^t (g_{2r}^t - 1)}{D_{1r} + D_{2r}}, & D_{1r} + D_{2r} > 0, \\ 0, & D_{1r} + D_{2r} = 0, \end{cases}$$

$$D_{dr} = \begin{cases} (|K_d| - l_{dr} + 1)(|K_d| - l_{dr}), & p > 2, \\ |K_d|(|K_d| - 1), & p \leq 2, \end{cases}$$

bu yerda g_{ir}^t – r - alomatning K_i – sinfdagi t - gradatsiyalar soni.

Ravshanki, nominal alomatning π gradatsiyalarini identifikatsiya qiluvchi sonlarni $\{1, \dots, \pi\}$ to‘plamiga bir qiymatli akslantirish mumkin. Shunday akslantirishni inobatga olgan holda $S = (a_1, \dots, a_n)$ obyekt uchun $a_i = j, i \in J, j \in \{1, \dots, \pi\}$ alomatning umumlashgan bahoga qo‘shgan hissasini

$$\mu_i(j) = v_i \left(\frac{\alpha_{ij}^1}{|K_1|} - \frac{\alpha_{ij}^2}{|K_2|} \right),$$

kattalik bilan aniqlanadi. Bu yerda $\alpha_{ij}^1, \alpha_{ij}^2$ – K_1 va K_2 sinflardagi i - alomatning j -gradatsiyalari soni.

$$S_r = \{a_{ru}^p\}_{u \in (I \cup J)}, S_r \in E_0 \text{ obyektning } x_i^p, x_j^p, 0 \leq p < n, i, j \in (I \cup J),$$

$i \neq j$ juftliklar bo‘yicha b_{rij}^p umumlashgan bahosi

$$b_{rij}^p = \begin{cases} \mu_i(a_{ri}^p) + \mu_j(a_{rj}^p), & i, j \in J, \\ \mu_i(a_{ri}^p) + t_j w_j^p (a_{rj}^p - c_2^{jp}) / (c_3^{jp} - c_1^{jp}), & i \in J, j \in I, t_j \in \{-1, 1\}, \\ \eta_{ij} (t_i w_i^p (a_{ri}^p - c_2^{ip}) / (c_3^{ip} - c_1^{ip}) + t_j w_j^p (a_{rj}^p - c_2^{jp}) / (c_3^{jp} - c_1^{jp})) + \\ + (1 - \eta_{ij}) t_{ij} w_{ij}^p (a_{ri}^p a_{rj}^p - c_2^{ijp}) / (c_3^{ijp} - c_1^{ijp}), & i, j \in I, t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1], \end{cases} \quad (6.2)$$

ko‘rinishida aniqlanadi. Bu yerda w_i^p, w_j^p, w_{ij}^p – mos ravishda x_i^p, x_j^p alomatlar to‘plami bo‘yicha (6.1) orqali aniqlanadigan alomatlar va ularning $x_i^p x_j^p$ ko‘paytmasining vaznlari. (6.2) dagi $t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}$, $\eta_{ij} \in [0, 1]$ qiymatlari quyidagi

$$\phi(p, i, j) = \frac{\min_{S_r \in K_1} b_{rij}^p - \max_{S_r \in K_2} b_{rij}^p}{\max_{S_r \in E_0} b_{rij}^p - \min_{S_r \in E_0} b_{rij}^p} = \max_{t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1]}. \quad (6.3)$$

funksionalning ekstremumi bo‘yicha tanlanadi.

Funksionalning ekstremumi qiymati K_1 va K_2 sinflar obyektlari o‘rtasidagi chekinish sifatida izohlanadi. $\{z_{ij}^p\}_{i, j \in (I \cup J)}$, $p \geq 0$ – $(n - p) \times (n - p)$ o‘lchamdagi kvadrat matritsa bo‘lib, uning z_{ij}^p elementining qiymati

$$z_{ij}^p = \begin{cases} 0, & i = j, \\ \left\{ b_{rij}^p \right\}_{r=1}^m, \text{bo'yicha (6.1) qiymati,} & i \neq j, \end{cases} \quad (6.4)$$

ko'rinishida aniqlanadi.

Boshlang'ich $X(n)$ alomatlar nomerlarining to'plam ostisi $G_\eta, \eta > 0$ orqali belgilaylik. Iterativ guruhlash algoritmini qadamba-qadam amalga oshirish quyidicha bo'ladi:

1-qadam: $\eta = 1, G_\eta = \emptyset, p = 0, \lambda c = 0$;

2-qadam: (4) bo'yicha $\{z_{ij}^p\}_{i,j \in (I \cup J)}$ matritsa elementlari hisoblansin;

3-qadam: Hisoblansin $\lambda n = \max_{u,v \in (I \cup J)} z_{uv}^p$.

Ajratilsin $\Omega = \{(s, t), s, t \in I \cup J \mid z_{st}^p = \lambda n \text{ va } s < t\}$.

$\{i, j\} = \begin{cases} \Omega, & |\Omega| = 1, \\ \{s, t\}, (s, t) \in \Omega \text{ va } \phi(p, s, t) > \max_{(u,v) \in \Omega \setminus \{(s,t)\}} \phi(p, u, v); \end{cases}$

orqali $\{i, j\}, i < j$ juftligi aniqlansin.

4-qadam: Agar $G_\eta = \emptyset$, u holda $G_\eta = \{i, j\}$, $\text{Margin} = \phi(p, i, j)$, 8-qadamga o'tilsin;

5-qadam: Agar $G_\eta \cap \{i, j\} = \emptyset$, u holda 7-qadamga o'tilsin;

6-qadam: Agar $\lambda n > \lambda c$ yoki $\lambda n = \lambda c$ va $\text{Margin} < \phi(p, i, j)$, u holda $G_\eta = G_\eta \cup \{i, j\}$, $\text{Margin} = \phi(p, i, j)$, u holda 8-qadamga o'tilsin;

7-qadam: $\eta = \eta + 1, G_\eta = \emptyset$, 4-qadamga o'tilsin;

8-qadam: $p = p + 1, I \cup J = (I \cup J) \setminus \max(i, j), I = I \cup \min(i, j), k = \min(i, j), \lambda c = \lambda n$. $S_r = \{a_{ru}^{p-1}\}_{u \in (I \cup J)}, r = 1, \dots, m$ obyekt tavsifidagi alomat qiymati almashtirilsin:

$$a_{ru}^p = \begin{cases} a_{ru}^{p-1}, & u \in (I \cup J) \setminus k, \\ b_{rij}^p, & u = k; \end{cases}$$

9-qadam: Qiymat hisoblansin:

$$z_{uv}^p = \begin{cases} z_{uv}^{p-1}, & u \in (I \cup J) \setminus k, v \in (I \cup J), \\ \{a_{rv}^p\}_{r=1}^m \text{ dagi (1) qiymati,} & u = k, v \in (I \cup J). \end{cases}$$

Agar $n - p > 1$, u holda 3-qadamga o'tilsin;

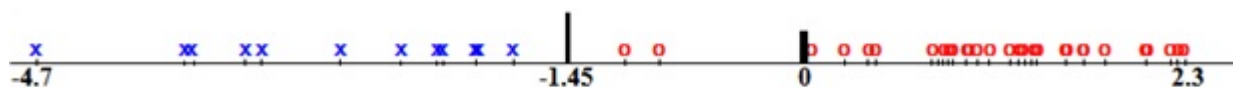
10-qadam: Tamom.

Yuqorida tavsiflangan algoritmgaga chekli sondagi rekursiv murojaatlardan keyin barcha boshlang'ich alomatlar bitta nochiqli bahoga olib kelinadi. Amaliy nuqtayi nazardan konkret tanlanma uchun umumlashgan baholar soniga bo'lgan cheklovlarini tajriba hisoblash natijalari bo'yicha yoki tanlashning qo'shimcha mezonlaridan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin.

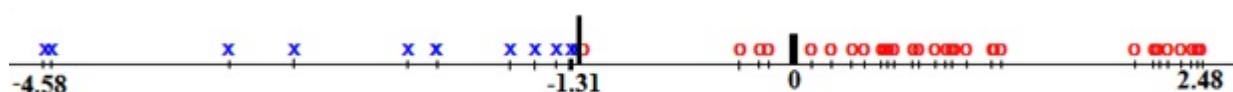
Endi (6.2) umumlashgan baho asosida klassifikatorga misol ko'raylik. $\{a_{ir}^p\}_{i=1}^m, p < n, r \in I$ orqali (2) bo'yicha hisoblangan umumlashgan baho (alamat) qiymatlari to'plami bo'lsin. O'z navbatida bu to'plam (6.1) mezon bo'yicha $[c_1, c_2], (c_2, c_3]$ intervallarga bo'lingan bo'lsin. Qaror qiluvchi qoida uchun

$$w_0 = \frac{c_2 + z}{2} \quad (6.5)$$

teng bo'lgan chegara tanlash kerak bo'ladi. Bu yerda $z - (c_2, c_3]$ intervaldagi c_2 eng yaqin qiymat. Diskriminant funksiyalarda (6.5) chegaradan foydalanish natijalarning tahlili [3] keltirilgan. Qiyosiy tahlil uchun Fisher chiziqli diskriminanti va (6.5) bo'yicha bo'sag'ani tanlash grafik ko'rinishini olaylik. Quyida keltirilgan 6.1 va 6.2-rasmlarda [6] olingan tanlanma uchun bo'sag'a qiymatini tanlash ko'rsatilgan. Ikkita sinf obyektlari "x" va "o" belgilari orqali belgilangan.



6.1-rasm. Fisher chiziqli diskriminanti bo'yicha tanlangan bo'sag'a



6.2.-rasm. (5) mezon bo'yicha tanlangan bo'sag'a

Nazorat savollari:

1. Guruhlash masalasi qanday qo'yiladi?
2. Iyerarxik aglomerativ guruhlash divizim guruhlashdan qanday farqlanadi?
3. Sinf obyektlarning qobig'i qanday aniqlaanadi?
4. Tanlanmaning chiziqli qobig'ini topish nima uchun kerak?
5. "Yaqin qo'shni" usulida obyektни anglash qanday amalga oshiriladi?

Adabiyotlar

1. Журавлёв Ю.И. Об алгебраических методах в задачах распознавания и классификации // Распознавание, классификация, прогнозирование. Математические методы и их применение. – М: Наука, 1989. – Вып. 1. – С. 9-16.
2. Игнатъев Н.А. Вычисление обобщённых показателей и интеллектуальный анализ данных // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 5. – С.183-190.
3. Игнатъев Н. А., Нуржонов Ш. Ю. Выбор параметров регуляризации для повышения обобщающей способности дискриминантных функций // Узбекистон Республикаси Курол Кучлари академиясининг хабарлари. – 2014. – № 1(14). – С. 81-87.
4. Середин О.С. Линейные методы распознавания образов на множестве объектов произвольной природы, представленные попарными сравнениями. Общий случай // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2012. Вып.1. – С. 141-152.
5. Игнатъев Н.А. Вычисление обобщённых оценок объектов и иерархическая группировка признаков // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – № 4 (33). – 2015. – С. 31-37.
6. Игнатъев Н. А., Саидов Д. Ю. Линейные дискриминантные функции и выбор спрямляющего пространства для их реализации // Ўзбекистон Республикаси Куролли кучлари академияси хабарлари. – № 1(24)-сон. 1-қисм. – Т., 2017. – Б. 128-135.

7. Informativ alomatlar to'plamlari

Obrazlarni anglash nazariyasida informativ alomatlar to'plamini sintez qilish va tanlash usullari farqlanadi. Alomatlar sintezi (*features extraction*) – berilgan (xom) alomatlar funksiyasi sifatidagi yangi alomatlarni generatsiya qilishdir. O'rgatuvchi tanlanmaning barcha obyektlar uchun alomatlarni sintez qilish masalalari klasterli tahlil bo'limida batafsil keltirilda. Mazkur bo'limda faqat ayrim obyektlarni sinflarga ajratish uchun individual kombinatsiya qilingan alomatni sintez qilish protsedurasi qoraladi.

Alomatlarni tanlash (*features selection*) – foydalaniladigan mezonlar va ularni amalga oshirish usullariga bog'liq ravishda ahamiyatli (informativ) alomatlarni tanlashdir. Aniq bir masalaga nisbatan alomatlarni informativ deyish mumkin. Alohida alomatlarning yuqori informativligi, ulardan tashkil etilgan to'plam ham informativ bo'lishini kafolalamaydi. Odatda alomatlarni tanlash masalasi *NP* to'liq masala bo'lganligi sababli optimal yechim mumkin bo'lgan barcha variantlarni ko'rib chiqish asosida olinishi mumkinki, real masalalarda buni amalga oshirishning deyarli imkoniyati yo'q. Barcha variantlarni qarab chiqishni cheklab o'tish uchun amaliyotda turli evristik usullardan foydalaniladi.

Alomatlar bir-biri bilan kuchli bog'liq bo'lishi, bir qator masalalarda ularning soni obyektlar sonidan katta bo'lishi mumkin. Tanlanma obyektlari to'plamining barchasi uchun bir xil informativ bo'lgan alomatlarning o'rtacha to'plam ostisini olish murakkab masaladir.

Mazkur bo'limda barcha obyektlar tanlanmasi va alohida har bir obyekt uchun alohida informativ alomatlar to'plam ostilarini tanlash masalalari qoraladi. Tanlash usullarida tanlanmaga dastlabki ishlov berishga asoslangan chastotali tahlilidan foydalaniladi. Obyektlar tavsifidagi alomatlar qiymatlarini yagona (nominal) o'lchov shkalasiga o'tkazish va informativ alomatlar to'plam ostisiga nomzod sifatida faqat bog'liqmas alomatlarni tanlash taklif etiladi.

Odatda, “o'qituvchi” yordamida sinflarga ajratishda turli toifadagi alomatlarning informativ to'plam ostilarilarini ajratish jarayoni quyidagi muammolar yechimiga bog'liq:

a) alomatlarni, boshlang'ich ma'lumotni minimal yo'qotadigan yagona turdagi o'lcham shkalasiga o'tkazish yoki miqdoriy alomatlar to'plami bo'yicha obyektlarning atrof tizimini berish;

b) obyektlar o'rtasidagi yaqinlik o'lchamini va tanlash mezonlarini aniqlash.

O'qituvchi asosida obrazlarni anglash masalalari yechishda obyektlarni baholash (indekslashtirish) mezonlari qaraladi. Baho qiymati obyekt informativ alomatlarining individual to'plam ostisi bo'yicha mezonning ekstremumi asosida hisoblanadi. Har bir obyekt atrofida o'zining mantiqiy qonuniyati mavjudligi haqidagi gipotezaning rostliligi tekshiriladi.

Turli toifadagi maksimal bog'liqmasligi bilan ifodalanuvchi alomatlar uchun informativ to'plamlar ajratish. Standart ko'rinishdagi obrazlarni anglash masalasi qaraladi. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflar vakillarini o'z ichiga oluvchi $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ obyektlar to'plami berilgan bo'lsin. Obyektlar n ta turli toifadagi (miqdoriy va nominal) alomatlar bilan tavsiflangan. Turli toifadagi berilganlar uchun yaqinlik o'lchovini kiritish uchun miqdoriy alomatlarni nominal belgilarga o'tkazish taklif qilinadi (alomatlarni intervallarga ajratishga qaralsin).

Berilgan obyektlar $(S_a = (x_{a1}, \dots, x_{an}), S_b = (x_{b1}, \dots, x_{bn}))$ juftliklari to'plamida quyidagi funksiyalar aniqlanadi:

$$g(a, b, i, j) = \begin{cases} 2, & x_{ai} \neq x_{bi} \quad \text{va} \quad x_{bj} \neq x_{aj}, \\ 1, & x_{ai} = x_{bi} \quad \text{yoki} \quad x_{aj} = x_{bj}, \\ 0, & x_{ai} = x_{bi} \quad \text{va} \quad x_{aj} = x_{bj}; \end{cases}$$

$$\alpha(a, b) = \begin{cases} 0, & S_a, S_b \in K_i, i = \overline{1, l} \\ 1, & S_a \in K_i, S_b \in K_j, i \neq j. \end{cases}$$

E_0 to'plamda (x_i, x_j) nominal alomatlar juftligi uchun yaqinlik o'lchovi quyidagicha beriladi:

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{\sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m \alpha(a,b) g(a,b,i,j)}{2 \sum_{p=1}^l |K_p| (m - |K_p|)}, & i \neq j \\ 0, & i = j. \end{cases} \quad (7.1)$$

Informativ alomatlarni tanlash jarayonini yoʻnaltirilgan tarzda amalga oshirish maqsadida alomatlarning tartiblangan ketma-ketligini qurish masalasi qoʻyiladi. Hisoblash eksperimentlarini oʻtkazish asosida ketma-ketlikdan alomatni oʻchirish (berilgan tartibdagi) minimal konfiguratsiyali neyron toʻrlar murakkabligini monoton oshmasligiga olib kelishi isbotlangan [2].

Faraz qilaylik, $B = \{b_{ij}\}_{n \times n}$ matritsa (7.1) asosida qurilgan va turli toifadagidagi alomatlar toʻplamida hissalar qiymatlari $(\gamma_i)_1^n$ maʼlum boʻlsin. $X_k = (x_1, \dots, x_k), k < n$ informativ toʻplam ostisini aniqlash uchun tartiblangan alomatlar ketma-ketligini

$$x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n} \quad (7.2)$$

qurishning rekursiv protsedurasi taklif qilinadi: B matritsa boʻyicha eng katta qiymatga ega b_{ij} ga mos $(x_i, x_j), (\gamma_i \geq \gamma_j)$ juftlik ajratib olinadi va (7.2) ga kiritiladi (chapdan oʻngga). B matritsadan i va j nomerli satr va ustunlarni oʻchirish asosida xuddi shunday yoʻl bilan keyingi alomatlar juftligi aniqlanadi. Informativ alomatlar toʻplamini izlash samaradorligiga (7.2) dan alomat-nomzodlarni cheklangan saralashlar (oʻngdan chapga) va ketma-ket oʻchirishlar hisobiga erishiladi.

Xarajatlar bilan bogʻliq masalalarda har birining qiymatini $C_n = (c_1, \dots, c_n)$ va xarajatlarga boʻlgan umumiy cheklov C_0 qiymatini inobatga olgan holda turli toifadagidagi alomatlar informativ toʻplam ostisini $X_k = (x_1, \dots, x_k), k \leq n$ tanlash uchun alomatlarning tartiblangan ketma-ketligini

$$x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k}, k \leq n \quad (7.3)$$

qurishning rekursiv protsedurasi (yuqoridagiga oʻxshash) taklif qilinadi.

B matritsa bo'yicha $(1 - b_{ij}) \times (c_i + c_j)$ ifodaga eng kichik qiymat beruvchi $(x_i, x_j), i < j$ juftlik ajratib olinadi va (7.3) ga (chapdan o'ngga) kiritiladi. Xuddi shu yo'l bilan i va j nomerli satr va ustunlarni o'chirilagan B matritsadan juftlik ajratib olinadi va (7.3) kiritiladi. Jarayon $\sum_{x_i \in X_k} c_i \leq C_0$ shartni o'rinli bo'lguncha davom etadi.

Informativ alomatlarning individual to'plam ostisni tanlash. Obyektlarni baholashga (indekslashtirishga) zarurat turli predmet sohalarda qarorlar qabul qilishlarda yuzaga keladi. Indeksalar qiymatlari qimmatbaho qog'ozlar oldi-sotti bozorini, atrof-muhit ekologiyasi holatini va terroristik xatarlar darajasini monitoring qilishda, jamiyatning ijtimoiy rivojlanishini hamda, ilmiy nashrlar iqtibosligini baholashda va shunga o'xshash masalalarda keng qo'llaniladi. Odatda indekslarni qiymatlarni hisoblash qat'iy fiksirlangan ko'rsatkichlar to'plamlari asosida amalga oshiriladi.

O'rgatuvchi tanlanma uchun aniqlangan informativ alomatlar (ko'rsatkichlar) alomatlar fazosining barcha sohalariga xos bo'lgan qonuniyatlar tabiatini o'zida akslantirmaydi. Har bir obyekt uchun o'ziga xos mantiqiy qonuniyat mavjudligi va bu qonuniyatni topish uchun lokal metrikalardan foydalanish lozimligi [1]da qaralgan. Lokal metrikalarni qo'llash evristikaga asoslanadi, chunki ularni tanlashning qat'iy bir mezoni yo'q. Berilganlarni o'lchash masshtablariga invariant bo'lgan, amalga oshirishning kombinator murakkabligi maqbul vaqtda natijalar olishga imkon beruvchi usullarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Chiziqli tartiblash – bo'sh bo'lmagan to'plam elementlari munosabatlari bilan beriladigan eng sodda va oson izohlanadigan tuzilmadir. Odatda, informativ alomatlar to'plam ostiga kiritilishga bog'liqmas alomatlar dastlabki nomzodlar hisoblanadi. Chiziqli tartiblashni ishlatishga misol sifatida o'zaro bog'liqmasligi maksimal ifodalangan alomatlar to'plamini tanlashni ko'rsatish mumkin. Bunday yondoshuv minimal konfiguratsiyali sun'iy neyron to'rlarini sintez qilishda qo'llanilgan [2].

Qaror qabul qilish uchun obyektning individual informativ alomatlari to'plam ostisini tanlash zarurati kasallik tashxis qo'yishda, aniq hududlarda texnogen falokatlar oldini olish choralarini ko'rishda yuzaga chiqadi. Tibbiyot amaliyotida esa bir xil tashxis qo'yilgan

ikkita bemorning kasallik sabablari (tashxis alomatlari) turli simptomlar va sindromlar bo'lishini misol tariqasida keltirish mumkin.

Obyektlarning lokal metrikasi yordamida individual informativ alomatlar to'plamlarini ajratish usuli [3] da keltirilgan. Tanlash uchun ikkita K_1 va K_2 sinflar vakillariga (obyektlariga) obyektning lokal metrikasi bo'yicha bo'lgan masofalarining tartiblangan ketma-ketligida uchrash chastotalarining maksimal farqlanishiga asoslangan mezon ishlatilgan. Bemor va deyarli sog'lom individuumlar holatlarini tavsiflovchi tibbiy berilganlari bo'yicha olingan mezonning ekstremal qiymatini salomatlik indeksi sifatida izohlash taklif qilingan.

Mumkin bo'lgan obyektning informativ alomatlarining individual to'plami quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- uning atrofida mantiqiy qonuniyatlarni ajratib olish;
- obrazlarni anglashda qaror qabul qilish jarayonini tushuntirish;
- sinflarning shovqin (anomal) obyektlari bor yoki yo'qligini aniqlash;
- anglash algoritmlari modellarida tayanch to'plamlarni tanlash.

Informativ alomatlarining individual to'plamini ajratish uchun tavsifi [3]da keltirilgan mezondan farqlanuvchi ikkita yangi mezon taklif qilingan. Mazkur mezonlar bilan qiymatlar hisoblanganda, xuddi [3]dagidek aniqlangan alomatlar to'plamlari bo'yicha yaqinlik funksiyalaridan foydalaniladi. Qo'yilgan maqsadlardan kelib chiqqan holda obyektlarni yaqinlik funksiyalari qiymatlari bo'yicha tartiblash quyidagilarni aniqlash imkoniyatini beradi:

- tadqiq qilinayotgan obyektga nisbatan mantiqiy qonuniyatlar turg'unligini;
- kompaktlik gipotezasining rostlik darajasi maksimal bo'lgan ikki sinf vakillari orasidagi chegarani.

O'lchovlar shkalalari masshtablariga nisbatan invariantlik xususiyati turli toifadagi (nominal va miqdoriy) boshlang'ich (xom) alomatlarining guruhini son o'qiga nochiziqli akslantirish mezonining atributi hisoblanadi. Lokal geometriya usuliga o'xshash tarzda koordinata boshi tadqiq qilinayotgan obyektga joylashadi [1]. Nochiziqli akslantirishda guruhlash mezonlari bo'yicha latent alomatlarini sintez qilish bilan birga ularni informativlik darajasi bo'yicha tartiblash amalga oshiriladi. Odatda informativ to'plam ostisi birinchi guruh

alamatlaridan iborat bo‘ladi. Boshlang‘ichlardan latent alomatlar qiymatlarini hisoblash uchun analitik ko‘rinish (formulalar) bo‘lgan natijalar mavjud [4].

Informativ alomatlar individual to‘plam ostilarini ajratish mezonlari. Standart tarzda obrazlarni anglash masalasi qaraladi. O‘rgatuvchi tanlanma $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ to‘plam orqali berilgan bo‘lib, uning obyektlari ikkita kesishmaydigan K_1 va K_2 sinflarga (to‘plam ostilariga) bo‘lingan, $E_0 = K_1 \cup K_2$. Obyektlar tavsiflari n ta turli toifadagi alomatlar $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ orqali amalga oshiriladi, bunda alomatlardan ξ tasi interval shkalalarda, $n - \xi$ tasi esa nominal shkalalarda o‘lchanadi. I, J orqali mos ravishda sonli va nominal alomatlar indeksleri to‘plamlarini belgilaymiz. $S \in E_0$ obyekt uchun informativ alomatlar ajratish mezonlari berilgan bo‘lsin. Har bir mezon bo‘yicha $S \in E_0$ obyekt uchun quyidagilarni topish talab qilinadi:

- $X(k) = \{x_i\}, i \in I \cup J, k \leq 1$ – alomatlarining informativ to‘plam ostisini;
- $X(k)$ informativ to‘plam ostisi bo‘yicha mezonning ekstremal qiymati sifatidagi S obyektining bahosini.

Mumkin bo‘lgan obyektning o‘zining informativ alomatlar fazosi chegarasida tavsiflash obyektning boshqa obyektlar bilan o‘xshashlik (farqlanish) individual o‘lchovini aniqlash uchun ham zarurdir. Bunday o‘lchov obyektlar orasidagi munosabatlarni aks ettiradi va qarorlar qabul qilish vositasi hisoblanadi.

O‘lchov masshtablarini unifikatsiyalash maqsadida miqdoriy alomatlar qiymatlari kasr-chiziqli almashtirish orqali $[0,1]$ oralikka akslantiriladi. Berilgan $S_a = (x_{a1}, \dots, x_{an})$ va $S_b = (x_{b1}, \dots, x_{bn})$ obyektlar yaqinligining o‘lchovi sifatida Juravlyov metrikasi qo‘llaniladi:

$$\rho(S_a, S_b) = \sum_{i \in I} |x_{ai} - x_{bi}| + \sum_{i \in J} \begin{cases} 1, x_{ai} \neq x_{bi}, \\ 0, x_{ai} = x_{bi}. \end{cases}$$

Faraz qilaylik, $S_d \in K_p$ obyekt uchun $X(k), k \leq n$ alomatlar to‘plam ostisi bo‘yicha E_0 obyektlarining tartiblangan

$$S_{d_0}, \dots, S_{d_{m-1}}, S_{d_0} = S_d \quad (7.4)$$

ketma-ketlik qurilgan bo‘lib, ular o‘rtasida munosabat $\rho(S_{d_i}, S_d) < \rho(S_{d_{i+1}}, S_d)$ ko‘rinishidagi tengsizlik bilan berilgan.

Tanlanmaning $S_d \in K_p$ obyektini (7.4) bo‘yicha baholash uchun quyidagi funksionaldan foydalaniladi:

$$F(S_d, X(k)) = \max_{0 \leq i \leq m-1} \left(\frac{z_p(i)}{|K_p \cap E_0|} - \frac{z_{3-p}(i)}{|K_{3-p} \cap E_0|} \right). \quad (7.5)$$

Bu yerda $z_p(i), z_{3-p}(i)$ – mos ravishda (7.4) bo‘yicha aniqlanadigan $\{S_{d_0}, \dots, S_{d_i}\} \subset E_0$ ketma-ketlikdagi K_p va K_{3-p} sinflar vakillari soni. (7.5) funksionalning qabul qilishi mumkin bo‘lgan qiymatlari to‘plami $(0,1]$ intervalga tegishli bo‘ladi.

Mumkin bo‘lgan $S_d \in K_p$ obyekt uchun

$$F(S_d, X(\mu)) = \max_{0 \leq k \leq n} \max_{\{X(k)\}} F(S_d, X(k)) \quad (7.6)$$

funksional bo‘yicha uchun $X(\mu)$, $\mu \leq n$ alomatlar informativ to‘plam ostisini ajratishni alohida masala sifatida qarash mumkin. Masalan [3] keltirilgan $X(\mu)$ tibbiy ko‘rsatkichlar to‘plami bo‘yicha mumkin bo‘lgan S_d obyektning (7.6) qiymatini K_p , $p=1,2$ sinf bo‘yicha salomatlik indeksi sifatida talqin etilgan va (7.6) funksionalning ekstremumini topish uchun tanlashning evristik qadamba-qadam algoritmlari ishlatilgan. Alomatlarni tanlashning turli sxemalari (kam informativ alomatlarni ketma-ket chiqarib tashlash yoki informativligi yuqori alomatlarni ketma-ket kiritish) o‘xshash natijalarga olib kelmasligi [3]da ko‘rsatilgan.

Tanlash evristik algoritmlarida (7.6) dan samarali foydalanish yo‘lidagi to‘siqlardan biri alomatlar fazosi o‘lchamining kattaligidir. Bu esa o‘z navbatida obyektlar orasidagi yaqinlik qiymatlari “*yuvilib*” ketishiga va qo‘llanilayotgan algoritmlar bo‘yicha hisoblashlar murakkabligining eksponensial o‘sishiga olib keladi. Hisoblashlarning kombinator murakkabligini kamaytirish uchun berilganlarga dastlabki ishlov berish tavsiya etiladi.

Minimal konfiguratsiyali sun‘iy neyron to‘rlari modellarini sintez qilish uchun turli toifadagi alomatlarni bog‘liqmasligi darajasi bo‘yicha tartiblangan joylashuvdan foydalanish g‘oyasi [2] keltirilgan. Shu maqsadda alomatlar juftliklari orasidagi yaqinliklar (farqlar)

matritsasi shakllantirilgan. O'lchov shkalalarini unifikatsiyalash uchun maxsus mezon asosida miqdoriy alomatlar nominal shkalaga o'tkazishdan foydalanildi. Alomatlarining ketma-ket joylashuv tartibi alomatlar juftliklari orasidagi yaqinliklar (farqlar) matritsasi asosida aniqlandi.

Shuni qayd etish kerakki, [2] dan farqli tarzda mazkur ishda yaqinliklar matritsasi qiymatlaridan Juravlyov metrikasi asosida $(x_i, x_j) \in X(n)$ alomatlar juftliklari uchun o'lchovlar shkalalarini unifikatsiya qilinmasdan (bitta shkalaga olib kelmasdan) foydalanish taklif qilinadi. $S \in K_t$ obyekt uchun $B(S) = \{b_{ij}\}_{n \times n}$ yaqinlik matritsasi elementlari quyidagicha hisoblanadi:

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{2|K_{3-t}|} \sum_{S_u \in K_{3-t}} \rho(S, S_u) - \frac{1}{2|K_t|-1} \sum_{S_u \in K_t} \rho(S, S_u), & x_i, x_j \in X(n), i \neq j, \\ 0, & i = j. \end{cases} \quad (7.7)$$

Yaqqol ko'rinib turibdiki, $b_{ij} \leq 1$.

P orqali elementlari qiymatlari boshlang'ich alomatlar qiymatlarining nomerlari bo'lgan to'plamni belgilaylik. Elementlari (7.7) bo'yicha qurilgan $B(S) = \{b_{ij}\}_{n \times n}$ matritsadan alomatlarining $X(k) = (x_1, \dots, x_k)$, $2 \leq k \leq n$ tartiblangan to'plami hosil qilish uchun

$$x_{S_1}, x_{S_2}, \dots, x_{S_n} \quad (7.8)$$

alomatlar ketma-ketligini qurishning rekursiv protsedurasidan foydalanildi:

Boshlang'ich qadamda $P = \emptyset$ bo'lsin. $B(S)$ matritsasidan eng katta qiymatga b_{ij} ga ega bo'lgan juftlik (x_i, x_j) ajratiladi va (8) ga (chapdan o'ngga) kiritiladi. Ajratilgan alomatlar nomerlari $P = P \cup \{i, j\}$ da qayd qilinadi. (x_i, x_j) juftlikdagi ketma-ketlik tartibi $\max_{\mu \in P} b_{i\mu} \geq \max_{\mu \in P} b_{j\mu}$ sharti bilan aniqlanadi. Xuddi shunday usul bilan $B(S)$ dan i va j nomerli satr va ustunlarni o'chirib tashlash asosida $\{1, \dots, n\} \setminus P$ to'plamidan (7.8) uchun navbatdagi alomatlar juftligi aniqlanadi.

Algoritmlar kombinator murakkabligini qisqartirish maqsadida (7.8) dan o'ngdan chapga qarab r ta ($0 < r < n$) elementlar chiqarib tashlanadi. Hosil bo'lgan $x_{S_1}, \dots, x_{S_{n-r}}$ to'plam ostisi, (7.7) bo'yicha

informativ alomatlar tanlash jarayonini boshlash uchun boshlang'ich hisoblanadi.

Informativ alomatlarni tanlashda (7.4) ketma-ketlikdan foydalanishga asoslangan va (7.6) dan farqli yana bir usul taklif etiladi. Quyidagi belgilashlarni kiritaylik: $u_i^1, u_i^2 - [c_1, c_2][c_2, c_3]$ intervallarga tegishli K_i sinf obyektlari soni, bunda mos ravishda $i=1,2$; $\eta - (1)$ ketma-ketlikdagi tartib nomer bo'lib, $c_1 = 0$, $c_2 = \rho(S_d, S_{d_\eta})$, $c_3 = \rho(S_d, S_{d_{m-1}})$. Intervalning c_2 chegarasini aniqlash mezonni ikkita $[c_1, c_2][c_2, c_3]$ intervallarning har birida faqat bitta sinf obyektlarigacha bo'lgan $\rho(x, y)$ masofa qiymatlarini o'z ichiga olishi haqidagi gipoteza rostligini tekshirishga asoslanadi.

Mezonning $X(k)$, $2 \leq k \leq n$ alomatlar to'plam ostisi bo'yicha ekstremal qiymati quyidagicha

$$R(S_d, X(k)) = \left(\frac{\sum_{i=1}^2 u_i^1 (u_i^1 - 1) + u_i^2 (u_i^2 - 1)}{\sum_{i=1}^2 (|K_i| |K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3i}| - u_{3i}^d)}{2|K_1| |K_2|} \right) \rightarrow \max_{c_1 < c_2 < c_3}, (7.9)$$

hisoblanadi va uning qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlari to'plami $(0,1]$ sohaga tegishli. (7.9) ifodada chap qavsdagi ifoda sinf ichidagi o'xshashlikni, o'ng qavslardagi ifoda esa sinflararo farqlanishni ifodalaydi. (7.9) bo'yicha alomatlarning informativ to'plam ostisi $X(\mu)$ quyidagicha aniqlanadi:

$$R(S_d, X(\mu)) = \max_{\{X(k)\}} R(S_d, X(k)).$$

Belgilashlar kiritaylik:

$$\begin{aligned} \lambda_1(t) &= \left| \{S_a \in K_t \mid \rho(S_d, S_a) \in [c_1, c_2]\} \right|, \\ \lambda_2(t) &= \left| \{S_a \in K_{3-t} \mid \rho(S_d, S_a) \in [c_1, c_2]\} \right|, \\ \theta_1(t) &= \lambda_1(t) / |K_t|, \quad \theta_2(t) = \lambda_2(t) / |K_{3-t}|, \end{aligned}$$

bu yerda $[c_1, c_2]$ interval $X(k)$ alomatlar to'plam ostisi (7.9) ga ko'ra topiladi. $X(k)$ to'plam ostisi bo'yicha tanlanmaning $S_d \in K_t$ obyektning bahosi (turg'unligi)

$$U(S_d, X(k)) = \theta_1(t)(1 - \theta_2(t))$$

ko‘rinishida hisoblanadi va

$$U(S_d, X(\mu)) = \max_{\{X(k)\}} U(S_d, X(k)). \quad (7.10)$$

Bu yerda $X(\mu)$ – alomatlar informativ to‘plam ostisi. (7.10) asosida baho qiymatini hisoblash mezonini multiplikativ, (7.6) asosidagi mezonini additiv sifatida xarakterlanadi.

Alomatlarining $X(k)$ to‘plam ostisi bo‘yicha markazi $S_d \in K_p$ bo‘lgan gipershar shaklidagi mantiqiy qonuniyat

$$\varphi(S_d, X(k)) = \{S_d \in K_p \mid \rho(S_d, S_a) < \rho(S_d, S_b)\},$$

to‘plam asosida aniqlanadi, bu yerda $S_b \in K_{3-p}$ qarama-qarshi sinfdan S_d obyektga eng yaqin obyekt bo‘lib, uni tavsiflovchi alomatlarining informativ to‘plam ostisini tanlash va izohlash uchun gipershar shaklidagi mantiqiy qonuniyatning turg‘unlik mezonining ekstremumidan foydalanish tavsiya etiladi:

$$F(S_d, X(\eta)) = \max_{\{X(k)\}} \frac{|\phi(S_d, X(k))|}{|K_p|} \quad (7.11)$$

Obyektni tavsiflash uchun latent alomatlarni tanlash. Yuqorida keltirilganga o‘xshash bo‘lgan obrazlarni anglashning standart masalasi qaraladi. Iyerarxik aglomerativ guruhlash algoritmi [4] yordamida $S_d \in E_0$, $d = 1, \dots, m$ obyekt uchun shaxsiy alomatlar fazosini tanlash amalga oshiriladi. Guruhlash algoritmi $X(n)$ alomatlar to‘plamini $X(k_1), \dots, X(k_\tau), k_1 + \dots + k_\tau \leq n$ kesishmaydigan guruhlar-ga ajratadi. Har bir guruh vakillarini son o‘qiga nochiziqli akslantirish obyekt tavsifida yangi latent alomat hosil qiladi. Bunda latent alomat qiymatlari bo‘yicha sinf ichidagi o‘xshashlik va sinflararo farqlanishlar ko‘paytmasi orqali kompaktlik gipotezasi rostligini tekshiradigan mezon berilgan deb hisoblanadi. Mezon qiymati maksimal bo‘lgan alomatni aniqlash talab qilinadi.

Ixtiyoriy $S_d(a_{d_1}, \dots, a_{d_n}) \in E_0$ obyektning shaxsiy fazosida latent alomatlarni tanlash uchun dastlabki ishlashni amalga oshiramiz. $S_b(b_1, \dots, b_n) \in E_0$ obyekt tavsifidagi alomatlar qiymatlarini quyidagicha almashtiramiz:

$$b_i = \begin{cases} |a_{di} - b_i|, & i \in I, \\ 1, & a_{di} = b_i, i \in J, \\ 0, & a_{di} \neq b_i, i \in J. \end{cases} \quad (7.12)$$

Alomatni (7.12) bo'yicha almashtirish miqdoriy shkalada o'lchan-
gan hisoblanadi, ularning nomerlari esa $I=\{1, \dots, n\}$ kabi identifikat-
siya qilinadi. Latent alomatlar qiymatlarini hisoblash uchun iyerarxik
aglomerativ guruhlash qoidalari qo'llaniladi. Guruhlashning p qada-
mida olingan latent alomatlar $x_j^p, j \in I, p \geq 0$ kabi belgilanadi, bunda
 $p=0, |I|=n$. E_0 obyektlarining x_j^p alomati qiymatlarining tartiblangan
to'plamini (9) ga o'xshash tarzda ikki $[c_1^{jp}, c_2^{jp}][c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervalga
ajratiladi va har bir interval nominal alomat gradatsiyasi sifatida
qaraladi.

Miqdoriy $x_j^p, j \in I$ alomatning $[c_1^{jp}, c_2^{jp}][c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervallaridagi
 $K_i (|K_i| > 1), i=1, 2$ sinf vakillarining qiymatlari sonini mos ravishda
 u_i^1, u_i^2 bilan belgilaylik, $v - E_0$ to'plam obyektlari x_j^p alomat
qiymatlarining kamaymaydigan $r_{j_1}, \dots, r_{j_v}, \dots, r_{j_m}$ ketma-ketligidagi
elementning tartib nomeri bo'lsin, bunda $c_1^{jp} = r_{j_1}, c_2^{jp} = r_{j_v}, c_3^{jp} = r_{j_m}$.
(7.9) ga o'xshash

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^2 u_i^1 (u_i^1 - 1) + u_i^2 (u_i^2 - 1)}{\sum_{i=1}^2 |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3-i}| - u_{3-i}^d)}{2|K_1||K_2|} \right) \rightarrow \max_{c_1^{jp} < c_2^{jp} < c_3^{jp}} \quad (7.13)$$

Mezoni $[c_1^{jp}, c_2^{jp}]$ va $[c_2^{jp}, c_3^{jp}]$ intervallar uchun optimal chegara
 c_2^{jp} qiymatini topish imkonini beradi. Ushbu mezonning ekstremumi
 x_j^p alomatning w_j^p ($0 \leq w_j^p \leq 1$) vazni sifatida foydalaniladi. Agar $w_j^p = 1$
bo'lsa, x_j^p alomat qiymatlarining tartiblangan ketma-ketligida K_1 va
 K_2 sinf vakillari o'zaro kesishmaydi.

$S_r = \{a_{ru}^p\}_{u \in I}, S_r \in E_0$ obyekt tavsifidagi (x_i^p, x_j^p) , $0 \leq p < n$, $i, j \in I$, $i \neq j$ alomatlari juftliklari bo'yicha b_{rij}^p kombinatsiyasining qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$b_{rij}^p = \eta_{ij} \left(t_i w_i^p (a_{ri}^p - c_2^{ip}) / (c_3^{ip} - c_1^{ip}) + t_j w_j^p (a_{rj}^p - c_2^{jp}) / (c_3^{jp} - c_1^{jp}) \right) + \\ + (1 - \eta_{ij}) t_{ij} w_{ij}^p (a_{ri}^p a_{rj}^p - c_2^{ijp}) / (c_3^{ijp} - c_1^{ijp}), \\ i, j \in I, t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1].$$

Bu yerda w_i^p, w_j^p, w_{ij}^p – (7.13) asosida x_i^p, x_j^p alomatlar va ularning ko'paytmasi $x_i^p * x_j^p$ bo'yicha aniqlanadigan alomatlar vaznlari, $t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}$, $\eta_{ij} \in [0, 1]$ qiymatlari quyidagi funksionalning ekstremumidan topiladi:

$$\varphi(p, i, j) = \frac{\min_{S_r \in K_1} b_{rij}^p - \max_{S_r \in K_2} b_{rij}^p}{\max_{S_r \in E_0} b_{rij}^p - \min_{S_r \in E_0} b_{rij}^p} = \max_{t_{ij}, t_i, t_j \in \{-1, 1\}, \eta_{ij} \in [0, 1]}. \quad (7.14)$$

Ushbu funksional ekstremumi (x_i^p, x_j^p) , $0 \leq p < n$, $i, j \in I$, $i \neq j$ alomatlar juftliklari bo'yicha K_1 va K_2 sinflar obyektlari o'rtasidagi chekinish sifatida talqin qilinadi.

Agar $\{z_{ij}^p\}_{i, j \in I}$, $p \geq 0$ orqali o'lchami $(n-p) \times (n-p)$ bo'lgan va $p=0$ bo'lganda, z_{ij}^p elementi qiymati

$$z_{ij}^p = \begin{cases} w_i^p, & i = j, \\ (7.10), \quad \{b_{rij}^p\}_{r=1}^m \text{ bo'yicha, } & i \neq j, \end{cases} \quad (7.15)$$

bilan aniqlanuvchi kvadrat matritsani, Γ_η , $\eta > 0$ orqali $X(n)$ alomatlari nomerlarining to'plam ostisi belgilaylik. Iyerarxik aglomerativ guruhlash algoritmining qadamba-qadam amalga oshirilishi quyida keltiriladi:

1-qadam: $p=0$, $\lambda c=0$, $\eta=1$. Bajarilsin $\Gamma_\eta = \{\eta\}$, $\text{Margin}_\eta = -2$, $\eta = \eta + 1$ ($\eta \leq n$ gacha);

2-qadam: (7.15) asosida $\{z_{ij}^p\}_{i, j \in I}$ matritsa elementlari qiymatlarini hisoblansin;

3-qadam: Tanlansin $\Phi = \{z_{uv}^p \mid z_{uv}^p \geq \max(w_u^p, w_v^p) \text{ va } u \neq v, u, v \in I\}$.

Agar $\Phi = \emptyset$ bo'lsa, 9-qadamga o'tilsin;

4-qadam: Hisoblansin $\lambda_n = \max_{z_{uv}^p \in \Phi} z_{uv}^p$.

Tanlansin $\Delta = \{(s, t), s, t \in I \mid z_{st}^p = \lambda_n \text{ ba } s < t\}$.

$\{i, j\}$ juftlikni aniqlansin ($i < j$),

$$\{i, j\} = \begin{cases} \Delta, & |\Delta| = 1, \\ \{s, t\}, (s, t) \in \Delta \text{ va } \phi(p, s, t) > \max_{(u, v) \in \Delta \setminus \{(s, t)\}} \phi(p, u, v); \end{cases}$$

5-qadam: Agar $\lambda_n > \lambda_c$ yoki $\lambda_n = \lambda_c$ va $\text{Margin}_i < \phi(p, i, j)$ bo'lsa, $\Gamma_i = \Gamma_i \cup \Gamma_j, \Gamma_j \neq \emptyset, \text{Margin}_i = \phi(p, i, j)$, 7-qadamga o'tilsin;

6-qadam: Γ_i alomatlar nomerlarini chop etish, $\Gamma_i = \emptyset, I = I \setminus \{i\}$, 3-qadamga o'tilsin;

7-qadam: $p = p + 1, I = I \setminus \max(i, j), k = \min(i, j), \lambda_c = \lambda_n. S_r = \{a_{ru}^{p-1}\}_{u \in I}, r = 1, \dots, m$ obyekt tavsifiga kiruvchi alomatlar qiymatlari

$$a_{ru}^p = \begin{cases} a_{ru}^{p-1}, & u \in I \setminus \{k\}, \\ b_{rij}^p, & u = k \end{cases}$$

ga almashtirilsin.

8-qadam: Har bir juftlik $(u, v), u, v \in I$ uchun quyidagi qiymat aniqlanadi:

$$z_{uv}^p = \begin{cases} z_{uv}^{p-1}, & u \in I \setminus \{k\}, v \in I, \\ \{a_{rv}^p\}_{r=1}^m \text{ ning (7.10) qiymati, } & u = k, v \in I. \end{cases}$$

Agar $n - p > 1$ bo'lsa, 3-qadamga o'tilsin;

9-qadam: Tamom.

Yuqorida keltirilgan algoritmnı amalda joriy qilish berilganlarni kompakt ravishda taqdim etish (agregatsiyalash) masalasi alomatlar orasidagi funksional bog'lanishlarni izlash orqali echish usullaridan biridir. Berilganlarni agregatsiyalash obyekt tavsifida, to'liq saralash qilmasdan nisbatan oson tarzda turg'un mantiqiy qonuniyatlarni topish imkonini beruvchi latent alomatlarining yangi to'plamini shakllantirishda ifodalanadi.

Aytaylik $\Gamma_r, 1 \leq r$, guruh asosida (7.13) bo'yicha maksimal qiymatga ega $z(S)$ latent alomat va uning $[c_1, c_2][c_2, c_3]$ intervalarining chegaralari aniqlangan bo'lsin. Γ_r to'plam elementlarini $S_d \in K_t$ obyektini tavsiflashdagi yangi fazo tanlashdagi informativ boshlang'ich alomatlar to'plamidagi nomerlar bo'lsin. $S_d \in K_t$ obyektning $z(S)$ latent alomat bo'yicha bahosining qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\Phi(z(S_d)) = \theta_1(1 - \theta_2), \quad (7.16)$$

bu yerda

$$\theta_1 = \frac{|\{S_i \in K_t | z(S_i) \in [c_1, c_2]\}|}{|K_t|}, \quad \theta_2 = \frac{|\{S_i \in K_{3-t} | z(S_i) \in [c_1, c_2]\}|}{|K_{3-t}|}.$$

Hisoblash eksperimenti. Hisoblash eksperimenti uchun pnevmokok seroz meningiti bo'yicha tanlanmadan foydalanildi [5]. E_0 tanlanmaga kirgan 64 obyektning har biri 3 ta miqdoriy va 18 ta nominal alomatlar bilan tavsiflanadi. Birinchi K_1 sinf (pnevmokok meningiti) 35 ta obyektini o'z ichiga oladi, ikkinchi K_2 sinf (seroz meningiti) esa 29 ta obyekt berilgan.

E_0 tanlanmaning bir qator obyektlari uchun alomatlar to'plam ostilariga additiv (7.6) va multiplikativ (7.10) mezonlar bo'yicha informativ alomatlarni qadamba-qadam kiritish algoritmining natijalari 7.1-jadvalda keltirilgan.

7.1-jadval. Obyektlar alomatlarining informativ to'plam ostilari

Obyekt nomeri (sinf)	Informativ alomatlar tanlash mezonlari bo'yicha	
	additiv (6)	multiplikativ (10)
1(1)	$x_3, x_4, x_{12}, x_{15}, x_{16}, x_{20}$	$x_3, x_4, x_6, x_{12}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{20}$
6(1)	x_2, x_3, x_{16}, x_{20}	x_2, x_3, x_{16}, x_{20}
15(1)	x_4, x_5, x_{14}	$x_1, x_6, x_7, x_{19}, x_{21}$
37(2)	$x_3, x_7, x_{12}, x_{16}, x_{20}$	$x_2, x_3, x_7, x_{12}, x_{16}$
54(2)	x_2, x_6, x_7, x_{12}	x_2, x_6, x_7, x_{12}
57(2)	$x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_{12}, x_{20}$	$x_6, x_7, x_8, x_{12}, x_{16}, x_{20}$

7.1-jadvaldan (7.6) va (7.10) bo'yicha aniqlangan va to'plam ostilarga kirgan alomatlar soni va ularning tarkib bo'yicha bir-biridan farqlanishi katta emas. (7.6), (7.10), (7.11) mezonlar ekstremum

qiymatlari bo'yicha obyektlar baholari qiymatlarining qanchalik bir-biriga yaqinligi 7.2-jadvalda ko'rsatilgan.

Eksperimentlar natijalari informativ to'plamlar tarkiblari o'xshashliklari (7.1-jadvalga qarang) va obyektlar alomatlari baholarining yaqinligi (7.2-jadvalga qarang) orqali ifodalanuvchi qonuniyatlar mavjudligini ko'rsatadi. 15 nomerli obyekt baholarining past ko'rsatkichi uning tavsifida alomatlar qiymatlari K_1 sinf vakillariga nisbatan mos emasligini (anomalligini) ko'rsatadi.

7.2-jadval.Obyektlarning mezonlar bo'yicha baholari

Obyekt nomeri (sinf)	Mezon		
	additiv (7.6)	multiplikativ (7.10)	Mantiqiy qonuniyatlarning turg'unligi (7.11)
1(1)	0.8512	0.8276	0.8000
6(1)	0.7941	0.8000	0.7143
15(1)	0.3586	0.0985	0.2571
37(2)	0.8798	0.8778	0.6897
54(2)	0.9025	0.9044	0.5172
57(2)	0.9429	0.9103	0.6897

Berilganlarga dastlabki ishlov berishning samaradorligiga, qo'llanilayotgan mezon nuqtayi nazaridan optimal natijaga olib kelmaydigan variantlardan voz kechish orqali erishish mumkin. Obyekt bahosining (7.7) bo'yicha berilganlarni ishlov berishga bog'liqligini tekshirish talab etiladi. (7.8) dan r ta alomatlar o'chirilgandan (o'ngdan chapga) keyingi $X(n-r), 0 \leq r \leq n-2$ alomatlar to'plam ostisi uchun (7.6) additiv mezon bo'yicha baholarni hisoblash natijalari 7.3 jadvalda keltirilgan.

7.3-jadval.Dastlabki ishlov bo'yicha baholar

Obyekt nomeri (sinf)	O'chirilgan alomatlar soni $r=$		
	5	10	15
1(1)	0.8571	0.8571	0.8227
6(1)	0.7941	0.7941	0.7941
15(1)	0.3586	0.3586	0.3419
37(2)	0.8798	0.8798	0.8453
54(2)	0.9025	0.9025	0.9143
57(2)	0.9429	0.9429	0.9143

Alomatlarining $X(21)$ (7.2-jadvalga qarang) to'plam ostisida (7.4) bo'yicha va dastlabki ishlov berish inobatga olgan holdagi $X(16)$,

X(11) (7.3-jadvalga qarang) informativ alomatlar tanlash natijalari va ularga mos baholarning tahlili, algoritmlarning kombinator murakkabligini kamaytirishda berilganlarda qonuniyatlarni izlash maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi. Hisoblash tajribasi xuddi tahlildagi berilganlarga dastlabki ishlov berish usulidan (7.13) va (7.14) bo'yicha obyektlar baholari va alomatlarning informativ to'plamlarini hisoblashda foydalanish samarasizligini ko'rsatdi.

Alomatlarni nochiziqli almashtirish samaradorligini (7.16) bo'yicha baholar hisoblashda ko'rib chiqamiz. Hisoblashlar (7.13) maksimal qiymatiga ega latent alomat va unga mos berilganlar to'plam ostisi bo'yicha amalga oshirildi. Natijalar 7.4-jadvaldi keltirilgan.

7.4-jadval. Alomatlar guruhini sonlar o'qiga nochiziqli akslantirish

Obyekt nomeri (sinf)	Guruhlar soni	Latent alomatni hosil qilgan to'plam ostisi	(7.16) mezon qiymati
1(1)	4	$x_3, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{12}, x_{15}, x_{16}, x_{20}$	0.9103
6(1)	6	x_3, x_7, x_{16}	0.8246
15(1)	5	$x_2, x_4, x_5, x_6, x_{10}$	0.8374
37(2)	6	$x_4, x_7, x_8, x_{12}, x_{17}, x_{20}$	0.8571
54(2)	5	x_2, x_6, x_7, x_{10}	0.8621
57(2)	5	$x_2, x_4, x_5, x_6, x_7, x_{12}, x_{20}$	0.9429

Berilganlarni intellektual tahlil qilish usullarini qo'llash samarasi sifatidagi kutilmagan natija 15-obyektda olindi. Obyekt uchun (7.6), (7.10) va (7.11) mezonlarga nisbatan (7.16) bo'yicha olingan yuqori baho 0.8374 yashirin qonuniyatlar mavjudligini va uni faqat nochiziqlikni hisobga olgan holda aniqlash mumkinligini ko'rsatadi. Alomatlar guruhi asosida nochiziqli akslantirish natijalari bo'yicha topilgan qonuniyatlarni analitik ifodalash imkoniyati mavjud. 54-obyekt (7.4-jadvalga qarang) misolida aglomerativ iyerarxik guruhlash algoritmi asosida latent alomatni shakllantirish ketma-ketligi quyida keltirilgan:

$$x_2^1 = 0,3(0,0051(x_2^0 - 3) - 0,536x_6^0) + 0,007x_2^0x_6^0;$$

$$x_2^2 = 0,1(1,6813(x_2^1 + 0,0175) - 0,2426x_{10}^1) + 1,7133(x_2^1x_{10}^1 + 0,0175);$$

$$x_2^3 = 1,0118(x_2^2 + 0,0242) - 0,2144x_7^2.$$

Hisoblash eksperimenti yordamida alomatlar to'plamlari tarkibining farqlanishlariga qaramay, turli mezonlar asosida olingan baholar qiymatlarining bir-biriga yaqinligi isbotlandi. Hisoblashlar natijalari bilimlar bazalarini to'ldirish va zaif formallashgan predmet sohalarda axborot modellarini qurishda ishlatilishi mumkin.

Nazorat savollari:

1. Qadamba-qadam bajariluvchi usullar bilan informativ alomatlarni ajratib olish tamoyili qanday?
2. Informativ alomatlarni ajratib olishning anglash algoritmlariga bog'liq bo'lmagan usullari mavjudmi?
3. Anglash algoritmlari uchun informativ alomatlarni ajratib olishdan maqsad nima?
4. Iyerarxik aglomerativ guruhlash usuli yordamida shakllantirilgan latent alomatlarni informativlik bo'yicha tartiblash mumkinmi?

Adabiyotlar

1. Дюк В.А. Методология поиска логических закономерностей в предметной области с нечеткой системологией: На примере клинико-экспериментальных исследований: Дисс. ... докт. тех. наук: – Санкт-Петербург, 2005. – 309 с.
2. Згуральская Е.Н. Выбор информативных признаков для решения задач классификации с помощью искусственных нейронных сетей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. –2012. – № 2. – С. 20-27.
3. Ignatev N. A., Mirzaev A. I. The Intelligent Health Index Calculation System // Pattern Recognition and Image Analysis, 2016, V. 26, № 1. – P. 73-77.
4. Игнатъев Н.А. Вычисление обобщённых оценок объектов и иерархическая группировка признаков // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 4 (33). – С.31-37.
5. Касимова Р.И. Клинико-лабораторные особенности острых гнойных и серозных менингитов в зависимости от этиологии: Дис. ... канд. мед. наук. – Т., 2009. – 145 с.

8. Sun'iy neyron to'rlari

Tirik mavjudotlar ichida eng oliysi bo'lgan inson har qadamda anglash, o'rganish va qaror qabul qilishga duch keladi. Neyroto'rlari yo'nalish nisbatan murakkab masalalarni miya qay tarzda yechishi va uning tamoyillarini avtomatik qurilmalarda qanday amalga oshirishini tushunishga harakatdan paydo bo'ldi. Hozircha *sun'iy neyron to'rlari* (*artificial neural networks, ANN*) tabiiy neyron to'rlarning imkon doirasida soddalashtirilgan eng oxirgi ko'rinishidir. Inson va boshqa jonivorlarning nerv tizimi zamonaviy texnologiyalar yordamida yaratish mumkin bo'lgan qurilmalardan ancha murakkabdir. Shunday bo'lsa-da, nerv tizimlarining umumiy tamoyillaridan foydalanib ko'pgina amaliy masalalarni muvaffaqiyatli echishga erishilmoqda.

Sun'iy neyron to'rlari (SNT) – sun'iy neyronlar birlashuvi bilan yuzaga kelgan, biologik nerv to'rini juda ham soddalashtirilgan ko'rinishidir. Bu o'rinda soddalashtirish darajasi neyronlar va ular o'rtasidagi bog'lanishlarning beqiyos murakkabligi bilan belgilanadi. Biologik nerv tizimlarida har bir neyron xossalari va funksiyalar to'plamiga ega bo'lib, ular ichida miyaning kommunikatsion tizimini tashkil qiluvchi nerv tolalari bo'yicha elektroximik signallarni qabul qilish, ishlov berish va uzatish funksiyalari noyob hisoblanadi.

Sun'iy neyron to'rlari o'z arxitekturasini bilan ajralib turadi: neyronlar o'rtasidagi bog'lanishlar tuzilmasi, qatlamlar soni, neyronlarni faollashtirish funksiyalari, o'rganish algoritmlari. Bu nuqtayi nazardan mashhur SNT ichidan statistik, dinamik to'rlar va *fuzzy*-tuzilmalar; bir yoki ko'p qatlamli to'rlarni ajratib ko'rsatish mumkin.

To'rlardagi hisoblash jarayonlarning farqlanishi, qisman neyronlarning o'zaro bog'lanish usullaridan kelib chiqadi, shu sababli to'rlarning quyidagi turlarini ajratishadi:

- to'g'ri tarqalish to'rlari (*feedforward*) – signal to'r bo'yicha faqat bitta yo'nalish o'tadi: kirishdan chiqishga;
- teskari bog'lanishli to'rlari (*feedforward / feedback*);
- yonlanma bog'lanishli to'rlar (*laterally connected*);
- gibridd to'rlar.

Umuman olganda, bog'lanishlar tuzilmasi bo'yicha SNT ikkita sinfga guruhlanishi mumkin:

- 1) to'g'ri tarqalishli to'rlar – tuzilmada teskari bog'lanishlar yo'q;

2) rekkurent to‘rlar – teskari bog‘lanishli.

To‘rlarning birinchi sinfida eng mashhur va ko‘p ishlatiladigani sun‘iy neyronlari qatlamli joylashgan ko‘p qatlamli to‘rlari hisoblanadi.

Qatlamlar o‘rtasidagi bog‘lanishlar – bir yo‘nalishda va aksariyat hollarda har bir neyron chiqishi keyingi qatlamdagi barcha neyronlarning kirishi bilan bog‘langan bo‘ladi. Bunday to‘rlar “*statik to‘rlar*” deyiladi, chunki o‘z tuzilmasida teskari bog‘lanishlarga va dinamik elementlarga ega emas, to‘r chiqishi esa faqat kirish sifatida berilgan to‘plamga bog‘liq bo‘ladi, to‘rning oldingi holatlariga bog‘liq emas. Statik to‘rlardan farqli ravishda ikkinchi sinfidagi to‘g‘ri tarqalishli to‘rlarga “*dinamik to‘rlar*” deyiladi. Ularda teskari bog‘lanishning mavjudligi tufayli har bir vaqt momentidagi holat oldingi holatga bog‘liq bo‘ladi.

Yechilishida SNT ishlatiladigan masalalarni 4 toifaga bo‘lish mumkin:

- anglash va klassifikatsiya (klaster tahlil, masalan, belgili berilganlarni va nutqni anglash, elektrokardiogrammani, qon kataklarini va boshqa berilganlarni sinflarga ajratish; klasterli tahlilda o‘lchov berilganlarini guruhlash va ichki xususiyatlari bilan bir-biriga juda ham o‘xshash bo‘lgan berilganlarni bitta sinf ostilariga (klasterlarga) guruhlash amallari bajariladi);

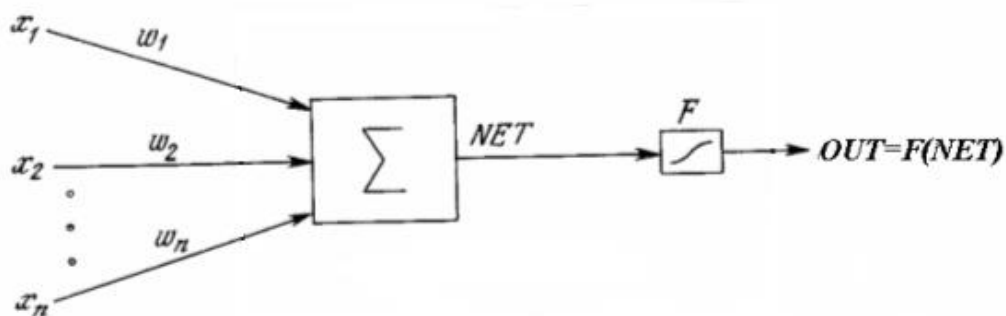
- tasvirlarga ishlov berish: matn, video-, aerofoto suratlar;

- identifikatsiya va boshqaruv tizimlari;

- signallarni bilan ishlash, xususan, modellashtirish masalalarida funksiya approksimatsiyasi.

Topologik nuqtayi nazardan neyron to‘rini o‘lchangan bog‘lanishli yo‘naltirilgan graf ko‘rinishi tasavvur qilish mumkin. Bunda sun‘iy neyronlar graf uchlari, sinaptik bog‘lanishlar – graf yoylari bo‘ladi.

Sun‘iy neyron – biologik neyronning ba’zi funksiyalarini bajaruvchi SNT elementi bo‘lib, uning asosiy vazifasi kirish signallariga bog‘liq holda chiqish signalini shakllantirishdan iborat. Eng keng tarqalgan konfiguratsiyalarda kirish signallari moslashuvchi summatorlar orqali silliqilanadi, keyin summatorning chiqish signali noxizizqli o‘zgartirgichga (faollashtirish funksiyasiga) kiradi va u yerda ham o‘zgartirilib chiqishga uzatiladi.



8.1 -rasm Sun'iy neyron

Faollashtirish funksiyasi – sun'iy neyronning chiqish signalini (OUT) hisoblovchi nochiqliq funksiya bo'lib, bu o'rinda asosan quyidagi funksiyalar ishlatiladi:

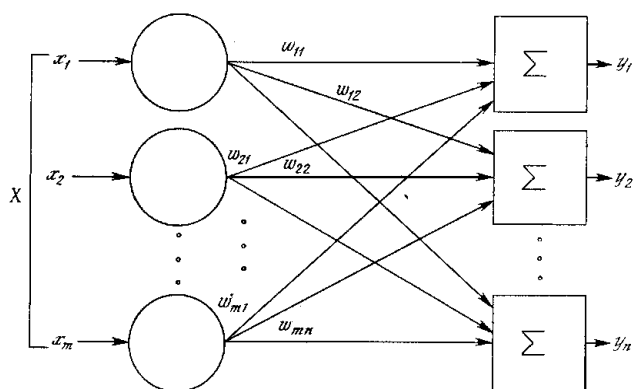


8.2 -rasm Faollashtirish funksiyalari

Neyroinformatika – biologik neyron to'rlar ishlash tamoyili asosida hisoblash tizimlarini tadqiq qiladigan fan yo'nalishi bo'lib, oldingi avlod hisoblash qurilmalaridan bunday tizimlarning asosiy farqi:

- hisoblashda yuqori parallellik;
- mavjud berilganlarni umumlashtirish qobiliyati;
- dasturlash o'rnini o'rganish bilan almashtirish;
- shovqinga nisbatan yuqori turg'unlik.

Neyron to'rining arxitekturalari – neyron to'rlari alohida elementlarining bog'lanish va tashkil qilish usuli.



8.3-rasm. Bir qatlamli neyron to‘ri

Neyronlarning arxitekturaviy farqlanishidan biri – bu har xil faollashtirish funksiyadan foydalanishiga bog‘liqligidir. Neyron to‘rlari arxitekturasiga ko‘ra 2 sinfga ajratish mumkin: to‘g‘ri tarqalgan to‘rlar va rekurrent to‘rlar.

8.1-jadval. To‘g‘ri tarqalgan to‘rlar va rekurrent to‘rlar qiyosiy tahlili

Tavsifi	To‘g‘ri tarqalgan to‘rlar (teskari bog‘lanishsiz)	Rekurrent to‘rlar (teskari bog‘lanishli)
<i>Afzalligi</i>	Oson amalga oshirish imkoniyati. Kafolatlangan (matematik isbotlangan) yaqinlashuvchi hisoblash.	To‘g‘ri tarqalgan to‘rlarga nisbatan neyron to‘ri hajmining kichikligi (neyronlar soni bo‘yicha).
<i>Kamchiligi</i>	Masala murakkabligi oshishi bilan neyronlar sonining tez o‘shishi.	Yaqinlashuvchi hisoblashni ta‘minlovchi qo‘shimcha shartlarning zarurligi.

Neyroto‘rlarni o‘rganish algoritmi – to‘rni talab etilgandek ishlatish maqsadida arxitektura, sinaptik bog‘lanishlar vazni va o‘rgatuvchi tanlanma bo‘yicha neyron ostonalarni sozlash protsedurasidir. O‘rganishning asosiy paradigmalari:

“*O‘qituvchili o‘rganish*” – o‘rgatuvchi tanlanmada kirish-chiqish juftliklari, ya’ni, har bir kirish uchun to‘g‘ri javoblar (to‘rlarning chiqishi) ma’lum bo‘ladi.

“*Yordam bilan o‘rganish*” – to‘g‘ri javoblar ma’lum emas, lekin to‘r chiqishi to‘g‘riligining kritik bahosi ma’lum.

“*O‘qituvchisiz o‘rganish*” – o‘rgatuvchi tanlanma sifatida faqat kirish qiymatlaridan foydalaniladi.

“*Aralash o‘rganish*” – bir qism vaznlar “*o‘qituvchili o‘rganish*” orqali, qolgan o‘z-o‘zini o‘rganish bilan topiladi.

Neyroto‘rni o‘rgatuvchi genetik algoritmi – bu neyroto‘rni optimal arxitekturasini evolutsion yo‘l bilan topuvchi algoritmdir. Bir nechta to‘rlar tasodifiy arxitektura bilan yaratiladi va har bir to‘r genetik kodning xromosomasi sifatida qaraladi. Xromosomalar ustida chatishtirish (*crossover*), urchitish, mutatsiya amallari bo‘lishi mumkin. Moslashish (*fitness*) funksiyasini hisoblashda berilgan qadamdagi eng optimal to‘rlar arxitekturasi tanlanadi.

Umumlashtirish – neyron to‘rining kirish signallarini o‘rganishdagiga nisbatan chetlashishlarning qandaydir darajasigacha ta’sirchan bo‘lmasdan qolish qobiliyati. Masalan, obrazlarni anglash masalarida neyron to‘ri shovqinli va buzilgan obrazlarni anglash va tiklash imkonini beradi.

Xatolar funksiyasi (xatolik funksionali, xatolik funksiyasi) – neyron to‘rini o‘rganish boshqarish jarayonida minimizatsiyani talab qiluvchi maqsad funksiya. Xatolik funksiya neyron to‘rini o‘rganish paytida ish sifatini baholash imkoniyatini beradi. Masalan, neyron to‘rini amaldagi chiqish vektori va oldindan ma’lum kutilgan vektor o‘rtasidagi masofani hisoblaydigan xatolik funksiyalardan foydalaniladi:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(y_i^{\text{kutilgan}} - y_i^{\text{haqiqiy}} \right)^2 \quad \text{– kvadratik xatolik funksiyasi;}$$

$$E(w) = \sum_{i=1}^n \left| y_i^{\text{kutilgan}} - y_i^{\text{haqiqiy}} \right| \quad \text{– shahar kvartali xatolik funksiyasi.}$$

Agar xatolik funksiyasi gradiyentini hisoblashning samarali usuli bo‘lsa, neyron to‘rini o‘rganish uchun optimizatsiyalashning gradiyent usullaridan foydalanish mumkin.

Davr – o‘rganish jarayonidagi bitta itaratsiya bo‘lib, u o‘rgatuvchi to‘plamdagi barcha namunalarni taqdim etish va mumkin qadar nazorat tanlanmasida o‘rganish sifatini tekshirishni o‘z ichiga oladi.

Me’yoridan ortiq o‘rganish (haddan tashqari yaqin moslash) – neyron to‘rining konkret o‘rganish namunalarga haddan tashqari aniqlikdagi moslashuvi muammosi bo‘lib, uning natijasida to‘r umumlashtirish qobiliyatini yo‘qotadi. Me’yoridan ortiq o‘rganish juda uzoq vaqt o‘rganishda, o‘rgatuvchi namunalar soni yetarlicha

bo'lmaganda yoki neyron to'ri juda ham murakkab tuzilishga ega bo'lganida yuzaga keladi.

Barcha SNT umumiy xossalardan biri signallar bilan parallel ravishda ishlash xossasi bo'lib, uni amalga oshirish uchun neyronlar to'plamini qatlamlarga ajratish va ma'lum bir usulda turli qatlamlarini, ayrim hollarda bitta qatlamdagi neyronlarni o'zaro bog'lash zarur bo'ladi.

U yoki bu turdagi masalalarni yechish uchun sun'iy neyron to'rining zarur va yetarli xossalarini asoslash neyrokompyuter texnikasini ishlab chiqarishdagi muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi.

Fundamental nazariy ishlanmalar yo'qligi yechilayotgan masalaga qat'iy bog'langan neyron to'rini sintez qilish imkonini bermaydi. Aksariyat holatlarda fiksirlangan tuzilmaga (konfiguratsiyaga) ega bo'lgan neyron to'ri parametrlari konkret masala yechimiga mos sozlanadi va optimal variant intuitiv tanlanma asosida olinadi. Neyronlarning minimal soni va ular o'rtasidagi bog'lanishlarni izlash qo'yilgan masalani yechish uchun yetarli bo'lib, minimal konfiguratsiyali neyron to'rini qurish jarayonini aniqlab beradi. Bu jarayon, agar qandaydir maxsus ko'rsatmalar bo'lmaganda, mumkin bo'lgan yechimlar to'plamidan ularning eng soddasini afzal bilish kerakligi asoslangan Okkam keskichini g'oyasiga zid kelmaydi.

Turli toifadagi alomatlar bilan tavsiflangan berilganlar uchun neyron to'ri. Turli toifadagi alomatlar fazosida neyron to'rini amalga oshirishning qiyinchiligi, birinchi navbatda kuchsiz shkalalarda o'lchanadigan kirish parametrlarining vaznlarini tanlash bilan bog'liqdir. Kuchli o'lcham shkalalaridan kuchsiz shkalaga o'tish orqali berilganlarni unifikatsiyalash ishlatiladigan alomatlar informativligini kamaytiradi, obyektlar tanlanmasini kombinator ravishda cheklangan holatga olib keladi. Bu o'rinda aniq bir aprior ma'lumotlar bo'lishi va ishlanadigan berilganlarning o'zlarining xossalari kuchsiz shkalalarni "*boyitishga*", ya'ni kuchsiz shkalalarga tartib va miqdoriy xossalarini berish imkonini beradi.

Akasariyat hollarda neyron to'rini o'rganish jarayoni, oldindan berilgan, fiksirlangan sondagi neyronlar uchun ularning har birining chegirilgan yig'indilar vaznlarini ketma-ket ravishda aniqlashtirish bilan olib boriladi. Minimal sondagi neyronlarga ega neyron to'rini

sintez qilish jarayoni tavsiya xususiyatiga ega va nazariy ravishda yetarlicha asoslanmagan.

Har bir tadbqiqiy soha uchun o'zining mezonlari mavjud bo'lib, ularni neyron to'rini tuzilmasini tanlashda inobatga olish kerak bo'ladi. Ko'p qatlamli sun'iy neyron to'rini o'rganish (moslashuvchanlik) darajasini (hajmini) hisoblash formulalari mavjud bo'lib, ularga ko'ra ko'p qatlamli sun'iy neyron to'rining o'rganish sig'imi bir qatlamli perseptrondan yuqori emas [3].

Funksiyaning approksimatsiyalash uchun neyron to'ri konfiguratsiyasini tanlash. Sun'iy neyron to'ri yordamida ko'p o'zgaruvchili uzluksiz funksiyani oldindan berilgan aniqlikda approksimatsiya qilish ko'pgina tadbqiqiy tadqiqotlarda asosiy masala hisoblanadi.

Bu masalani yechishdagi neyron to'rini o'rganish usullari hali mukammallikdan uzoqda. Xususan, bu holat neyron konfiguratsiyasini tiklanayotgan funksiya murakkabligiga moslashtirishning qat'iy formal protseduralari yo'qligida namoyon bo'ladi. Odatda konfiguratsiyani tanlash evristik usulda amalga oshiriladi va u tadqiqotchining intuitsiyasi, hamda tajribasiga bog'liq bo'ladi.

Bir qatlamli sun'iy neyron to'rini tuzilmaviy va algoritmik sintez qilishning taklif qilinayotgan usul miqdoriy hamda turli toifadagi alomatlar fazosida tavsiflangan o'rgatuvchi tanlanmaning etalon-obyektlar bilan minimal qoplamasini qurishning optimizatsiya masalasini yechishga asoslangan [4].

Masala qo'yilishi. Funksiyaning jadval qiymatlarining approksimatsiyasi qilinuvchi qiymatidan maksimal chetlashishi ε kattaligi berilganda o'rgatuvchi tanlanmaning lokal-optimal qoplamasi qurish masalasi qaraladi.

Obyekt-etalonlar atrofida (lokal sohada) funksiya approksimatsiyasi radial-bazis faollashtirish funksiyalari yordamida amalga oshiriladi. Ma'lum approksimatsiya usullaridan farqli ravishda to'rining tayanch elementlari alomatlar fazosining lokal sohalari bo'yicha nisbatan tekis (beriladigan aniqlik ma'nosida) taqsimlangan. Yechilayotgan masala chegarasida uzluksiz funksiya approksimatsiyasining aniqligi va o'rgatuvchi tanlanma hajmiga bog'liq ravishda neyron to'rining umumlashtirish darajasi haqidagi masala qaraladi.

Miqdoriy alomatlar fazosida funksiyalarni approksimatsiyalash. Funksiyaning jadval ko'rinishi $n+1$ turli toifadagi alomatlar

bilan berilgan bo'lsin. Miqdoriy alomatlardan biri maqsad hisoblanadi, qolganlari unga bog'liq deb qaraladi. Maqsad qiymatlar to'plamini Y bilan, bog'liq alomatlarni x_1, \dots, x_n bilan belgilaylik va ular o'rtasida oshkor berilmagan $y = f(x_1, \dots, x_n)$ funksional bog'lanish mavjud bo'lsin.

Keyinchalik matnda obyekt termini ishlatilganda u bog'liq alomatlar to'plami bilan tavsiflanishi ko'zda tutiladi. Har bir elementiga $E_0 = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ to'plamidan obyekt mos qo'yilgan $Y = \{y_i\}_1^m$ funksiya qiymatlarining vektorini approksimatsiya qilish orqali neyron to'rini sintez qilish talab qilinadi.

Neyron to'rining funksional bog'lanishni tiklash uchun approksimatsiyalash xossasi *RBF*-to'rlar deb nomlanuvchi radial-bazis funksiya yordamida amalga oshiriladi.

Radial-bazis funksiyalar tavsiflari va ularni *RBF* to'rlarda ishlatish bo'yicha ma'lumotni [1] topish mumkin. Ushbu funksiyalarni ishlatadigan bir qatlamli sun'iy neyron to'rlari, yechiladigan masalasining ekstremal bo'lganligi sababli har doim ham xatolikning global minimumini bera olmaydigan ko'p qatlamli sun'iy neyron to'rlariga alternativa hisoblanadi.

Jadval funksiyaning $\exp(\alpha z)$ ko'rinishidagi radial-bazis funksiya bilan approksimatsiyalash uchun lokal-optimal qoplamani tanlash jarayoni ko'raylik.

Aytaylik, $S^j \in E_0 (S^j = (x_{j1}, \dots, x_{jn}))$ obyekt tanlanma etaloni bo'lsin va uning alomatlarining vaznlari $w_{jt} = x_{jt}$ va $w_{j0} = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n w_{jt}^2$ ko'rinishida hisoblanadi. Maqsad alomatining qiymatini hisoblovchi neyron to'rini sintez qilish uchun quyidagilar zarur:

a) radial-bazis funksiya yordamida tiklanuvchi \bar{y} maqsad alomatning haqiqiy y qiymatidan $|y - \bar{y}| \leq \varepsilon$ chetlashishining maksimal ε qiymatini berish;

b) boshlang'ich E_0 to'plamining obyektlar-etalonlar tashkil topgan lokal-optimal qoplamasini qurish, ε qiymatini inobatga olgan holda.

Ixtiyoriy mumkin bo'lgan $S = (a_1, \dots, a_n)$ obyekt uchun $S^j \in E_0$ obyekt-etalon bo'yicha chamalangan yig'indisining qiymati

$$\phi(S, S^j) = \sum_{i=1}^n w_{ji} a_i + w_{j0} \quad (8.1)$$

ko'rinishida hisoblanadi va S obyekt (nuqta) bo'yicha funktsiyani approksimatsiya qilish uchun $\max_j \phi(S, S^j)$ bilan fazoning lokal sohasini aniqlashda qo'llaniladi.

Har bir $S_r \in E_0$ obyekt bo'yicha $\exp(\alpha z)$ radial-bazis funktsiyaning α_r parametri

$$y_r - \text{sign}(y_r) \exp(\alpha_r \phi(S_r, S_r)) = 0$$

tenglama orqali topiladi.

Har bir $S_i \in E_0$ obyekt uchun (8.1) bo'yicha $\phi(S_j, S_i)$ qiymatlarining kamayishi bo'yicha

$$S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_m}, S_i = S_{i_1} \quad (8.2)$$

ketma-ketligi quriladi va undan har bir $S_{i_j}, j = \overline{1, k}$ uchun

$$\begin{aligned} & \left| y_i - \text{sign}(y_i) \exp(\alpha_{i_j}) \phi(S_{i_j}, S_i) \right| \leq \varepsilon, \\ & \left(\left| y_i - \text{sign}(y_i) \exp(\alpha_{i_{k+1}}) \phi(S_{i_{k+1}}, S_i) \right| > \varepsilon \right) \end{aligned}$$

shart bajaruvchi $\{S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}\}, 1 \leq k < m$ ketma-ketlik ajratib olinadi va S_i obyekt T_{i_j} to'plamga kiritiladi.

O'rgatuvchi tanlanmaning $\Pi(\varepsilon)$ minimal qoplamasini qurish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi:

1. Obyektlar soni maksimal bo'lgan T_i to'plam tanlanadi. Mos $S_i \in E_0$ obyekt $\Pi(\varepsilon)$ qoplama obyektlari tarkibiga qo'shiladi. Har bir $S_j \in T_i$ obyekt bo'yicha T_i to'plamiga

$$T_u = \begin{cases} \emptyset, & u = j; \\ T_u / S_j, & u \neq j \end{cases}$$

sharti bilan tuzatish kiritiladi.

2. Agar $\bigcup_{i=1}^m T_i = \emptyset$ bo'lsa, u holda $\Pi(\varepsilon)$ qoplamani shakllantirish to'xtatiladi, aks holda 1-qadamga o'tiladi.

Tavsiflangan texnologiya neyron to'rini sintez qilishda, o'rganishning gradiyent usullaridan foydalanishda uchraydigan to'r falajini oldini olish imkonini beradi.

RBF to'rlar universal approksimatorlar hisoblanadi va undan ma'lum bir cheklovlarida ixtiyoriy uzluksiz funktsiyani approksimatsiya qilishda foydalanish mumkin.

O'rta qiymat (T_i to'plam obyektlari alomatlarining o'rta arifmetik qiymati) orqali sun'iy etalonlarni tanlash bilan minimal qoplamani qurishni faqat silliq funktsiyalar uchun tavsiya qilinishi mumkin.

Tiklanayotgan funktsiya aniqligi (ε qiymati bilan beriladigan) va o'rgatuvchi tanlanma hajmi va o'zaro bog'liq parametrlar miqdorlari o'rtasidagi munosabatlar haqidagi savollar $J_{m\varepsilon} = \left\{ S_i \left| \left(y_i - \overline{y_i} \right)^2 > \varepsilon \right. \right\}$

hodisaning ro'y berish chastotasini uning ehtimolligiga tekis yaqinlashuvchanligi bo'yicha tadqiqotlar [2] qaralgan.

Chetlanishning maksimal qiymati ε bilan n o'lchamli fazoda Y to'plamiga tegishli funktsiyalarni approksimatsiya qilishdagi E_0 to'plamini obyekt-etalonlar bilan qoplamasini $\Pi_{mn}(\varepsilon)$ bilan belgilaylik. Neyron tiziminining umumlashish qobiliyati kamida ikkita shartning bajarilishida namoyon bo'lishi kerak:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} |\Pi_{mn}(\varepsilon)| = C_n \quad \text{va} \quad \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{|\Pi_{mn}(\varepsilon)|}{m} = 0.$$

Birinchi shart E_0 obyekt-etalonlar soni cheklanganligini (chekliligini) ta'minlaydi. Fazo o'lchami va undagi alomatlarining tarkibi fiksirlangan holatini $C_n = const$ qiymati bilan belgilaymiz. Ikkinchi shartning mazmuni funktsiya qiymatini approksimatsiya qilish uchun har bir obyekt-etalon umumlashtirishi mumkin bo'lgan nuqtalar miqdori cheksizlikka intilishini bildiradi.

Turli toifadagi alomatlar fazosida funktsiyalarni approksimatsiya qilish. Maqsad alomat Y qiymatlar to'plami miqdoriy shkalada, x_1, \dots, x_n bog'liq alomatlarining r tasi miqdoriy, $n - r$ tasi

nominal shkalalarda o'lchangan bo'lsin. Miqdoriy alomatlar to'plamini I , nominallarni J orqali belgilaylik.

Alomatlar qiymatlarini turli masshtablarda o'lchanish muammosi hamda miqdoriy va nominal alomatlar sinaptik vaznlarini o'zaro moslashtirish uchun miqdoriy alomatlar qiymatlari kasr-chiziqli akslantirishdan foydalangan holda $[0,1]$ intervalga o'tkaziladi.

Gradatsiyalari soni l_t bo'lgan $x_t \in J$ alomatlarining har biri bo'yicha w_t vazn koeffitsiyentini hisoblash uchun maqsad alomat $\{y_i\}_1^m$ qiymatlarini l_t ta K_1, K_2, \dots, K_{l_t} o'zaro kesishmaydigan sinflarga ajratiladi. O'z navbatida maqsad alomatning tartiblangan $\{y_i\}_1^m$ qiymatlarini $(c_{2k-1}, c_{2k}]$, $c_{2k-1} < c_{2k}$, $k = \overline{1, l_t}$ intervallarga bo'linadi. $(c_{2k-1}, c_{2k}]$ intervallar chegaralarini aniqlash mezonlari *"har bir interval faqat bitta sinf alomatlarining qiymatlarini o'z ichiga oladi"* gipotezasini (tasdiqni) tekshirishga asoslanadi.

Maqsad alomatining $(c_{2p-1}, c_{2p}]$ intervaldagi K_i sinfga tegishli qiymatlari to'plami u_i^p , $A = (a_0, \dots, a_{l_t})$, $a_0 = 0, a_{l_t} = m, a_p$ – o'sish bo'yicha tartiblangan r_{j_1}, \dots, r_{j_m} ketma-ketlikdagi intervalning o'ng chegarasini ($c_{2p} = r_{a_p}$) aniqlovchi elementning tartib nomeri.

Nominal, l_t ta gradatsiyaga ega $x_t \in J$ alomatning $\{y_i\}_1^m$ klassifikatsiyadagi w_t sinaptik vaznning optimal qiymati

$$\left(\frac{\sum_{p=1}^{l_t} \sum_{i=1}^{l_t} (u_i^p - 1) u_i^p}{\sum_{i=1}^{l_t} |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{p=1}^{l_t} \sum_{i=1}^{l_t} u_i^p \left(m - |K_i| - \sum_{j=1}^{l_t} u_j^p + u_i^p \right)}{\sum_{i=1}^{l_t} |K_i| (m - |K_i|)} \right) \rightarrow \max_{\{A\}} \quad (8.3)$$

mezoni bilan topiladi.

Mumkin bo'lgan $S = (b_1, \dots, b_n)$ obyektning $S^d = (x_{d1}, \dots, x_{dn})$ obyekt-etalon bo'yicha chamalangan yig'indisining qiymati

$$\phi(S^d, S) = \sum_{x_u \in I} w_{du} b_u + \sum_{x_u \in J, x_{du} = b_u} w_u^2 + w_{d0}, \quad (8.4)$$

orqali hisoblanadi. Bu yerda $\{w_{d0}, w_{d1}, \dots, w_{dn}\}$ – neyron to'ri vaznlari,

$$w_{d0} = -\frac{1}{2} \left(\sum_{x_u \in I} w_{du}^2 + \sum_{x_u \in J} w_u^2 \right).$$

Approksimatsiya qilinuvchi funksiyaning haqiqiy qiymatidan ε maksimal chetlashish berilganda $\Pi(\varepsilon)$ minimal qoplama obyektlarini tanlash, faqat miqdoriy alomatlar uchun qanday tanlangan bo'lsa, xuddi shunday amalga oshiriladi.

Mumkin bo'lgan S obyekt bo'yicha funksiya qiymatini hisoblash uchun lokal soha (8.4) bo'yicha $S^d \in \Pi(\varepsilon)$ – g'olib obyekt orqali $\phi(S^d, S) = \max_{S^v \in \Pi(\varepsilon)} \phi(S^v, S)$ sharti bilan aniqlanadi.

Funksiya approksimatsiyasida alomatlar sohasini tanlash masalasi informativ alomatlar tanlab olish mezonini izlashdan iborat bo'ladi. Nominal alomatlar uchun bu muammo (8.3) mezon orqali $[0,1]$ intervalga tushuvchi qiymatlari bilan nisbatan sodda yechiladi. Ma'lumki, informativ miqdoriy alomatlar to'plamini va ularning kombinatsiyalarini tanlashni, funksiyaning izlanayotgan qiymatining boshlang'ichdan chetlanish talab qilingan kattaligi ε qiymatiga bog'lash maqsadga muvofiqdir.

Hisoblash experimenti. Hisoblash tajribasi uchun anomal tarmoq faolligini ifodalovchi 40 obyektдан iborat model olingan bo'lib, har obyekt 8 ta turli toifadagi alomatlar bilan tavsiflangan:

- 1) ta'sir qilish xususiyati;
- 2) ta'sir qilish maqsadi;
- 3) ta'sirni amalga oshirishning boshlang'ich sharti;
- 4) hujum qiluvchi obyekt bilan teskari bog'lanishning mavjudligi;
- 5) hujum sub'ektining joylashuvi;
- 6) uzatiladigan berilganlar hajmi;
- 7) zarar yetkazish ehtimolligi;
- 8) kutilayotgan zarar tannarxi.

Maqsad alomat “Zarar yetkazish ehtimolligi” qiymatini 7 ta bog'liq alomatlar bo'yicha approksimatsiyasi o'rgatuvchi $E_0/\Pi(\varepsilon)$ obyektlar bo'yicha hisoblangan funksiya qiymatining haqiqiydan absolut chetlashishining o'rta qiymati sifatida aniqlandi. Funksiya qiymatini hisoblash uchun $\exp(\alpha_r \phi(S^r, S))$ ko'rinishidagi radial-bazis funksiyadan foydalanildi. Maksimal chetlashi kattaligi ε

tanlashning maqsad alomat qiymatining approksimatsiyasi natijalariga ta'siri 8.2-jadvalda keltirilgan.

8.2-jadval. Tajriba natijalari

Maksimal chetlashish ε qiymati	Qoplama obyektlari soni	O'rtacha chetlashish
0.10	23	0.0437
0.15	18	0.0576
0.20	9	0.0807

8.2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, chetlashishining o'rta qiymati va qoplama obyektlari soni o'rtasida teskari bog'liqlik mavjud.

Nazorat savollari:

1. Faollashtirish (aktivlashtirish) funksiyasi nimaga kerak?
2. Neyron to'ri topologiyasi nimani anglatadi?
3. Neyron to'rini o'rgatishning ma'nosi nimada?
4. Neyron to'rini me'yoridan ortiq o'rganishi deganda nima tushuniladi?
5. Nima uchun neyron to'rining nochiziqli kirish qiymatlari va chiqishi o'rtasida nochiziqli bog'lanish bo'lishi kerak?
6. Neyron to'rini amal qilish tamoyilini elektron sxemalarda amalga oshirish mumkinmi?

Adabiyotlar

1. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. Нейросетевые системы управлени. – М.: Высш. школа, 2002. – 184 с.
2. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. – М.: Наука, 1979. – 447 с.
3. Дорогов А. Ю., Алексеев А. А. Пластичность многослойных нейронных сетей // Изв. вузов. сер. Приборостроение. – 1998. – Т. 41, № 4. – С. 36 - 41.
4. Игнатьев Н.А. Аппроксимация непрерывных функций через синтез нейронных сетей с минимальной конфигурацией // Вычисл. технологии. – 2009. – Т. 14, № 1. – С. 80-84.

9. Qat'iymas mantiq

Qat'iymas mantiq (ingl. *fuzzy logic*) matematika bo'limi bo'lib, ilk bor Lutfi Zoda tomonidan 1965-yilda kiritilgan qat'iymas to'plam tushunchasiga asoslangan klassik mantiq va to'plamlar nazariyasining umumlashgan ko'rinishidir. Unda obyektning to'plamga tegishligi (tegishlik funksiyasi) faqat 0 yoki 1 emas, balki $[0,1]$ intervaldagi ixtiyoriy qiymatni qabul qilishi mumkin. Bu tushuncha asosida qat'iymas to'plamlar ustida turli mantiqiy amallar kiritiladi va qiymati sifatida qat'iymas to'plam keluvchi lingvistik o'zgaruvchi tushunchasi shakllantiriladi.

Qat'iymas mantiq predmeti – oddiy ma'noda mulohaza qilishga o'xshash bo'lgan aniqlik va qat'iylik bo'lmagan holatlarda yuritiladigan mulohaza tadqiqoti va ularni hisoblash tizimlarida qo'llashdir.

Hozirda qat'iymas mantiq sohasidagi ilmiy tadqiqotlarning kamida ikkita asosiy yo'nalishini ko'rsatish mumkin:

- keng ma'nodagi qat'iymas mantiq (taqribiy hisoblash nazariyasi);

- tor ma'nodagi qat'iymas mantiq (belgili qat'iymas mantiq).

Belgili qat'iymas mantiq t norma tushunchasiga tayanadi. Qandaydir t norma tanlangandan keyin (uni bir nechta turli usullarda kiritish mumkin) propozitsional o'zgaruvchilar ustida asosiy amallarni aniqlash imkoniyati yuzaga keladi: konyuksiya, dizyunksiya, implikatsiya, inkor va boshqalar.

Yuqorida qayd qilingan asosiy amallar aniqlash, klassik mantiq bilan, aniqroq aytiladigan bo'lsa, mulohazalar hisobi bilan bir talay umumiy xossalarga ega bo'lgan tayanch qat'iymas mantiqni formal ravishda aniqlashga olib keladi.

Qat'iymas mantiqda funksiya o'z argumentlaridan birining qiymatini yoki uning inkorini qabul qiladi. Shunday qilib, qat'iymas mantiq funksiyasi, tartiblangan argumentlar va inkorlarning barcha variantlari va har bir variant uchun funksiya qiymati ko'rsatilgan tanlash jadvali orqali berish mumkin. Ikki argumentli funksiya jadvalining satri quyidagi ko'rinishda bo'lishi mumkin:

$$x_1 \leq x_2 \leq \overline{x_2} \leq \overline{x_1} : x_2$$

Qat'iymas mantiqning keng ma'nodagi tushunchasi – bu xarakteristik funksiyaning umumlashgan tushunchasi yordamida aniqlanuvchi qat'iymas to'plamdir. Undan keyin birlashma, kesishma

va to'plam to'ldiruvchisi (xarakteristik funksiya orqali turli usullarda berish mumkin), qat'iymas munosabat tushunchalari hamda eng muhim tushunchalardan biri – lingvistik o'zgaruvchi tushunchasi kiritiladi.

Umuman olganda, hattoki aniqlashlarning shunday minimal majmuasi ham qat'iymas mantiqni ayrim ilovalarda ishlatish imkonini beradi, aksariyat hollarda yana qo'shimcha ravishda xulosa qoidasini (va implikatsiya amalini) berish zarur bo'ladi.

Qat'iymas mantiqda qat'iy bo'lmagan qoidalarning majmuasi yordamida keskin g'oyalarni, intuitiv farazlarni, hamda mutaxassislarning mos sohada orttirgan tajribasidan foydalanishi mumkin. Ko'pincha bunday mantiq ekspert tizimlarida va neyron to'rlarida berilganlarni intellektual tahlil qilishda qo'llaniladi. Qo'yilgan savolga qat'iy bir javob yo'q ("ha" yoki "yo'q"; "0" yoki "1") yoki mumkin bo'lgan barcha holatlari oldindan ma'lum bo'lmagan vaziyatlarda qat'iymas mantiq o'rnini boshqa narsa bosa olmaydi.

Aniqlangan qonuniyatlar turli predmet sohalarda qaror qabul qilish jarayonini tushuntirishda ishlatiladigan yangi bilimlar manbasi hisoblanadi. Berilganlarning intellektual tahlili yordamida ekspertlar qaralayotgan masalaga nisbatan o'z gipotezalarini ilgari surishi va tekshirishi mumkin. Tekshirish natijasiga ko'ra aniqlangan bilimlar lingvistik qoidalar ko'rinishida ifodalanishi, ayrim holatlarda aniq formula ko'rinishida yozilishi mumkin.

Qat'iymas mantiq apparatini qo'llash bilan bog'liq masalani ko'raylik. Nominal alomatlar to'plam ostilari bo'yicha obyektlar tavsifini son o'qiga akslantirish orqali alomatlar fazosini qisqartirish masalasi qaraladi. Har bir to'plam ostisi bo'yicha akslantirish natijasi ikki sinfli anglash masalasidagi obyektlarni tavsiflovchi latent miqdoriy alomat sifatida qaraladi.

Latent alomatning qiymatlar to'plamida chegaralari maxsus mezon asosida hisoblanadigan o'zaro kesishmaydigan intervallarga bo'lish amalga oshiriladi. Mezonning $[0,1]$ oralig'idagi qiymatlar to'plami qat'iymas mantiq terminlarida izohlanadi.

Ma'lumki, nominal alomatlar bilan tavsiflangan berilganlarda qonuniyatlarni aniqlash potentsiali sezilarli darajada cheklangan. O'lchovlar nazariyasi doirasida bu holat nominal alomatlar qiymatlari bo'yicha munosabatlik xossasining kuchsiz shkalalarda aniqlanishiga

tushishi bilan izohlanadi. Latent alomatlarining kuchli o'lchov shkalalariga tegishli ekanligi ularning qiymatlari bo'yicha qonuniyatlarni aniqlash imkoniyatini sezilarli darajada oshiradi.

Yangi bilimlarni yuzaga chiqarish jarayonini quyidagi bosqichlarni ketma-ket bajarish shaklida amalga oshirish taklif qilinadi:

- ko'rsatilgan nominal alomatlar to'plami bo'yicha obyektlar tavsifini son o'qiga akslantirish va akslanish natijalarini latent alomat sifatida izohlash;
- $[0,1]$ oralig'ida optimal qiymat qabul qiluvchi mezon bo'yicha latent alomatlar qiymatlarini o'zaro kesishmaydigan intervallarga bo'lish;
- mezon qiymatlarini qat'iymas mantiq apparatidan foydalangan holda predmet soha terminlarida izohlash.

Tadqiqot maqsadini amalga oshirish uchun ikkita optimallashtirish masalasini yechish talab qilinadi:

- ko'rsatilgan nominal alomatlar to'plami bo'yicha obyektlar tavsifini son o'qiga akslantirish;
- latent alomatlar qiymatlarini o'zaro kesishmaydigan intervallarga bo'lish.

Yuqorida keltirilgan masalalarni ketma-ket yechish natijalaridan bilimlarni ajratib olish muammosi ilk bor [5] da qaralgan.

Masalaning qo'yilishi. Standart ravishda qo'yilgan obrazlarni anglash masalasi qaraladi. O'zaro kesishmaydigan K_1, \dots, K_d ($d > 1$) sinflar vakillarini o'z ichiga olgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ obyektlar tanlanmasi berilgan deb hisoblanadi. Tanlanmaning mumkin bo'lgan har bir obyekti n ta turli toifadagi $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ alomatlar tavsiflangan bo'lib, ularning qiymatlari nominal o'lchovlar shkalasidagi gradatsiyalar hisoblanadi.

Ko'rsatilgan $X(k) \subset X(n), 1 < k \leq n$ to'plami bo'yicha E_0 tanlanma obyektlarining tavsifini son o'qiga akslantiradigan A algoritmi va optimal qiymatlar to'plami $[0,1]$ oralig'iga tegishli bo'lgan, akslantirish natijalarini ikkita o'zaro kesishmaydigan intervallarga ajratuvchi R mezon aniqlangan bo'lsin.

Talab qilinadi:

- A algoritmi bilan E_0 tanlanma obyektlarning $X(k), 1 < k \leq n$ alomatlar to'plam ostisi bo'yicha son o'qiga akslantirish;

– R mezon bo'yicha akslantirish natijalarini ikkita intervalga optimal bo'lish.

Nominal alomatlar to'plamini son o'qiga akslantirish. Nominal alomatlar indeksleri to'plamini I orqali belgilaylik. Nominal alomatlarining ko'rsatilgan $X(k)$ to'plam ostisini son o'qiga akslantirishni sinf obyektlarni $K_d, d \in \{1, 2\}$ sinfga tegishligining umumlashgan bahosini hisoblash orqali amalga oshiramiz [2,3].

Belgilashlar kiritaylik, $p - r \in I$ alomat gradatsiyalar soni, $g_{dr}^t - K_d$ -sinf obyektlari tavsifidagi t gradatsiya qiymatlarining ($1 \leq t \leq p$) miqdori, $l_{dr} - K_d$ - sinfdagi r alomat gradatsiyalari soni. Nominal r alomat bo'yicha K_1 va K_2 o'rtasidagi farqlanish

$$\lambda_r = 1 - \frac{\sum_{t=1}^p g_{1r}^t g_{2r}^t}{|K_1||K_2|} \quad (9.1)$$

ko'rinishidagi kattalik bilan aniqlanadi.

Quyidagi formulalar bilan r alomat gradatsiyalari qiymatlarning K_1 va K_2 sinflar bo'yicha bir jinslilik darajasi (sinf ichidagi o'xshashlik o'lchovi) hisoblanadi:

$$D_{dr} = \begin{cases} (|K_d| - l_{dr} + 1)(|K_d| - l_{dr}), & p > 2, \\ |K_d|(|K_d| - 1), & p \leq 2; \end{cases}$$

$$\beta_r = \begin{cases} \frac{\sum_{t=1}^p g_{1r}^t (g_{1r}^t - 1) + g_{2r}^t (g_{2r}^t - 1)}{D_{1r} + D_{2r}}, & D_{1r} + D_{2r} > 0, \\ 0, & D_{1r} + D_{2r} = 0. \end{cases} \quad (9.2)$$

(9.1) va (9.2) yordamida $r \in I$ nominal alomat vazni

$$v_r = \lambda_r \beta_r \quad (9.3)$$

ko'rinishida aniqlanadi.

Osongina tekshirish mumkinki, nominal alomatlar vaznlarining (9.3) bo'yicha hisoblanadigan qiymatlari $[0, 1]$ intervalga tegishli bo'ladi.

Ravshanki, har doim nominal alomatning p gradatsiyasini identifikatsiyalovchi sonlar to'plamini sonlarning $\{1, \dots, p\}$ to'plamiga bir qiymatli akslantirish mumkin. Bunday akslanishni inobatga olgan

holda $S = (x_1, \dots, x_n)$ uchun $x_i = j, j \in \{1, \dots, p\}$ alomatning umumlashgan bahoga qo'shgan hissasi

$$\mu_i(j) = v_i \left(\frac{\alpha_{ij}^1}{|K_1|} - \frac{\alpha_{ij}^2}{|K_2|} \right)$$

kattalik bilan aniqlanadi. Bu yerda $\alpha_{ij}^1, \alpha_{ij}^2$ – mos ravishda K_1 va K_2 sinflardagi i -alomatning j -gradatsiyasi qiymatlarining soni, v_i – (3) bo'yicha hisoblanadigan i -alomatning vazni.

Quyidadagi formula bilan nominal alomatlarining $I, |I|=k$ indekslar to'plami bilan aniqlangan $X(k)$ to'plami ostisi bo'yicha $S_i \in E_0$, $S_i = \{x_{ij}\}, j \in I$ obyektining umumlashgan bahosi hisoblanadi:

$$R(S_i) = \sum_{j \in I} \mu_i(x_{ij}) \quad (9.4)$$

Hisoblangan $R(S_1), \dots, R(S_m)$ umumlashgan baholarni E_0 tanlanma obyektlar tavsifidagi yangi miqdoriy latent y alomat sifatida qarash mumkin. Nazariy jihatdan $X(k), 1 < k \leq n$ alomatlar to'plam ostisi bo'yicha turli xil latent alomatlar soni $C_n^2 + C_n^3 + \dots + C_n^{n-1}$ bilan cheklangan.

Tanlanma obyektlarining tavsifidagi y alomat qiymatlarining tartiblangan ketma-ketligida K_1 va K_2 sinflar vakillarining bo'linganlik (aralashganlik) darajasi $w(y)$ quyidagicha hisoblanadi. Latent y alomat qiymatlarining tartiblangan to'plami ikkita $[c_1, c_2][c_2, c_3]$ intervallarga bo'linadi. Intervalning c_2 chegarasini aniqlash mezoni, ikkita intervallarning har birida faqat bitta sinf obyektlarini tavsiflovchi miqdoriy alomatlarining qiymatlari joylashishi haqidagi gipotezani tekshirishga asoslanadi.

Aytaylik, $u_1^1, u_1^2(u_2^1, u_2^2)$ – mos ravishda $[c_1, c_2]$ va $(c_2, c_3]$ intervallardagi $K_i, i=1, 2$ sinfdagi y alomat qiymatlari soni, p – y alomatning E_0 bo'yicha o'sish tartibidagi $r_{j1}, \dots, r_{jp}, \dots, r_{jm}$ qiymatlari ketma-ketligidagi $c_1 = r_{j1}, c_2 = r_{jp}, c_3 = r_{jm}$ sifatida intervallar chegarasini aniqlovchi elementning tartib nomeri bo'lsin. U holda

$$\left(\frac{\sum_{p=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^p (u_i^p - 1)}{m_1(m_1 - 1) + m_2(m_2 - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{p=1}^2 u_1^p (m_2 - u_2^p) + u_2^p (m_1 - u_1^p)}{2m_1 m_2} \right) \rightarrow \max_{c_0 < c_1 < c_2} \quad (9.5)$$

mezoni $[c_1, c_2][c_2, c_3]$ intervallar orasidagi chegarani optimal ravishda aniqlab beradi.

Faraz qilaylik, $w(y)$ - y alomat bo'yicha (5) mezonning optimal qiymati bo'lsin va c_1, c_2, c_3 unga mos K_1 va K_2 sinflar bo'yicha bo'linish intervallarining chegaralari bo'lsin. $w(y) \in [0, 1]$ qiymatlarini lingvistik o'zgaruvchilar yordamida qonuniyatlarni tabiiy tilda tavsiflashda ishlatish mumkin. Masalan, $w(y)$ qiymatini $[0, 0.3]$, $(0.3, 0.6]$, $(0.6, 1]$ intervallarga tegishlilik holatini "kuchsiz", "qoniqarli" va "kuchli" terminlarda izohini berish mumkin.

Hisoblash eksperimenti. Hisoblash eksperimentini o'tkazish uchun bronxial astma kasalligi bo'yicha tashxis qo'yilgan bemorlarni davolashda qo'llaniladigan dori vositalari ahamiyatligi bo'yicha so'rov o'tkazilgan vrachlarning javob natijalaridan foydalanildi [4]. So'rov berilganlarini sinflarga ajratish allergolog, pulmonolog va terapevt ixtisosligi bo'yicha vrachlarning javoblaridan kelib chiqqan holda amalga oshirildi. Har bir dori vositasi bo'yicha javob gradatsiyasining uchta varianti ishlatildi (VEN-baho): 3 – hayotiy muhim va hayot sifatini yaxshilaydigan (Vital – V); 2 – zaruriy (Essential – E); 1 – ikkinchi darajali (Non essential – N). Tanlanma 91 obyekt (ekspert-vrachlar) tomonidan 102 ta dori vositalari (alomatlar) javoblaridan (gradatsiyalar qiymatlaridan) tashkil "obyekt-xossa" jadvali ko'rinishida shakllantirildi.

Ushbu tanlanma asosida (9.5) mezon bo'yicha bir qator gipotezalar tekshirilib, ularning natijalarini ifodalashda lingvistik o'zgaruvchi ishlatildi [3]. Qaralayotgan masalada "Dori vositalari to'plami bo'yicha VEN baholashda allergolog, pulmonolog va terapevt ixtisosligi bo'yicha ekspertlar fikrlarining o'zaro mosligi" gipotezasi tekshirildi. Eksperiment dori vositalarining toifasi bo'yicha ko'rsatilgan uchta χ^1 , χ^2 va χ^3 to'plam ostilari bo'yicha amalga oshirildi:

“Glyukokortikoid vositalar” guruhi – $\chi^1 = \{Deksametazon, Beklometazon, Prednizolon, Flutikazon, Metilprednizolon, Triamsinolon, Budesonid\}$;

“Bronxolik vositalar” guruhi – $\chi^2 = \{Aminofillin, Salbutamol, Flutikazon propionat, Aminofillin, Teofillin, Orsiprenalin, Fenoterolipratropiya bromid, Fenoterol, Salmeterol\}$;

“Antibiotik vositalar” guruhi – $\chi^3 = \{Midekamitsin, Seftazidim, Sefotaksim, Sefoperazon, Sefazolin, Seftriakson, Azitromitsin\}$.

Dorilarning χ^1, χ^2, χ^3 to‘plamlarida (9.4) bo‘yicha hisoblangan va umumlashgan baholar (y^1, y^2, y^3 alomatlar) hisoblanuvchi qiymatlar to‘plami (9.5) mezon bo‘yicha tahlil qilindi. Natijalarni izohlash uchun lingvistik o‘zgaruvchining 9.1-jadvalda keltirilgan qiymatlaridan foydalanildi.

9.1-jadval. Lingvistik o‘zgaruvchi qiymatlari

Interval	O‘zgaruvchi qiymatlari
[1..1]	<i>Mutloq mos kelmaydi</i>
[0,7..1)	<i>Deyarli mos kelmaydi</i>
[0,5..0,7)	<i>Kam hollarda mos keladi</i>
[0,2..0,5)	<i>Deyarli mos keladi</i>
(0..0,2)	<i>Amalda mos keladi</i>
[0..0]	<i>To‘la mos keladi</i>

Hisoblash ekperimentida ikkita sinf K_1 (*allergologlar*) K_2 (*pulmonolog va terapevtlar*) vakillarining dori vositalarini VEN guruhlarga ajratishdagi fikrlari (qarorlari) qanchalik mos kelishi tekshirildi. Hisoblash eksperimentining natijalari 9.2-jadvalda keltirilgan.

9.2-jadval. Alomatlar to‘plami bo‘yicha hisoblash natijalari

Alomatlar to‘plami	Umumlashgan baholar bo‘yicha (5) qiymati	Lingvistik o‘zgaruvchi qiymati
χ^1	0.55	<i>Kam hollarda mos keladi</i>
χ^2	0.51	<i>Kam hollarda mos keladi</i>
χ^3	0.36	<i>Amalda mos keladi</i>

9.2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, ilgari surilgan gipoteza faqat χ^3 to‘plamida tasdiqlanadi, ya’ni “*allergolik vrachlarning bronxial astma kasalini davolashda dori vositalarining ahamiyatligi (VEN baholash)*”

bo'yicha fikrlari pulmonolog va terapevtlar fikrlari bilan amalda mos keladi".

Shuni qayd etish kerakki, alomatlar to'plam ostisini maxsus mezon bo'yicha, masalan, klaster tahlil usullari bilan shakllantirish mumkin.

Xulosa. Tanlanmadan qonuniyatlarni (bilimlarni) izlash nominal alomatlarining ko'rsatilgan to'plam ostisi bo'yicha obyektlar tavsifini son o'qiga akslantirish orqali amalga oshiriladi. Alomatlarining har bir to'plam ostisi bo'yicha akslantirish natijasi ikki sinfli anglash masalasidagi obyektlarni tavsiflovchi yangi latent miqdoriy alomat sifatida qaraladi.

Latent alomatining qiymatlari to'plamida chegaralari maxsus mezon bo'yicha hisoblanadigan o'zaro kesishmaydigan intervallarga bo'lish amalga oshiriladi. Mezonning $[0,1]$ oralig'idagi qiymatlari to'plami qat'iymas mantiq terminlarida izohlanadi. Tadqiqot natijalari turli predmet sohalardan olingan obrazlarni anglash masalalarida qaror qabul qilish jarayonini izohlashda qo'llanilishi mumkin.

Nazorat savollari:

1. Tegishlilik funksiyasi qiymatlar to'plami nimadan iborat?
2. Tegishlilik funksiyasi sonli qiymatlar bilan berilishi mumkinmi?
3. Lingvistik o'zgaruvchi nima?
4. Tadbiqiy masalalarni yechishda tegishlilik funksiya qiymatlarini qanday izohlash mumkin?
5. Qat'iymas mantiqda qanday amallar qo'llaniladi?
6. Bilimlar bazasini shakllantirish uchun qat'iymas mantiq tushunchasi qanday qo'llanilishi mumkin?

Adabiyotlar

1. Игнатьев Н.А. Вычисление обобщённых показателей и интеллектуальный анализ данных // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 5. – С.183-190.
2. Игнатьев Н.А. Интеллектуальный анализ данных на базе непараметрических методов классификации и разделения выборок объектов поверхностями. – Т.: Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 2009. – 120 с.
3. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логики и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 224 с.

4. Суюнов Н. Д., Игнатъев Н.А., Мадрахимов Ш.Ф., Икрамова Г. М. Фармакоэкономические исследования лекарственного обеспечения больных бронхиальной астмой в Узбекистане // Фармация, М., 2011. – №3, – С. 33-36.

5. Ignatyev N.A., Madrakhimov Sh.F., Saidov D.Y. Stability of Object Classes and Selection of the Latent Features // International journal of engineering technology and sciences (IJETS) vol.7 (1) june 2017 doi: <http://dx.doi.org/10.15282/ijets.7.2017.1.9.1071>

10. Masalalar to‘plami

1-masala. $E_0 = \{x_1, \dots, x_m\}$ tanlanma obyektlari 2 ta kesishmaydigan K_1 va K_2 sinf vakillaridan iborat. Har bir $x_i \in E_0$ obyekt n miqdoriy alomatlar bilan tavsiflanadi. O‘rgatishning “rag‘batlantirish - jazolash” tamoyilidan foydalangan holda iterativ algoritmi (perseptron algoritmi) orqali 2 ta sinf orasidagi chegarani aniqlang. Vaznlar vektori w_1 va sozlovchi orttirma $c (0 < c < 1)$ ning boshlang‘ich qiymatlari berish talab qilinadi. Agar p - qadamda $x(p) \in K_1 \cap E_0$ va $w(p)x(p) \leq 0$ bo‘lsa, u holda $w(p+1) = w(p) + cx(p)$. Agar $x(p) \in K_2 \cap E_0$ va $w(p)x(p) \geq 0$ bo‘lsa, u holda $w(p+1) = w(p) - cx(p)$.

2-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo‘lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma bo‘yicha eng yaqin qo‘shni algoritmi uchun optimal k ning qiymatini hisoblash algoritmini amalga oshiruvchi dastur tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi. Obyektlar orasida yaqinlik o‘lchovi sifatida evklid metrikasidan foydalanilsin.

3-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo‘lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma bo‘yicha obyektlar turg‘unligi qiymatlarini hisoblovchi dastur tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi va masofani topish uchun chebishev metrikasidan foydalanilsin. K_j sinfdagi $S_i \in K_j, j = \overline{1, l}, i = \overline{1, m}$ obyektning λ_i^j turg‘unligi:

$$\lambda_i^j = \frac{d_i^j}{2 \min_{1 \leq j \leq l} |K_j| - 3}$$

bo‘yicha topiladi, bu yerda, d_i^j – E_0 dagi S_i obyektning k ta $\left(k = 1, \dots, 2 \min_{1 \leq j \leq l} |K_j| - 3\right)$ eng yaqin qo‘shnilarining $K_j \cap E_0$ sinfdan bo‘lgandagi holatlar soni.

4-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo‘lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma bo‘yicha evklid metrikasidan foydalangan holda chiziqli qobiqni hisoblash algoritmini

amalga oshiruvchi dastur tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ - obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi. Chiziqli qobiq obyektlari $\rho(S_{i_p}, S_{i_r}) = \min_{S_i \in O(S_i)} \rho(S_{i_p}, S_{i_i})$ formuladan aniqlanadi, bu yerda $O(S_i)$ – S_i obyektning atrofi, ya'ni obyektning qarama-qarshi sinfnining eng yaqin obyektigacha bo'lgan, o'z sinf obyektlaridan tashkil topgan atrofi.

5-masala. 4-masala chebishev metrikasidan foydalangan holda yechilsin.

6-masala. 4-masala juravlyov metrikasidan foydalangan holda yechilsin. Juravlyov metrikasi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\rho(x, y) = \sum_{j \in I} |x_j - y_j| + \sum_{j \in J} \begin{cases} 1, & x_j \neq y_j, \\ 0, & x_j = y_j. \end{cases}$$

Bu yerda I va J – mos ravishda miqdoriy va nominal alomatlar indekslar to'plami. Bu yerda o'lchov masshtablarini unifikatsiyalash maqsadida miqdoriy alomatlar qiymatlari kasr-chiziqli almashtirish orqali $[0,1]$ oraliqqa akslantiriladi.

7-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanmada yaqinlik matritsasini nominal alomatlar gradatsiyasi bo'yicha hisoblash algoritmi dasturi tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta nominal alomat bilan tavsiflanadi. Berilgan $\{S_a = (x_{a1}, \dots, x_{an}), S_b = (x_{b1}, \dots, x_{bn})\}$ obyektlar juftligi to'plamida quyidagi funksiyalar aniqlanadi:

$$g(a, b, i, j) = \begin{cases} 2, & x_{ai} \neq x_{bi} \quad \text{va} \quad x_{bj} \neq x_{aj}, \\ 1, & x_{ai} = x_{bi} \quad \text{yoki} \quad x_{aj} = x_{bj}, \\ 0, & x_{ai} = x_{bi} \quad \text{va} \quad x_{aj} = x_{bj}; \end{cases}$$

$$\alpha(a, b) = \begin{cases} 0, & S_a, S_b \in K_i, i = \overline{1, l} \\ 1, & S_a \in K_i, S_b \in K_j, i \neq j. \end{cases}$$

E_0 tanlanmada x_i, x_j nominal alomatlar juftligi orasidagi yaqinlik o'lchovi

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{\sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m \alpha(a,b) g(a,b,i,j)}{2 \sum_{p=1}^l |K_p| (m - |K_p|)}, & i \neq j \\ 0, & i = j. \end{cases}$$

formula orqali ifodalanadi.

8-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo‘lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanmada sinf ichidagi o‘xshashlikni nominal alomatlar gradatsiyasi bo‘yicha hisoblash algoritmini amalga oshiruvchi dastur tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ - obyekt n ta nominal alomat bilan ifodalanadi. c - obyekt n ta c -chi alomatning sinf ichidagi o‘xshashligi F_c ni hisoblash formulasi:

$$F_c = \frac{\gamma_c}{\gamma_{\max}},$$

bu yerda, $\gamma_{\max} = \sum_{i=1}^l |K_i| (|K_i| - 1)$, $\gamma_c = \sum_{i=1}^l \sum_{t=1}^p g_{ic}^t (g_{ic}^t - 1)$, p - c -alomatning gradatsiyalar soni, g_{ic}^t - K_i sinf obyektining c - alomatining t gradatsiyasi soni ($1 \leq t \leq p$).

9-masala. l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo‘lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanmada sinflararo o‘xshashlikni nominal alomatlar gradatsiyasi bo‘yicha hisoblash algoritmining dasturi tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta nominal alomat bilan tavsiflanadi. c - alomatning sinflararo o‘xshashligi R_c ni hisoblash formulasi:

$$R_c = \frac{\beta_c}{\beta_{\max}},$$

bu yerda $\beta_c = \sum_{i=1}^l \sum_{t=1}^p \begin{cases} g_{ic}^t (|CK_i| - b_{ic}^t), & g_{ic}^t \neq 0, \\ b_{ic}^t |K_i|, & g_{ic}^t = 0, \end{cases}$, p - c - alomatning

gradatsiyalar soni, g_{ic}^t - K_i sinf obyektining c -alomatining t -gradatsiyasi soni ($1 \leq t \leq p$), b_{ic}^t - CK_i (K_i sinf to‘ldiruvchisi) sinf obyektining

c -chi alomatining t -gradatsiyasi soni, $\beta_{\max} = \sum_{i=1}^l |K_i| (m - |K_i|)$.

10-masala. Minimal konfiguratsiyali sun'iy neyron to'rlari yordamida klassifikatsiya masalasini yechish uchun nominal alomatlar vaznlarini quyidagi formula bo'yicha hisoblovchi dastur tuzing:

$$w_c = \left(\frac{\gamma_c}{\gamma_{\max}} \right) \left(\frac{\beta_c}{\beta_{\max}} \right)$$

bu yerda $\left(\frac{\gamma_c}{\gamma_{\max}} \right)$ – sinf ichidagi o'xshashlik va $\left(\frac{\beta_c}{\beta_{\max}} \right)$ – sinflararo o'xshashlik (8,9 - masalalarga qaralsin).

11-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanmada uchun nominal alomatlar hissalarini hisoblash algoritmining dasturi tuzilsin. Har bir $S \in E_0$ - obyekt n ta nominal alomat bilan tavsiflanadi va $p (1 \leq p \leq n)$ – alomatning sinflarni ajratishdagi hissasi

$$\lambda_p = \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{u_p} z_{pj}^i (z_{pj}^i - 1)}{\sum_{i=1}^l |K_i| (|K_i| - 1)} - \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{u_p} z_{pj}^i \overline{z_{pj}^i}}{\sum_{i=1}^l |K_i| |\overline{CK_i}|}$$

formula bilan hisoblanadi. Bu yerda $z_{pj}^i, \overline{z_{pj}^i}$ – mos ravishda K_i va uning to'ldiruvchisi $\overline{CK_i} = E_0 \setminus K_i$ sinflarda p -chi alomatning j – gradatsiyasining soni, u_p – p alomatning gradatsiyalar soni.

12-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanmada uchun miqdoriy alomatlar bo'yicha bo'sag'a ε_i optimal qiymatlarini hisoblovchi dastur tuzing, hisoblash mezon

$$U_i + Q_i \rightarrow \max,$$

bu yerda $U_i - S_u, S_v \in K_j, j = \overline{1, l}, u, v \in \{1, \dots, m\}$ uchun $|x_{ui} - x_{vi}| \leq \varepsilon_i$ ko'rinishdagi tengsizlik bajarilgan holatlar soni, Q_i esa $S_u \in K_j, S_v \in \overline{CK_j}, S_u = (x_{u1}, \dots, x_{um}), S_v = (x_{v1}, \dots, x_{vn})$ uchun $|x_{ui} - x_{vi}| > \varepsilon_i$ ko'rinishdagi tengsizlik bajarilgan holatlar soni.

13-masala. Berilgan n ta test savolga m ta javob beruvchilarning javoblari $X = \{x_{ij}\}_{m \times n}$ matritsa ko'rinishida saqlanadi, agar $x_{ij} = 1$

bo'lsa, i - savolga j - javob beruvchi to'g'ri javob berganini anglatadi va $x_{ij} = 0$ bo'lsa noto'g'ri javob bo'ladi. Har bir k - savolning W_k vaznini va p - javob beruvchining R_p nisbiy bahosini hisoblansin:

$$W_k = \frac{q_k}{m_k} \sum_{i=1}^m x_{ij} \exp\left(-\left(1 - \frac{n_i}{n}\right)\right), \quad R_p = \exp\left(-\left(1 - \frac{n_p}{n}\right)\right) \sum_{i=1}^n x_{pi} q_i,$$

bu yerda $q_i = 1 - \frac{m_i}{m+1}$, $m_i = \sum_{j=1}^m x_{ij}$, $n_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$.

14-masala. Berilgan $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanmada berilgan k ($2 \leq k \leq m$) uchun “ k -o'rtacha” algoritmi orqali klasterlash amalga oshirilsin. Obyektlar o'rtasidagi masofani hisoblash uchun evklid va chebishev metrikasidan foydalanilsin.

15-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanmada quyidagi mezon bo'yicha miqdoriy alomatlar qiymatlarini kesishmaydigan intervallarga optimal bo'luvchi algoritmi amalga oshirilsin:

$$\left(\frac{\sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^l (u_i^p - 1) u_i^p}{\sum_{i=1}^l |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left(\frac{\sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^l u_i^p \left(m - |K_i| - \sum_{j=1}^l u_j^p + u_i^p \right)}{\sum_{i=1}^l |K_i| (m - |K_i|)} \right) \rightarrow \max_{\{A\}}$$

bu yerda $A = (a_0, \dots, a_l)$ – butun sonlardan tashkil topgan vektor va uning elementlari quyidagi shartlarni qanoatlantiradi: $a_0 = 0, a_l = m$, $a_r < a_{r+1}, r = \overline{1, l-1}$ va obyektlar nomeri miqdoriy alomatlar qiymatlarini o'sish tartibida beriladi, u_i^p – K_l sinfdan intervaldagi i -alomatning soni.

16-masala. $S_1, \dots, S_n, n > 2$ nuqtalarni tekislikda 2 ta kesishmaydigan sinfga har xil ajratishlar sonini hisoblovchi algoritmi amalga oshirilsin (dixotomiya masalasi).

17-masala. Berilgan R bo'sag'a qiymat va $\rho(x, y)$ metrika bo'yicha $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanmani kesishmaydigan guruhlariga ajratishlar sonini hisoblansin. Masofani hisoblash uchun xemming va chebishev metrikasidan foydalanilsin.

18-masala. $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma uchun evklid metrikasidan foydalangan holda *maksmin* masofa algoritmi amalga oshirilsin. To'xtash mezonini uchun quyidagi shartni qabul qiling: guruh markazlarigacha bo'lgan minimal masofalardan maksimali berilgan R qiymatidan kichik.

19-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanma bo'yicha evklid metrikasidan foydalanib "*eng yaqin qo'shni*" algoritmi amalga oshirilsin. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi.

20-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta nominal alomat bilan tavsiflanadi. 2 ta alomat orqali $K_i, i = \overline{1, l}$ sinfdan mavjud va boshqalarda bo'lmagan barcha mumkin bo'lgan qiymatlar kombinatsiyalari topilsin.

21-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi. Berilgan $\rho(x, y)$ metrika bo'yicha S_1, \dots, S_m obyektlar orasidagi eng qisqa yopiqmas yo'l qurilsin. $\rho(x, y)$ metrika sifatida evklid, xemming, chebishev metrikalari bo'lgan variantlar ko'rib chiqilsin.

22-masala. O'zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta turli toifali alomatlar bilan tavsiflangan. "*Ketma-ket o'chirish*" usuli orqali tanlanmani lokal-optimal qoplovchisi obyekt-etalonlarini izlashni amalga oshirilsin.

23-masala. $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma obyektlarini berilgan $l (l < m)$ sonigacha iyerarxik klasterizatsiya qiladigan algoritmi amalga oshirilsin. Har bir $S \in A$ obyekt n ta miqdoriy alomatlar bilan tavsiflanadi. Obyektlar o'rtasidagi masofani hisoblash uchun evklid metrikasida amalga oshirilsin.

24-masala. Berilgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma obyektlarining miqdoriy alomatlari uchun $l (l < m)$ ta kesishmaydigan intervallarga

bo‘linishdagi har bir intervaldagi tegishlilik funksiyasi va umumiy bo‘linish turg‘unligini hisoblansin.

25-masala. Berilgan $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ matritsada har bir $S_i \in A$ obyekt n ta nominal alomatlar bilan tavsiflanadi $-S_i = (a_{i1}, \dots, a_{in})$. Har bir (x, y) nominal alomatlar juftligi uchun bog‘liqlik $N(x, y)$ matritsasini quring va

$$\sum_{i=1}^{l_x} \sum_{j=1}^{l_y} \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_{i.} n_{.j}}{n} \right)^2}{\frac{n_{i.} n_{.j}}{n}}$$

formula bo‘yicha hisoblanadigan kvadratik bog‘liqlik koeffitsiyenti χ^2 qiymatini hisoblansin. Bu yerda $n_{.j} = \sum_{i=1}^{l_x} n_{ij}$, $n_{i.} = \sum_{j=1}^{l_y} n_{ij}$, l_x, l_y – mos ravishda x va y alomatlarining gradatsiyalar soni.

26-masala. $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma obyektlari 2 ta K_1, K_2 kesishmaydigan sinf vakillaridan iborat. Quyidagi

$$\left| \frac{d_1(u, v)}{|K_1|} - \frac{d_2(u, v)}{|K_2|} \right| \rightarrow \max$$

mezon bo‘yicha miqdoriy alomatlar ustunlik intervalini hisoblaydigan algoritmnı amalga oshirilsin. Bu yerda $d_1(u, v), d_2(u, v), u \leq v$ – mos ravishda miqdoriy alomatlarining r_1, r_2, \dots, r_m o‘shish tartibidagi u va v - o‘rinlar oralig‘idagi K_1, K_2 sinflar vakillarining miqdori.

27-masala. m obyektдан tashkil topgan n o‘lchovli alomatlar fazosida $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ ko‘rinishda tanlanma berilgan. “ k eng yaqin qo‘shni” usuli bilan berilgan $S_i \in A$ obyekt uchun tarqalish zichligini baholansin. Taqsimot zichligining bahosi $\frac{1}{R(S_i, k)}$ formulasi orqali

hisoblanadi. Bu yerda $R(S_i, k)$ – S_i obyektning k yaqin qo‘shnilarigacha bo‘lgan maksimal evklid masofasi.

28-masala. m obyektдан tashkil topgan n o‘lchovli alomatlar fazosida $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma berilgan. Berilgan h kenglik

bo'yicha parzen darchasi usuli bilan berilgan $S_i \in A$ obyekt uchun tarqalish zichligini baholansin.

29-masala. S_i va S_j obyektlar o'rtasidagi $S_i R S_j, i, j \in \{1, \dots, m\}$ munosabat $A = \{a_{ij}\}_{m \times n}$ kvadratik matritsa ko'rinishida beriladi, agar $S_i R S_j$ rost bo'lsa $a_{ij} = 1$, aks holda $a_{ij} = 0$. A matritsada bo'yicha R munosabat bo'yicha tranzitivlik xossasi bajariladimi? Agar bajarilsa, tranzitivlik xossasi rost bo'ladigan obyektlar uchligi ko'rsatilsin.

30-masala. 29-masaladagi R munosabat xossasi sinf ekvivalentligini hosil qiladimi?

31-masala. S_i va S_j obyektlar o'rtasidagi $S_i R_1 S_j, i, j \in \{1, \dots, m\}$ munosabat $A = \{a_{ij}\}_{m \times m}$ kvadratik matritsa ko'rinishida, $S_i R_2 S_j, i, j \in \{1, \dots, m\}$ munosabat esa $B = \{b_{ij}\}_{m \times m}$ ko'rinishida berilgan, agar $S_i R_1 S_j$ rost bo'lsa $a_{ij} = 1$, aks holda $a_{ij} = 0$. Xuddi shunday B matritsa elementlari R_2 munosabat bo'yicha aniqlanadi. Sinf uchun qat'iy tartiblangan $R_1 \cup R_2$ munosabat o'ramini hosil qilib bo'ladimi?

32-masala. 31-masaladagi $R_1 \cup R_2$ munosabatlar o'rami antirefleksivlik xossasiga egami?

33-masala. S_i va S_j obyektlar o'rtasidagi munosabat 3 ta ekspert xulosasiga ko'ra $A_1 = \{a_{ij}^1\}_{m \times m}$, $A_2 = \{a_{ij}^2\}_{m \times m}$ va $A_3 = \{a_{ij}^3\}_{m \times m}$ kvadratik matritsa ko'rinishida berilgan, agar $S_i R S_j$ rost bo'lsa $a_{ij} = 1$, aks holda $a_{ij} = 0$. Bir-biriga eng yaqin qarashli bo'lgan 2 ta ekspert aniqlansin.

34-masala. Kesishmaydigan 2 ta K_1 va K_2 sinfga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o'rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadi. Obyektlarni ajratish uchun

$$R(S) = \sum_{i=1}^n t_i w_i x_i$$

diskriminant funksiyadan foydalaniladi, bu yerda $w_i - (0, 1]$ intervalda berilgan vazn, $T = (t_1, \dots, t_n), t_i \in [-1, 1]$ vektori

$$\min_{S_i \in K_1} R(S_i) - \max_{S_i \in K_2} R(S_i) \rightarrow \max$$

bo'yicha aniqlanadi.

35-masala. $E_0 = \{x_1, \dots, x_m\}$ tanlanma obyektlari 2 ta kesishmaydigan K_1 va K_2 sinf vakillaridan iborat. Har bir $x_i \in E_0$ obyekt n har xil toifali alomatlar bilan tavsiflanadi. $\omega E_0 - E_0$ tanlanmaning ω qismi hisoblanadi, $\omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$, agar i - alomat klassifikatsiyada qatnashsa $\omega_i = 1$, aks holda $\omega_i = 0$. Berilgan ω vektor bo'yicha ωE_0 ilojisiz obyektlar (K_1 yoki K_2 sinfga ajralmaydigan obyektlar) aniqlansin.

36-masala. $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma obyektlaridan foydalanib alomatlar fazosi o'lchovini n dan k ($k < n$) sonigacha kamaytirilsin. Tanlanma obyektlari 2 ta kesishmaydigan K_1 va K_2 sinf vakillaridan iborat. Har bir $S_i \in E_0$ obyekt $H(n) = (x_1, \dots, x_n)$ tanlanmadan n miqdoriy alomatlar bilan tavsiflanadi. $x_j \in H(r), r \leq n$ alomatni o'chirish uchun

$$\frac{\theta_j}{\gamma_j} - \frac{\sum_{x_i \in H(r)} w_i \theta_i}{\sum_{x_i \in H(r)} w_i \gamma_i} = \max_{H(r)}$$

mezondan foydalanilsin, bu yerda θ_j va γ_j – mos ravishda sinf ichidagi va sinflararo o'xshashlik ($x_j \in H(r), w_i > 0, \sum_{x_i \in H(r)} w_i = 1$, alomat

bo'yicha).

37-masala. m obyektдан tashkil topgan n o'lchovli alomatlar fazosida $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ ko'rinishda to'plam berilgan. Berilgan k parametr bo'yicha R_1, \dots, R_m qiymatlarini hisoblansin. R_i ning qiymati markazi S_i da bo'lgan va A to'plamdan S_i ga $\rho(x, y)$ metrika bo'yicha eng yaqin k ta qo'shnini o'z ichiga oladigan gipersharning radiusiga teng. O'sish tartibidagi $R_{i_1}, R_{i_2}, \dots, R_{i_m}$ ketma-ketlikdan S_{i_1} obyektini va unga eng yaqin k ta qo'shnisi o'chirilsin. O'chirilgan obyektlar G_1 ga qo'shiladi. Qolgan obyektlarda xuddi 1-qadamdagi amallar takrorlanadi. Jarayon tanlanmani yoki uning bir qismini sinflarga ajratish mumkin bo'lmay qolguncha davom etadi.

38-masala. Berilgan $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma bo'yicha $S \in A$, $S = (x_1, \dots, x_n)$ obyektlarni R^n fazodan sonlar o'qiga

$$P(S) = w_1 x_1 + \dots + w_n x_n$$

formula bilan akslantirilsin. Koeffitsiyentlar sifatida

$$w_i = 1 - \frac{\sum_{u=1}^m \sum_{v=1}^m \rho^i(S_u, S_v)}{\sum_{u=1}^m \sum_{v=1}^m \rho(S_u, S_v)}$$

qiymatlaridan foydalanilsin. Bu yerda $\rho(S_u, S_v), \rho^i(S_u, S_v)$ – mos ravishda S_u va S_v obyektlar orasidagi evklid metrikasi bo'yicha R^n va R^{n-1} fazodagi masofa.

39-masala. Berilgan $X = (x_1, \dots, x_n)$ tasoddiy qiymatlar to'plami uchun protsentil taqsimot grafigi qurilsin.

40-masala. n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflanadigan har bir $S_i \in E_0$ obyekt uchun $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma bo'yicha tasoddiy μ va β_1, \dots, β_t kattaliklar guruhlar o'rtasidagi to'plamli korrelatsiya

koeffitsiyentini $R = \sqrt{1 - \frac{D}{D_\beta}}$ hisoblash dasturi tuzilsin, bu yerda D – $\mu, \beta_1, \dots, \beta_t$ kattaliklarning korrelatsiya matritsa aniqlovchisi, D_β – ham xuddi shunday, faqat u β_1, \dots, β_t qiymatlar uchun.

41-masala. Satrlari bo'yicha n miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan m obyektlar joylashgan $A = \{a_{ij}\}_{m \times n}$ jadval berilgan bo'lib, alomatlardan biri (tanlash orqali) maqsad, qolganlari bog'liq alomatlar hisoblanadi. $Y = (y_1, \dots, y_m)$ – maqsad va $A_1 = (a_{11}, \dots, a_{1,n-1}), \dots, A_m = (a_{m1}, \dots, a_{m,n-1})$ bog'liq vektorlar qiymatlari $y_i = F(a_{i1}, \dots, a_{i,n-1})$ funksional bilan bog'langan bo'lsin.

Bog'liq ko'rsatkichlar vektori $B = (b_1, \dots, b_{n-1})$ bo'yicha prognoz qilinuvchi y qiymati $y = \frac{1}{k}(y_{i_1} + \dots + y_{i_k})$ ko'rinishida hisoblanadi. Bu yerda $y_{i_1}, \dots, y_{i_k} - A_{i_1}, \dots, A_{i_k}$ bog'liq alomatlar bo'yicha berilgan $\rho(x, y)$ metrika bilan hisoblangan k yaqinlarning maqsad ko'rsatkich qiymatlari.

Quyidagi mezon bo'yicha sirpanuvchi usul bilan k parametrining optimal qiymati tanlanadi

$$F(k) = \sum_{i=1}^m (y_i - y_i)^2 \rightarrow \min.$$

Bu yerda y_i – prognoz qilinuvchi qiymat.

42-masala. Satrlari bo'yicha n miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan m obyektlar joylashgan $A = \{a_{ij}\}_{m \times n}$ jadval berilgan. Iyerarxik guruhlash algoritmi quyidagi sxema bo'yicha amalga oshirilsin:

1-qadam. Uchburchak jadval shaklida $d(i, j)$ masofalar hisoblansin;

2-qadam. $d(p, q) = \inf(d(i, j)) \forall i, j$ sharti asosida:

- jadvaldan barcha q kattaliklar o'chirilsin;
- p belgilashlar r bilan almashtirilsin;
- jadvalning qolgan qismida $d(i, r) \forall i$ hisoblansin;

3-qadam. Agar qisqartirilgan jadvaldagi satr va ustunlar sonlari $k, 2 \leq k < m$ bo'lsa, 2-qadamga o'tilsin, aks holda tamom.

Bu yerda

$$d(i, r) = a_p d(i, p) + a_q d(i, q) + b d(p, q) + c |d(i, p) - d(i, q)|^p$$

umumiy formula bo'yicha hisoblanadi.

Iyerarxiyanig quyidagi variantlarini ko'rib chiqaylik:

$$1\text{-variant: } a_p = a_q = \frac{1}{2}; b = 0; c = -\frac{1}{2}, d(i, r) = \inf[d(i, p), d(i, q)];$$

$$2\text{-variant: } a_p = a_q = \frac{1}{2}; b = 0; c = \frac{1}{2}, d(i, r) = \sup[d(i, p), d(i, q)];$$

$$3\text{-variant: } a_p = \frac{K_p}{K_p + K_q}, a_q = \frac{K_q}{K_p + K_q}; b = c = 0,$$

bu yerda K_p va K_q – p va q guruhdagi obyektlar soni.

42-masala. Mumkin bo'lgan obyektlarning ikkita o'zaro kesishmaydigan K_1, K_2 sinflarga bo'lingan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma berilgan. Tanlanma obyektlari n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. E_0 tanlanmada $\rho(x, y)$ – evklid metrikasi berilgan bo'lsin.

Tanlanmadagi $S_d \in K_p, p = 1, 2$ obyektning turg'unligi $X(k) = (x_1, \dots, x_k), k \leq n$ bo'yicha hisoblash uchun foydalaniladi:

1. O‘zaro munosabati $\rho(S_{d_i}, S_d) \leq \rho(S_{d_{i+1}}, S_d)$ tengsizlik bilan aniqlangan E_0 tanlanma obyektlarining $S_{d_0}, \dots, S_{d_{m-1}}, S_{d_0} = S_d$ tartiblangan ketma-ketligi;

2. $F(S_d, X(k)) = \max_{0 \leq i \leq m-1} \left(\frac{z_p(i)}{|K_p|} - \frac{z_{3-p}(i)}{|K_{3-p}|} \right)$ formula bilan aniqlanuvchi funksional qiymati. Bu yerda $z_p(i), z_{3-p}(i)$ – mos ravishda $P(S_d, X(k)) = \{S_{d_0}, \dots, S_{d_i}\}$ to‘plamdagi K_p, K_{3-p} sinflarga tegishli obyektlar soni.

Berilgan $X(k) = (x_1, \dots, x_k)$ alomatlar to‘plami bo‘yicha $S_d \in E_0$ obyekt turg‘unligi hisoblansin.

43-masala. Har bir obyekti n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflangan $A = \{S_1, \dots, S_m\}$, tanlanma berilgan. Berilgan $\rho(x, y)$ metrika bilan S_1, \dots, S_m . Obyektlar o‘rtasidagi eng qisqa yopiqmas yo‘l qurilsin. Berilgan $K (1 \leq K < m)$ bo‘yicha yo‘lning K ta eng uzun qirralarini o‘chirish orqali tanlanma $K+1$ guruhlariga bo‘linsin. Metrika sifatida evklid metrikasi ishlatilsin.

44-masala. Har bir obyekti n ta miqdoriy alomat bilan tavsiflangan $A = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma berilgan. Berilgan $\rho(x, y)$ metrika bilan S_1, \dots, S_m obyektlar o‘rtasidagi eng qisqa yopiqmas yo‘l qurilsin. Tanlanmaning $\{S_1, \dots, S_m\} \in A \triangleleft$, to‘plam ostisida ikkita K_1, K_2 sinflarga bo‘linish aniqlangan bo‘lsin. Agar turli sinf obyektlarini bog‘lovchi yo‘l (yo‘l uchlari) bo‘lsa, uning eng uzun qirralari o‘chirilsin. Metrika sifatida xemming metrikasi ishlatilsin.

45-masala. Berilgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanma obyektlarini approksimatsiya qilish uchun k kodli W_i vektorlar bilan vektorli kvantlash masalasi yechilsin. Kodli vektorlar uchun qandaydir, tugunlarning yaqinlik o‘lchamining simmetrik matritsasi berilgan bo‘lsin: har bir $(i, j), i, j = 1, \dots, k$ juftlik uchun $\eta_{ij} (0 \leq \eta_{ij} \leq 1)$ soni aniqlangan hamda jadvalning barcha diagonal elementlari birga teng ($\eta_{ij} = 1$). Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan.

Kiruvchi s signallar vektorlari alohida ishlanadi, har biri uchun eng yaqin kod vektori $W_{j(s)}$ topiladi (“*g‘olib barchasiga ega*” tamoyili). Shundan keyin $\eta_{ij} = 0$ barcha W_i kod vektorlari

$$W_i^{new} = W_i^{old} (1 - \eta_{j(s)} \theta) + s \eta_{j(s)} \theta$$

formulasi bilan qayta hisoblanadi. Bu yerda $\theta \in (0..1)$ – o‘rganish qadami. G‘olib kod vektorining qo‘shnilari (aprior ravishda yaqinlik jadvali orqali berilgan) o‘lchov birligiga proporsional ravishda ushbu vektor siljigan tomonga suriladi. Masofa funksiyasi sifatida evklid metrikasi ishlatilsin.

46-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflar vakillarini o‘z ichiga olgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. Obyektlar o‘rtasidagi masofa $\rho(x, y)$ metrikasi bilan o‘lchanadi. Aytaylik, $S_k \in K_i$ va $\rho(S_k, S_r) = \min_{S_j \in CK_i} \rho(S_j, S_k)$ o‘rinli bo‘lsin. U holda $S_r \in CK_i$ obyekt D_i to‘plamga kiritiladi va

$$\frac{Z - \varepsilon}{|K_i|} > \frac{1}{m - |K_i|}$$

shart bajarilsa, u shovqin obyekt sifatida qaraladi. Bu yerda

$$Z = \left| \left\{ S_\mu \in K_i \mid \rho(S_r, S_k) < \rho(S_\eta, S_\mu) < \rho(S_k, S_\eta) \right\} \right|,$$

$$\varepsilon \geq 0, \rho(S_k, S_\eta) = \min_{S_j \in CK_i \setminus \{S_r\}} \rho(S_j, S_k)$$

Har bir K_i sinf uchun evklid, xemming va chebishev metrikalari bo‘yicha shovqin obyektlar to‘plami D_i aniqlansin.

47-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflar vakillarini o‘z ichiga olgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. Obyektlar o‘rtasidagi masofa $\rho(x, y)$ metrikasi bilan o‘lchanadi. S obyekt $\rho(x, y)$ metrika bo‘yicha chegaraviy obyektlar to‘plami L tegishli bo‘ladi, agar $\rho(S_i, S) = \min_{S \in CK_d} \rho(S_i, S)$ bilan aniqlanuvchi shunday $S_i \in K_d$ mavjud bo‘lsa. Ikkita $S_i, S_j \in K_d$

obyektlar R munosabat bog'langan, ya'ni S_iRS_j rost bo'ladi, agar $S \in L \cap K_d$ mavjud bo'lsaki, uning uchun $\rho(S_i, S) < r_i$ va $\rho(S_j, S) < r_j$ o'rinli bo'lsa. Bu yerda $r_i = \min_{S_\mu \in CK_d} \rho(S_i, S_\mu)$ va $r_j = \min_{S_\mu \in CK_d} \rho(S_j, S_\mu)$.

Har bir K_d sinf uchun R munosabat bo'yicha evklid, xemming va chebishev metrikalaridan foydalangan holda o'zaro kesishmaydigan $G_{d1}, \dots, G_{dp}, 1 \leq p < |K_d|$, guruhlariga ajratilsin. Har bir $S_i, S_j \in G_{dt}$ juftlik uchun $S_iRS_\mu R \dots S_\tau RS_j$ rost bo'lgan yo'l (G_{dt} dan obyektlar zanjiri) mavjud deb hisoblanadi.

47-masala. Qarorlar daraxtini qurish uchun ikkita o'zaro kesishmaydigan K_1, K_2 sinflarga ajratilgan obyektlar $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanmasidan foydalaniladi. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ nominal alomatlar bilan tavsiflangan bo'lib, p gradatsiyaga ega x_i alomat $\{1, \dots, p\}$ to'plamidan qiymat qabul qiladi. Boshlang'ich E_0 tanlanmaning T_1, T_2, \dots, T_c to'plam ostilariga bo'linishi aniqlagan bo'lsin. $K_d, d = 1, 2$ sinfga tegishli obyektning $T \in E_0$ to'plam ostida paydo bo'lish ehtimolligi $P_d = \frac{\mu(d, T)}{|T|}$ formulasi bilan aniqlanadi. Bu yerda $\mu(d, T)$ – T to'plam ostisidagi K_d sinf obyektlari soni. Sinfidagi obyektни aniqlash uchun zarur ma'lumotlar miqdori quyidagicha hisoblanadi.

$$\text{info}(T) = -\frac{\mu(1, T)}{|T|} \log_2 \left(\frac{\mu(1, T)}{|T|} \right) - \frac{\mu(2, T)}{|T|} \log_2 \left(\frac{\mu(2, T)}{|T|} \right).$$

T to'plam ostisi bo'yicha $p(i)$ gradatsiyali x_i alomatning bahosi

$$\text{info}(T, x_i) = \sum_{r=1}^{p(i)} T_r / |T| \text{info}(T_r)$$

orqali hisoblanadi. Bu yerda $T_r - r \in \{1, \dots, p(i)\}$ gradatsiyali T kiruvchi obyektlar to'plami. $T = E_0$ shartida daraxt ildiziga joylashtirish uchun

$$\text{Gain}(x_i, T) = \max_{x_i \in X(n)} (\text{info}(T) - \text{info}(T, x_i))$$

bo'yicha $x_i \in X(n)$ alomat topilsin.

48-masala. Qarorlar daraxtini qurish uchun ikkita o‘zaro kesishmaydigan K_1, K_2 sinflarga ajratilgan obyektlar $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ tanlanmasidan foydalaniladi. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. Har bir $x_i \in X(n)$ alomat uchun aniqlanuvchi $T \subset E_0$ to‘plam bo‘yicha $(-\infty, a_i](a_i, +\infty)$ intervallarga bo‘lishdagi a_i chegara $Gini(i, T) = 1 - (P_1^2 + P_2^2)$ mezoni bo‘yicha hisoblanadi. Bu yerda $P_d = \frac{\mu(d, T)}{\varphi(a_i, T)}$, $\mu(d, T) - (-\infty, a_i]$ intervaldagi K_d sinf vakillarining soni, $\max_d \mu(d, T) \geq 3$, $\varphi(a_i, T) - x_i$ alomatining qiymatlari $(-\infty, a_i]$ intervalda bo‘lgan T to‘plamdagi obyektlar soni.

$T = E_0$ shartida daraxt ildiziga joylashtirish uchun $Gini(i, T) = \min_{1 \leq r \leq n} Gini(r, T)$ bo‘yicha $x_i \in X(n)$ alomat topilsin.

49-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflar vakillarini o‘z ichiga olgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. E_0 tanlanmada S obyektning $\rho(x, y)$ metrika bo‘yicha S_i obyekt bilan, S_j obyektga nisbatan solishtirishga asoslangan o‘xshashlik funksiyasi aniqlangan bo‘lsin.

Tanlanmaning $S \in K_d, d = 1, \dots, l$ obyekt vazni

$$V(S) = \sum_{S_i \in K_d} F(S_i, S | S_i^*)$$

formulasi orqali aniqlanadi. Bu yerda $\rho(S_i, S_j) = \min_{S_t \in CK_d} \rho(S_i, S_t)$.

Berilgan $S \in K_d$ obyekt uchun evklid va chebishev metrikalaridan foydalangan holatlarda $V(S_r)$ vazn va $M_r = \{S_i \in K_d | F(S_i, S_r | S_r^*)\}$ obyektlar to‘plami aniqlansin.

50-masala. O‘zaro kesishmaydigan l ta K_1, \dots, K_l sinflar vakillarini o‘z ichiga olgan $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ o‘rgatuvchi tanlanma berilgan. Har bir $S \in E_0$ obyekt n ta $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ miqdoriy alomatlar bilan tavsiflangan. Obyektlar o‘rtasidagi masofa $\rho(x, y)$ metrika bo‘yicha

aniqlanadi. $S_r \in CK_i$ obyekt $S_k \in K_i$ obyekt uchun chegaraviy va R to'plamga tegishli deb hisoblanadi, agar $\rho(S_k, S_r) = \min_{S_j \in CK_i} \rho(S_k, S_j)$.

$S_r \in R \cap K_d, d = 1, \dots, l$ obyekt shovqin obyekt bo'ladi, agar $\left| \left\{ S_i \in K_d \mid \rho(S_k, S_r) = \min_{S_j \in CK_i} \rho(S_k, S_j) \right\} \right| = 1$ bo'lsa.

Berilgan E_0 uchun evklid, xemming, chebishev metrikalari bo'yicha shovqin obyektlar to'plami topilsin.

11. Sun'iy intellekt sohasi terminlarining izohli lug'ati

ABDUKSIYA (абдукция, abduction). Xususiyan xususiya haqiqatnoma xulosa.

ABSTRAKSIYA (абстракция, abstraction). Amalning keyingi qadami uchun kamdan kam uchraydigan, tasodifiy yoki muhim bo'lmaganlarni kesib tashlash. Abstraksiya intellektual tizimlardagi tashqi olam haqidagi berilganlar va bilimlarni taqdim etishlarda o'z o'rniga ega. Abstraksiyalar bilimlarni umumlashtirishda, mulohazalar qilishda va maqsadga muvofiq foaliyatni rejalashtirishda foydalaniladi. Abstraksiya tushunchalarni shakllantirish vositasidir.

ALGORITMIK YECHIB BO'LMASLIK (алгоритмическая неразрешимость, algorithmic nonresolvability). Bir turdagi masalalar to'plami uchun ularni yechishning umumiy algoritmi topish mumkin bo'lmagan, shu bilan birga bu to'plamning qism to'plami uchun yechimlar qidirishning o'ziga xos algoritmlarini qurish mumkin bo'lgan vaziyat. Bunday algoritmik yechib bo'lmaydigan muammolarning mavjudligi qat'iy tarzda isbotlangan.

ALOMAT (признак, feature). Tadqiq qilinayotgan obyekt yoki voqelikning u yoki bu xossasini miqdoriy yoki sifat ko'rinishida tavsiflash. Boshlang'ich (xom) va latent alomatlar farqlanadi. Har bir boshlang'ich alomat uchun obyektlarni tavsiflashdagi mumkin bo'lgan qiymatlar to'plami mavjud bo'ladi. Obyekt mumkin bo'lgan hisoblanadi, agar uni tavsiflovchi alomatlar o'z to'plamlaridan qiymat qabul qilsa, latent yoki oshkor ravishda o'lchamga ega alomat boshlang'ich alomatlarining qandaydir kombinatsiyasi orqali aniqlanadi. Odatda latent alomatlar turli predmet sohalarda indekslar sifatida ishlatiladi.

ALOMATLAR FAZOSI (признаковое пространство, feature space). Obyekt xossasini yetarlicha to'la akslantiruvchi alomatlar majmuasi. Fazodagi har bir alomat predmet soha modeli (meditsina, geologiya va hakoza) chegarasidagi mumkin bo'lgan qiymatlar to'plami bilan aniqlanadi.

ANALOGIYA (аналогия, analogy). Bilimlar bazasidagi ikkita obyektlar, jarayonlar, hodisalar va holatlar o'rtasidagi o'xshash-farqlanish munosabati darajasidagi bog'lanish.

ANALOGIYA BO'YICHA XULOSA (вывод по аналогии, inference by analogy). Mulohazani bir tadqiqot sohasidan unga

o'xshash boshqa bir tadqiqot sohasiga olib o'tishga asoslangan xulosa. Agar $A \rightarrow B$ xulosa mavjud bo'lib, A aniqlangan soha C aniqlangan sohaga gomomorf, B aniqlangan soha esa o'z navbatida D aniqlangan sohaga gomomorf bo'lsa, $A \rightarrow B$ xulosasi $C \rightarrow D$ xulosasini yuzaga keltiradi. ABX haqiqatnoma xulosaning xususiy holidir.

ANGLASHNING QAROR QABUL QILISH QOIDALARI (**решающее правило распознавания, recognition decision rule**). Alomatlar xususiyatlarini ifodalovchi qiymatlarni tahlil qilishga asoslangan o'rganish usuli bilan obyektlarni qaysi sinfga tegishli ekanligi xulosa qilinadigan algoritm.

ARALASH O'RGANISH (**смешанное обучение, blended learning**) – bir qism vaznlar “o'qituvchili o'rgatish” orqali, qolgani o'zini o'zi o'rgatish bilan topiladi.

ARGUMENTLASH (**аргументация, argumentation**). Fikr rostligini isbotlashda ushbu fikr rostligi kelib chiqadigan yoki uning rostligiga ishonchni oshiradigan faktlar keltiriladigan isbotlash jarayoni.

ASSOTSIATIV MODEL (**модель ассоциативная, associative model**). Inson tomonidan masalani yechish jarayonining yechimlar avvaldan ma'lum bo'lgan masalalarga o'xshashligini asoslashga tayanuvchi bajariladigan ishlarning (protseduralarning) tartibi.

ASSOTSIATSIYA (**ассоциация, association**). Bilimlar bazasida ikkita informatsion (axborot) birligi o'rtasidagi bog'lanishi bo'lib, u ushbu bazada saqlanayotgan axborot birliklari to'plamida aniqlangan qandaydir o'lcham birligi asosida o'rnatiladi.

AVTOMAT (**автомат, automaton**). Kiruvchi belgilar ketma-ketligini chiquvchi belgilar ketma-ketligiga aylantiruvchi abstrakt mashina. Ular xotirasining ichki holatlari soniga bog'liq ravishda chekli va cheksiz, chiquvchi ketma-ketlikning bir qiymatli va yo'qligi qarab ular deterministik va nodeterministik, tuzilish xususiyatlariga ko'ra magazinli, stekli va katakli avtomatlarga ajratiladi.

AVTOMAT CHEKSIZ (**автомат бесконечный, infinite automaton**). Ichki holatlar to'plami sanoqli bo'lgan avtomat, xususan, Post mashinasi va Tyuring mashinalari.

AVTOMAT DETERMINISTIK (**детерминированный автомат, deterministic automaton**). Ixtiyoriy bir ish taktida kiruvchi berilganlar to'plami va ichki holati bo'yicha chiquvchi belgilar ketma-

ketligini va keyingi taktdagi avtomat holatini bir qiymatli aniqlovchi avtomat.

AVTOMAT EHTIMOLLI (автомат вероятностный, probabilistic automaton). Stoxastik avtomatning xususiy holi bo'lib, uning har qanday amal qilishidan qat'i nazar avtomat tuzilishi o'zgarmay qoladi.

AVTOMAT MAGAZINLI (магазинный автомат, push-down automaton). Stekli avtomatning xususiy holi bo'lib, undan stekka oxirgi yozilgan ma'lumotnigina o'qish mumkin.

AVTOMAT STEKLI (автомат стековый, stack machine). Xotirasi stek ko'rinishida tashkil qilingan avtomat bo'lib, unda kiruvchi belgilar ketma-ketligi ularni kelib tushish tartibini saqlagan holda eslab qolinadi. Stekdan ma'lumotni o'qish uning stekdagi joylashuv nomeri bo'yicha amalga oshiriladi. Stekli avtomatning xususiy holi sifatida magazinli avtomatlarni ko'rish mumkin. Stekli avtomatlar lingvistik protsessorlarda berilgan kontekst chuqurlikdagi kontekst-bog'liqlik tillarni yuzaga keltirishda qo'llaniladi.

BEKTRKING (бектрекинг, backtracking). Ma'lum bir tuzilmada izlash jarayonida orqaga qaytish amali (masalan, Qarorlar daraxti yoki labirintda izlashda). Tuzilma bo'yicha harakatlenganda tanlangan yo'l muvoffaqiyatsiz yoki boshi berk bo'lganda izlash jarayonini tarmoqlangan joyiga qaytish zarurati bo'ladi. Oxirgi tarmoqlanuvchi nuqtaga qaytishni tezlashtirish uchun nuqta koordinatasini xotirada saqlashga to'g'ri keladi. Yuzaga kelish ketma-ketligi bo'yicha bir-birining ustiga qo'yilgan tarmoqlanish nuqtalarini saqlash uchun maxsus stek registrilaridan foydalaniladi.

BERILGANLAR (данные, data). Obyektlarni, predmet sohadagi jarayonlar va hodisalarini hamda ular xossalarini tavsiflovchi ayrim faktlar.

BERILGANLAR BAZASI (база данных, database). Axborot birliklarni kompyuter xotirasida berilgan tuzilmasi ko'rinishida yozish, izlash va saqlashni ta'minlaydigan dasturiy vositalar majmuasi.

BERILGANLARNING INTELLEKTUAL TAHLILI (интеллектуальный анализ данных, data mining) – katta hajmdagi turli jinsli retrospektiv berilganlarni sonli va sifat tadqiqotlari asoslangan qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash masalalarini yechishga yo'naltirilgan axborot tizimlar sohasidagi yo'nalish.

BILIM (знания, knowledge). Tavsiflanuvchi savol, predmet, muammo va boshqalar haqidagi tasavvurni qandaydir darajasiga mos keluvchi, to'liq tavsiflashni hosil qiluvchi xabarlar majmuasi.

BILIM DEKLARATIV (знания декларативные, declarative knowledge). Intellektual tizim xotirasiga yozilgan bilim bo'lib, ulardan xotirani mos maydoniga murojaat qilinganda bevosita foydalanish mumkin bo'ladi. Odatda predmet soha xossalari, ularda mavjud faktlar va shunga o'xshash ma'lumotlar deklarativ bilim ko'rinishida yoziladi. Shakli bo'yicha deklarativ bilimlarga protsedurali bilimlar qarama-qarshi qo'yiladi.

BILIM MANBAYI (источник знаний, knowledge source). Matn, (ko'rsatmalar, monografiyalar, fotografiya, kinotasma va sh.k.), kuzatuvlar yoki kerak ma'lumotni beruvchi mutaxassis-professional. Bilimlar manbasidan bilimga aylanib, intellektual tizim xotirasida fiksirlanadigan ma'lumotlar olinadi.

BILIMLAR ASOSIDA XULOSA (вывод на знаниях, knowledge-based inference). Bilimlar bazasida saqlanayotgan ifodalarni berilganlar sifatida foydalanadigan xulosa. BAX ishochli bo'ladi, agar ushbu ifodalar ishonchli yoki haqiqatnoma yoki haqiqatnomalik baholari bilan ta'minlangan bo'lsa. Odatda BAX protseduralariga xulosa uchun zarur bilimlarni izlash amallari kiradi, ya'ni namuna bo'yicha izlash protsedurasi.

BILIMLAR BAZASI (база знаний, knowledge base). Kompyuter dasturlari majmuasi bo'lib, kompyuter xotirasida murakkab tuzilmali axborot birliklarini (bilimlarni) izlash, saqlash va o'zgartirish imkoniyatini beradi.

BILIMLAR BO'YICHA INJENER (инженер по знаниям, knowledge engineer). Bosh vazifasi predmet sohaga oid bilimlar bazasini loyihalash va to'ldirish bo'lgan mutaxassis. O'z faoliyatini amalga oshirish jarayonida u predmet sohaga mos keluvchi bilimlarni tasvirlash shaklini tanlaydi, turli manbalardan (rasmiy hujjatlar, o'quv qo'llanmalari, monografilar va h.k.) hamda ushbu predmet sohadagi ekspert-mutaxassislar bilan muloqat natijasidan bilimlarni olishni tashkil qiladi.

BILIMLAR IDENTIFIKATSIYASI (идентификация знаний, knowledge identification). Masalani yechish uchun zarur bo'lgan bilimlar xususiyatini aniqlash.

BILIMLAR INJENERIYASI (инженерия знаний, **knowledge engineering**). Sun'iy intellekt bo'limi bo'lib, uning chegarasida bilimlarni ajratib olish, bilimlarni egallash, bilimlarni taqdim etish va bilimlar bilan manipulatsiya qilish bog'liq muammolar yechiladi. BI ekspert tizimlari va intellektual tizimlarni yaratish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

BILIMLAR MODEL (модель знаний, **knowledge model**). Bilimlar bazasida bilimlarni tavsiflash. To'rtta bilimlar modeli ma'lum: formal modelga asoslangan mantiqiy model; semantik to'rga asoslangan to'r modeli; freym va produksiya modellari.

BILIMLARGA ASOSLANGAN TIZIM (система, основанная на знаниях, **knowledge-based system**). Muammo sohasi haqidagi bilimlar to'plami asosida ishlovchi intellektual tizim.

BILIMLARNI AJRATIB OLISH (извлечение знаний, **knowledge extraction**). Mutaxassisdan predmet soha haqidagi ma'lumotlarni olish va ularni bilimlarni tasvirlash tilida ifodalash. Bilimlarni ajratib olish ekspert tizimlarini qurishda yoki bilimlar bazasini shakllantirishda amalga oshiriladi.

BILIMLARNI OLISH (приобретение знаний, **knowledge acquisition**). Bilimlar bo'yicha injener tarafidan bilimlar bazasini to'ldirish jarayonidagi foydalanadigan usullar va protseduralar to'plami. B.O.da ikki: passiv va aktiv bilimlar manbalaridan foydalanildi. Passiv bilimlar manbalariga predmet sohani tavsiflashda muhim ma'lumotlarni o'z ichiga oluvchi rasmiy hujjatlar, ko'rsatmalar, bosilib chiqqan manbalar, kino va foto hujjatlar kiradi. Aktiv bilimlar manbalariga qaralayotgan predmet soha mutaxassislari-insonlar kiradi. Bilimlar bo'yicha injener maxsus psixologik usullar va asbob vositalar yordamida ekspertlar bilan muloqot tashkil etish asosida kerakli ma'lumotlar oladi. Barcha olingan bilimlarni bilimlar bazasiga kiritish uchun loyihalashtiruvchi tomonidan tanlangan bilimlarning taqdim etish tizimiga mos bilimlar modeli talablari asosida formallashtiriladi.

BILIMLARNI TAQDIM ETISH (представление знаний, **knowledge representation**). Bilimlarni bilimlar bazasiga kiritish uchun formallashtirish. BTEning konseptual bosqichida semantik to'rlar, freymlar va produksiya tizimlari ko'rinishidagi bilimlar modellari keng qo'llaniladi. BTE sun'iy intellektning yo'nalishi sifatida qaraladi va an'anaviy tarzda o'z ichiga bilimlar bazasiga

kiruvchi ma'lumotlarning korrektiligi va to'raligini tekshirish, bilimlar bazasidagi ma'lumotlardan foydalangan holda mantiqiy xulosalar asosida bilimlarni to'ldirish, bilimlarni umumlashtirish va sinflarga ajratish kabi masalalarni o'z ichiga oladi.

BILIMLARNI TAQDIM ETISH TIZIMI (система представления знаний, **knowledge representation system**). Bilimlar bazasini avtomatlashgan tarzda to'ldirish va ularni ishchi holatida ushlab turish vositalar majmuasi. Intellektual tizimda tanlangan bilimlar modeliga bog'liq tarzda BTETlar semantik to'rlarga, freymlarga va produksiya qoidalariga asoslanganligi bilan farqlanadi. BTETlar barcha intellektual tizimlar tarkibiga kiradi.

BIRLASHTIRUVCHI TO'R (соединительная сеть, **connectional network**). Protsessorni ixtiyoriy tarzda berilgan obrazlar bilan, shu jumladan, bir-birlari bilan bog'lash imkonini beruvchi to'r.

BO'SH EKSPERT TIZIMI (пустая экспертная система, **tool expert system**). Bilimlar bazasi bo'sh ekspert tizim. Biror predmet sohada BETdan foydalanishda foydalanuvchi bilimlar bazasini to'ldirish bo'yicha maxsus ko'rsatmalar yordamida yoki bilimlar bo'yicha injenerni jalb qilgan holda bilimlar bazasini to'ldirishi zarur bo'ladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, BETda qo'llanilgan bilimlarni tasvirlash va mulohaza qilish usullari yo'naltirilgan bir toifadagi predmet sohalardagina BETlardan samarali foydalanish mumkin.

BOG'LIQLIKLAR DARAXTI (дерево зависимостей, **dependency tree**). Lingvistik protsessorlarning sintaksis tahlil bosqichidagi ish natijalarini ifoda tahlilining daraxti ko'rinishida tasvirlash bo'lib, uning uchlarida ega, kesim, to'ldiruvchi va sh.k. mos keladi, yoylari esa boshqaruv bo'yicha uchlar o'rtasida bog'lanishlarni ko'rsatadi. Gaplarni chuqur sintaksis va semantik tahlil qilish bosqichlarida ishlatiladi.

DEDUKTIV TIZIM (дедуктивная система, **deductive system**). Deduksiya teoremasiga asoslangan va aksiomalar va xulosalar qoidalari (faqat ular asosida) ifodalarni keltirib chiqarishni ta'minlovchi aksiomatik tizim. Bunda chiqarilayotgan ifodalar apriorlik xususiyatiga ega (berilgan haqiqatga o'xshashlik bahosidan kam bo'lmagan ishonchlilik bilan) deb faraz qilinadi.

DESKRIPTOR (дескриптор, **descriptor**). Ajratib olingan so'z (yoki birikmasi) bo'lib, u tabiiy tildagi matnni tushunish uchun marker

bo'lib xizmat qiladi. Bu marker xulosa qoidasi, sekvensiya yoki produksiyaning chap qismiga kiradi. Marker paydo bo'lganda mos qoida amal qiladi. D. maxsus lug'atdan tanlanadi va sun'iy ravishda mazmuniy bir qiymatlik beriladiki, uning yordamida tushunchalar sinfini (sinomik) belgilash imkoniyatini yuzaga keladi.

DISKURS (дискурс, discourse). Kommunikativ funksiyasi va tuzilishi nuqtayi nazaridan matnni tahlil qilish. Diskurs nazariyasi matnlarni qurishdagi qonuniyatlarni, matn birliklari va bo'laklarini birga qo'shib ishlatishni o'rganadi.

DIXOTOMIYA (дихотомия, dichotomy). Berilgan to'plamni ikkita to'plam ostiga ajratish.

DOMEN (домен, domain). Qandaydir ma'lumot birligi qiymatlarining berilganlar bazasiga joylangan majmuasi. Domen o'z atributi bilan aniqlanadi.

E'LONLAR TAXTASI (доска объявлений, blackboard). Masalalar yechilishida parallel ravishda o'tayotgan sinxron jarayonlarni boshqarish usuli. Unda kerak natijani kutayotgan barcha jarayonlar (yoki/va dasturchilar) mustaqil ravishda murojaat qila oladigan, tugagan jarayonlar va ularning natijalari haqidagi ma'lumotlar ETga "*osiladi*". Aksariyat hollarda ET ekspert tizimlarida, intellektual robotlarda va boshqa intellektual tizimlarda qo'llaniladi.

EHTIMOLLI XULOSA (вероятностный вывод, probabilistic inference). Ishlatiladigan har bir ifodasi, rostligining ehtimollik ko'rinishidagi haqiqatnomalik bahoga ega bo'lgan xulosa. EXda xulosada ishlatiladigan berilganlarning ehtimolligi bo'yicha natijaviy ifodalarning rostlik qiymatini hisoblash uchun maxsus protseduralardan foydalaniladi.

EKSPERT BILIMI (экспертные знания, expert knowledge) – qandaydir predmet soha mutaxassisi ega bo'lgan bilimlar.

EKSPERT TIZIMI (экспертная система, expert system). Biror predmet sohada ishlayotgan mutaxassislarga maslahat (konsultatsiya) yordami ko'rsatishga mo'ljallangan intellektual tizim. ETlar ikki turga bo'linadi. Birinchi tur ETlari professional darajasi yuqori bo'lmagan mutaxassislar uchun mo'ljallangan. Bunday tizimlarning bilimlar bazasida yuqori malakali mutaxassislardan olingan bilimlar saqlanadi. Ikkinchi tur tizimlar yuqori malakali mutaxassislar uchun mo'ljallangan bo'lib, ular uchun bir xil

amallarning katta qismini hamda katta hajmdagi ma'lumotlar massivlarini qarab chiqish kabi ishlarni bajaradi. ET xususiyati sifatida ular tarkibiga kiruvchi va ET ning maslahat kuchini oshirish imkonini beruvchi tushuntirish tizimining mavjudligidir.

EKSTENSIAL BERILGANLAR BAZASI (экстенциональная база данных, extensional data base). Tashqi olam haqida o'zgaras faktlarni saqladigan berilganlar bazasi.

EKSTENSIONAL BILIM (экстенциональное знание, knowledge ekstentsialnoe). Ekstensional semantika termini bo'lib, tushuncha hajmini, ya'ni bir til birligida ifodalanuvchi obyektlar to'plamini bildiradi. Masalan, "*inson*" tushunchasining ekstensionali sifatida kishilar sinfini olish mumkin.

EKSTENSIONAL SEMANTIK TO'R (экстенциональная семантическая сеть, extensional semantic network). Predmet sohadagi konkret vaziyat haqidagi ekstensional bilimlar aks ettirilgan semantik to'r. EST to'rning barcha tugunlarida predmet sohadagi konkret vaziyat haqidagi ekstensional bilimlar aks ettiriladi. ESTda to'rning barcha tugunlari predmet sohadagi konkret obyektlarni, yoylari esa vaziyatni tavsiflashda kuzatilayotgan konkret aloqalarni ifodalaydi. Bilimlar modeli freym ko'rinishida beriladigan hollarda EST freym-nusxa tushunchasiga mos keladi.

EKVIVALENTLIK MUNOSABATI (отношение эквивалентности, equivalence relation). Simmetriklik, refleksivlik va tranzitivlik munosabati. Elementlar to'plamini kesishmaydigan, pirovardida boshlang'ich to'plamni qoplovchi sinflarga ajratish yo'li bilan sinflarga ajratishda foydalaniladi.

EVRISTIK BILIM (эвристические знания, heuristic knowledge). Intellektual tizimlar tomonidan amal qilish jarayonida orttiriladigan bilimlar hamda predmet sohada absolyut rostlik statusiga ega bo'lmagan tizimga aprior ravishda joylangan bilimlar. Aksariyat hollarda EB masala yechishdagi inson (noformal) tajribasini bilimlar bazasida akslantirish bilan bog'liqdir.

EVRISTIKA (эвристика, heuristics). Masala yechishning, qat'iy matematik modellar va algoritmlarga emas, "*sog'lom fikr*" pog'onasiga ko'tariladigan tasavvurlarga tayanadigan usulidir. Odatda, evristikada qat'iy bir ramziy usul talab qilinmagan holda inson tomonidan qo'yilgan masalani qanday yechishning xususiyatlari aks ettiriladi. Agar insonning masala yechishdagi bunday usulni

dasturlashga erishilsa, bunday dasturlarga evristik dasturlar deyiladi. Evristika o‘yinlarni dasturlashda, ijodiy jarayonni imitatsiya qilishda va sh.k. masalalarda nisbatan ko‘p qo‘llaniladi. Ekspert tizimlarda u yoki bu muammo sohasidagi masalalarni yechish usullariga tegishli insonning professional bilimini formallashtirishda ekspert-professional ishlatadigan evristikalardan keng foydalaniladi.

FIKRLASH JARAYONLARINI IMITATSIYA QILISH (имитация процессов мышления, **imitation of thinking processes**). Dasturiy yo‘l yoki maxsus apparaturalari yordamida inson va jonivorlarning fikrlashiga xos bo‘lgan ayrim jarayonlarni xuddi o‘zidek qaytarish (holatni anglash, o‘z hatti-harakati bo‘yicha qaror qabul qilish, tabiiy tildagi matnni tushunish va sh.k.). Intellektual tizimlarda FJI miyadagi va texnik tizimdagi jarayonlarni bir xil kechishini emas, balki bir masalalarda yechishda natijalar ustma-ust tushishini ko‘zlaydi.

FOYDALANUVCHI MODEL (модель пользователя, **user model**). Intellektual tizim xotirasida saqlanuvchi, foydalanuvchining tizim bilan ishlashning o‘ziga xosliklari, uning niyatlari, maqsadlari va talablari haqidagi bilimlar majmuasi. Foydalanuvchi modeli tizimga foydalanuvchi bilan samarali dialog tashkil qilishga yordam beradi, uning uchun ruhiy o‘ng‘aylik yaratadi.

FREYM (фрейм, frame). Rekursiv tarzda aniqlanuvchi bilimlarni ifodalashning maxsus shakli. Freym har biri nomi va qiymatiga ega chekli sondagi slotlardan tashkil topadi.

FUNKSIONAL MUNOSABAT (функциональное отношение, **functional relation**). Bilimlar bazasida axborot birliklari orasidagi bog‘lanishlarni ko‘rsatuvchi munosabat. Bu bog‘lanishlar orqali bir birlikning boshqalari orqali aniqlash protseduralari beriladi.

GENETIK ALGORITM (генетический алгоритм, **genetic algorithm**). Tirik tabiatdagi evolutsion jarayonni eslatuvchi jarayonni tashkil etish. Qaror qabul qilish uchun mutatsiya va krossingoverlarga o‘xshash mexanizmdan foydalaniladi. Alternativ yechimlar o‘zaro taqqoslanadi va “*populatsiyada*” maksimal vazn olgan yechimlar “*tirik*” qoladi. Genetik algoritmlar o‘rgatuvchi modellarda qo‘llaniladi.

GIPOTEZA (гипотеза, **hypothesis**). Turli empirik faktlar o‘rtasidagi bog‘lanish uchun yoki faktlar hamda faktlar guruhini izohlash uchun qisman asoslangan bilimlar qonuniyati. Intellektual

tizimlarda gipoteza o'rganish jarayonida yuzaga keladi (xususan, namunalar asosida o'rganishda).

GRAF (граф, **graph**). (X, R) juftli, unda X – to'plam bo'lib, uning elementlari qayta nomlangan va uch deb nomlanadi; $R - X$ to'plamda berilgan binar munosabatlar. Agar G grafida $x_1 \in X$ va $x_2 \in X$ qirralar o'rtasida R munosabat o'rinli bo'lsin, u holda $x_1 R x_2$ bog'lanishga qirra deyiladi, agar R munosabat nosimmetrik bo'lsa, $x_1 R x_2$ bog'lanishga yoy deyiladi. Qirralardan iborat G grafga yo'naltirilmagan, yoylardan iboratiga yo'naltirilgan deyiladi. Graflar sun'iy intellekt modellarida keng qo'llaniladi.

HAQIQATNOMA XULOSA (правдоподобный вывод, **plausible inference**). Haqiqatnoma xulosa usullari ma'lumotlari to'liq bo'lmagan masalalarni yechishga imkon beradi. Bu usullar ayni paytda bor berilganlar va bilimlar asosida analitik almashtirishlar operatorlarini topishga mo'ljallangan. Bu tizimlarda xulosa uchun faqat noparametrik usullar qo'llaniladi. Induktiv xulosalar haqiqatnoma usullarning sinf ostilari hisoblanadi.

HISOBLASH LINGVISTIKASI (вычислительная лингвистика, **computational linguistics**). Lingvistikaning bo'limi bo'lib, matnlarni kompyuter asosida ishlash: tabiiy tildagi interfeys, kompyuter vositasida tarjima qilish va referatlash, kompyuter yordamida lug'atlar va matnlarni statistik tahlil qilish, avtomatik tarzda nutqni anglash bilan bog'liq muammolar uning asosiy tadqiqot masalalari hisoblanadi.

HISOBLASH MODEL (вычислительная модель, **computational model**). Qandaydir predmet sohadagi masalalarni yechish protseduralarining tavsifi. HMda predmet soha elementlari uchun bir elementlar qiymatlarini boshqalari asosida topishga imkon beruvchi munosabatlar bilan bog'langan funksional bog'lanishlarning to'la tuzilmasini beriladi. Maqsad elementlarning berilishi HMda boshlang'ich elementlardan maqsadga olib keluvchi yechim yo'llarini izlashga olib keladi. Agar aqalli bitta shunday yo'l mavjud bo'lsa, bu yo'l asosida qo'yilgan masalani yechish (kompyuter) dasturi quriladi. HM dasturlarni avtomatik tarzda sintez qilishni ta'minlaydi.

HODISA (событие, **event**). Bilimlar bazasida ko'rsatilgan vaqt mobaynida mavjud bo'lgan axborot birligi.

HUJJATLASHTIRILGAN TAHLIL (запротоколированный анализ, **logged analysis**). Bilimlarga ega bo'lish uchun ekspert bilan bo'ladigan muloqatni protokolini olib borish bo'lib, unda qandaydir yo'l bilan dialog to'laligicha fiksirlanadi (magnitli saqlagichlarga, stenografiya va sh.k.).

IDENTIFIKATSIYA (идентификация, **identification**). O'rganilayotgan hodisa yoki obyektning tadqiqotchini qiziqtirayotgan xossalarini aniqlash protsedurasi. Aksariyat hollarda identifikatsiya intellektual tizimlarda ushbu tizim haqiqatdan ham o'zi yechishi kerak masalalarni yechayotganligini tekshirishni anglatadi.

IDROK QILISH (восприятие, **perception**). Inson his qilish organlarining yoki sun'iy tizim retseptorlarining tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirida atrof-muhit va uning elementlarining akslanishi. IQ muhitda vositasiz-sezgi yo'llanishni ta'minlaydi va keyinchalik inson yoki sun'iy tizim tomonidan ishlanadigan kiruvchi ma'lumotlar oqimini yuzaga keltiradi. Intellektual tizimlar uchun ko'rish orqali ma'lumotlarini idrok qilish, taktil va akustik ma'lumotlarni idrok qilish (nutqni anglash) – IQning muhim turlari hisoblanadi.

IYERARXIK BERILGANLAR BAZASI (база данных иерархическая, **hierarchical database**). Axborot birliklari o'rtasida “*element-sinf*”, “*tur-tur osti*” va shunga o'xshash munosabatlari kiritilgan berilganlar bazasi bo'lib, bu munosabatlar yordamida axborot birliklari bazasida iyerarxik klassifikatsiya yuzaga keladi.

IKKILIK DARAXT (двоичное дерево, **binary tree**). Izlash jarayonini daraxt ko'rinishida tasvirlanishi bo'lib, har bir uchi izlash kalitining qiymati bilan shunday bog'langanki, kichik qiymatli kalitlar chap daraxt ostisida, kattalari o'ng daraxt ostisida jamlanadi.

INDUKTIVLI XULOSA (индуктивный вывод, **inductive inference**) – bu “*xususiydan umumiyga*” xulosasi. Qandaydir voqe-likning ayrim misollarini umumlashtirish asosida umumiy qonuni-yatlarni mavjudligi haqidagi gipotezani surish imkoniyatini beradi. IX qo'llanilgan intellektual tizimlarda gipotezani shakllantirishda unga haqiqatnomalik bahosini mos qo'yadigan mexanizm amal qiladi (masalan, ushbu gipoteza rostligining ehtimolligi). Intellektual tizimlarda IX yangi bilimlarni yuzaga keltirish vositasi hisoblanadi.

INFORMATIV ALOMATLAR MAJMUASI (совокупность информативных признаков, **set of informative features**). Bu

sinflar obyektlarini ajratishda bosh rol o'ynaydigan alomatlar majmuasi.

INTELLEKTUAL O'RGANUVCHI TIZIM (интеллектуальная обучающая система, intelligent teaching system). Tarkibida bilimlar bazasini to'ldirish vositalari to'plami bo'lgan intellektual tizim. O'rganishni ikki xil usuli bor: o'qituvchi bilan va o'qituvchisiz. Birinchi holda IO'Tda o'zining bilimlar bazasini o'qituvchidan olingan axborot bilan to'latish, yangi axborotni avvalgisi bilan solishtirish orqali to'g'rilash va ziddiyatli vaziyatlarda o'qituvchiga savollar berish imkoniyatlari bo'lishi zarur. O'qituvchisiz o'qitishda IO'T uning berilganlar bazasidagi yoki tashqi muhitda kuzatilayotgan ma'lumotlarni umumlashtiradi. Induktiv xulosa qilish, o'xshashlikka ko'ra fikrlash va assotsiatsiyalar bo'yicha fikrlash asosida IO'T qaralayotgan predmet sohadagi yangi qonuniyatlar haqida gipotezalarni shakllantiradi. Bu yangi bilimlar uchun IO'T ularga mos haqiqatga o'xshashlik baholarini mos qo'yadi.

INTELLEKTUAL O'RGATUVCHI TIZIM (система интеллектуальная обучающаяся, learning intelligent system). Insonni qandaydir faoliyat turiga yoki o'quvchilar yoki talabalarga ta'lim berishda foydalaniladigan intellektual tizim. IO'T tabiiy til interfeysi, grafik muloqot vositalari, bilimlar bazasi hamda materialni berish jarayonini boshqarishni, ta'lim oluvchini tahlil qilish va o'quvchi tomonidan o'quv materialini o'zlashtirish darajasini baholash orqali qaror qabul qiluvchi maxsus bloklardan tashkil topgan.

INTELLEKTUAL TIZIM (интеллектуальная система, intelligent teaching system). Konkret predmet sohaga tegishli va IT xotirasida saqlanuvchi bilimlar asosida odatda ijodiy hisoblangan masalalarni yecha oladigan texnik yoki dasturiy tizim. IT uchta asosiy tashkil qiluvchidan iborat – bilimlar bazasi, xulosa qilish mexanizmi va intellektual interfeys.

INTENSIAL BILIM (интенциональное знание, knowledge intential). Maqsadga yo'naltirilgan bilim.

INTENSIONAL BILIMLAR BAZASI (интенциональная база знаний, intensional knowledge base). Ayrim predmet sohaga xos bo'lgan umumiy qonuniyatlar hamda bu sohadagi masalalarni qo'yilish usullari va yechilishi tavsiflangan bilimlar bazasi.

INTENSIONAL SEMANTIK TO‘R (**интенциональная семантическая сеть, intensional semantic network**). Predmet soha haqida intensional bilimlarni aks ettiruvchi semantik to‘r. Bu bilimlar predmet sohaning umumiy qonunlariga daxldor bo‘lib, bunda o‘zgarmas faktlar asosida emas, balki soha haqidagi ma’lum vaziyatlardagi o‘zgaruvchi fikrlar asosida ish yuritiladi. ISTning freymli modelidan foydalanilganda freym-prototip ustida so‘z yuritiladi.

INTERAKTIV TIZIM (**интерактивная система, interactive system**). Foydalanuvchining tizim bilan, uning masalasining yechimini qidirish jarayonida muloqotini amalga oshirishga imkon beruvchi dasturiy yoki apparat-dasturiy vositalarining majmuasi.

INTERFEYS (**интерфейс, interface**). Tizimda birgalikda amal qilishi uchun tizimning ikkita yoki undan ortiq elementlarini birikishini ta’minlab beradigan texnik va/yoki dasturiy vositalar majmuasi. Texnik interfeysga namunaviy misol tariqasida, ixtiyoriy telefonni ixtiyoriy kanalga ulash imkonini beradigan telefon apparatlari va telefon kanallarining konstruktiv parametrlari majmuasini keltirish mumkin.

INTERPRETATSIYA (**интерпретация, interpretation**). Keng ma’noda nimanidir tushuntirish, izohlashdir. Dasturlashda yuqori bosqich tilda yozilgan dasturni obyekt kodga o‘tkazishning shunday usuli bo‘lib, unda dastur kompyuter xotirasida boshlang‘ich ko‘rinishda saqlanadi, obyekt kodga translatsiya qilish zarurat bo‘yicha bo‘laklab amalga oshiriladi. Sun’iy intellektda ikkita tavsiflash tizimlari o‘rtasidagi birini ikkinchisi darajasida tushunishga imkon beruvchi bog‘lanishlarni o‘rnatishdir.

INTERVYU (**интервью, interview**). Bilimlarni egallashda ekspert bilan ishlash usuli bo‘lib, unda bilimlar bo‘yicha injener (intervuer) rolida keladi.

INVARIANTLIK (**инвариантность, invariance**). Shaklning, tuzilmaning o‘zgarmasliligi.

ISHCHI BILIMLAR (**рабочее знания, workers of knowledge**) – konkret masala yoki maslahat o‘tkazishda qo‘llaniladigan bilimlar. Misol uchun bemor haroratining balandligi shunday bilimga misol bo‘ladi.

KLASTERLASH (**кластеризация, clusterization**) – alomatlar fazosidagi qandaydir yaqinlik munosabati asosida obyektlar yoki

voqealarni sinflarga ajratish usuli. Shuningdek, taksonomiya, klassifikatsiya tushunchalarini ham qarang.

KLASTER TAHLIL (кластерный анализ, cluster analysis). Maxsus qurilgan fazoda obyektlar to'plamini klasterlarga ajratish (obyektlarning kompakt guruhi) bo'lib, uning metrikasi shundayki, bir-biriga yaqin obyektlar bitta klasterga tushadi. Klasterlarga ajratishni KT nazariyasining ko'pgina usullari orqali amalga oshirish mumkin.

KO'RINISHLAR TAHLILI (анализ сцен, scenary analysis). Intellektual tizimlarda (masalan, intellektual robotlarda) uch o'lchamli manzaralarni tizim xotirasida akslantirish imkoniyatini beradigan modellar va usullar majmuasi. Manzaralarni xotiraga proyeksiyalashda ularni formal tavsiflashga o'tiladi. Bunda manzarada ishtirok etuvchi obyektlarni to'g'ri anglash, ularning chuqurlik bo'yicha joylashuvini aniqlash, obyektlarning to'silgan qismlarni to'ldirish va sh.k. amalga oshirish imkoniyati bo'lishi kerak bo'ladi.

KOGNITIV DISSONANS (когнитивный диссонанс, cognitive dissonance). Bir vaqtni o'zida bitta obyekt, subyekt, holat va hodisa haqida ikkita qarama-qarshi bilimga ega bo'lgan subyektda yuzaga keladigan dissonans. KD bilimlardagi qarama-qarshiliklarni bartaraf qilish bo'yicha qandaydir faoliyatni boshlashga undaydigan sababdir. Intellektual tizimlarda KD bilimlar bazasidagi bilimlarni faollashtirish uchun qo'llaniladi.

KOGNITIV FAN (когнитивная наука, cognitive science). Yagona tadqiqot predmeti, ya'ni o'rab turgan voqelikni insonning bilishga oid tuzilmalarida akslanishi va bunday voqelik haqidagi fikrlash mexanizmlarini tadqiq qilish asosida birlashgan ilmiy fanlar (kognitiv psixologiya, argumentlash nazariyasi va boshqalar) kompleksi.

KOGNITIV GRAF (когнитивная графика, cognitive graphics). Mashina grafikasidagi, displey ekranida yuzaga keladigan tasavvurlarni masala yechishda ro'y beradigan kognitiv jarayonlar bilan bog'laydigan yo'nalish. GK qaysidir ma'noda yechim jarayonini vizuallashtirishga imkon beradi. Yetarlicha puxta o'ylangan vizuallashtirish tizimlarida ekranda yuzaga keladigan dinamikani, masalasini interaktiv rejimda yechuvchi foydalanuvchiga oldin ma'lum bo'lmagan qonuniyatlarni yoki yechim yo'llarini ko'rishi mumkin bo'ladi. GK rivojlanishi bilan masala yechish samaradorligini

o'shishga katta umidlar bog'lanmoqda, chunki foydalanuvchi fikri yechimni izlash jarayonini keskin o'shishi va uni izlashda yangi yo'llarni yuzaga keltirishi mumkin bo'ladi. GK ekrandagi obrazlarga mos keluvchi bilimlar bazasidagi maxsus tasavvurlarni va bu tasavvurlarni an'anaviy kognitiv tuzilmalarga mos qo'yish amallar bo'lishini talab qiladi.

KOMPAKTLIK GIPOTEZASI (гипотеза компактности, **compactness hypothesis**). Alomatlar fazosida obrazlar, bir-biridan oddiy turdagi gipersirtlar bilan ajralishi mumkin bo'lgan tasvirlardan (fazo nuqtalaridan) guruhlar tashkil qilishi haqidagi mulohazadir. Obrazlarni anglash masalalarida ajratish tamoyili qo'llanilganda kompaktlik gipotezasidan foydalaniladi.

KULRANG QUTI (серый ящик, **gray box**). Ichki tuzilishi haqida yoki qisman ma'lumot mavjud yoki ayrim taxminlar (gipotezalar) ma'lum bo'lgan tadqiqot obyekti. Qora qutidan farqli o'laroq, KQ aks ta'sirlar va tashqi ta'sirlar o'rtasidagi bog'lanishlardan tashqari, obyektning ichki tuzilishi haqidagi qisman ma'lumotlarni ham hisobga oladi.

LATENT ALOMAT (латентный признак, **latent feature**). Parametrlar xususiyatlarini oshkormas tarzda ifodalovchi alomati.

LINGVISTIK NOANIQLIK (лингвистическая неопределенность, **linguistic uncertainty**). So'z orqali ifodalaniladigan fikrlarning mujmalligi yoki tushunarsizligi va bir qiymatli emasligi bilan yuzaga keladigan noaniqlik. Sifat bilimlarni tavsiflashda L.N.ni bartaraf qilishning maxsus usullaridan foydalanishga to'g'ri keladi. (Shu bilan birga qat'iymas to'plam, tegishlilik funksiyasi, lingvistik o'zgaruvchi tushunchalarini qarang).

LINGVISTIK PROTSESSOR (лингвистический процессор, **linguistic processor**). Foydalanuvchining tizim bilan cheklangan tabiiy tilda muloqatini amalga oshirishga qaratilgan qurilma yoki dasturlar majmuasi.

MANTIQIY QONUNIYAT (логическая закономерность, **logical regularity**). Tanlanmaning qandaydir bitta sinfidagi aksariyat obyektlarda namoyon bo'ladigan va boshqa sinflarda deyarli namoyon bo'lmaydigan nisbatan yengil izohlanuvchi qoida.

MANTIQIY XULOSA (логический вывод, **logical inference**)
1. Aksiomalar va xulosa qoidalaridan foydalangan holda

berilganlardan xulosa qiladigan mulohazalar ketma-ketligi. 2. Xulosa natijasi.

MAQSADLAR DARAXTI (дерево целей, goal tree). Daraxtning maxsus ko‘rinishi bo‘lib, uning bitta yoki bir nechta uchlari maqsadga, qolganlari ushbu maqsadlarning maqsad ostilariga mos keladi. Yo‘ylar maqsadlarni maqsad ostilarida dekompozitsiyalanishini ko‘rsatadi.

MASALALAR DEKOMPOZITSIYASI (декомпозиция задачи, decomposition of the task). Masalani masala ostilariga bo‘lish. Keyinchalik bu masala ostilarni toki yechimi oldindan ma‘lum bo‘lgan tayanch (elementar) masalalar hosil bo‘lguncha bo‘lish. MD intellektual tizimlarda avtomatlashgan dasturlash va masalalar fazosida harakatni rejalashtirishda qo‘llaniladi. Umuman olganda, MD yechilayotgan masala o‘lchamini tasavvur qilishga xizmat qilishi mumkin.

MASALANING MATEMATIK MODELI (математическая модель задачи, mathematical model of the problem). Masalaning matematik modeli – bu matematik ramzlar, qavslar, raqamlar, matematik amallar va mantiqiy taqqoslash belgilari, tenglamalar, funksiyalar va boshqa matematik ifodalar tilida masalaning shartini ixcham yozishdir.

MASHINALI TARJIMA (перевод машинный, machine translation). Kompyuter yordamida matnni bir tildan ikkinchi tilga tarjima qilishga imkon beruvchi bajariladigan amallar (protseduralar) majmuasi. Bu protseduralar berilgan matnni tahlil qilish, uning grammatik (morfologik va sintaktik) tahlil qilishni, matnni, uning mazmunini aks ettiruvchi chuqur tuzilmaga o‘tkazishlarni amalga oshiradi. Ushbu chuqur tuzilma bo‘yicha boshqa tildagi mos matn shakllantiriladi. Matnni sintez qilish protseduralari qaysidir ma’noda analiz protseduralarini teskari ketma-ketlikda takrorlaydi. Hozirda aniq predmet sohalarga tegishli matnlarni tarjima qiluvchi MT tizimlari mavjud.

METABILIM (метазнания, metaknowledge). Intellektual tizimning o‘z bilimlar bazasida saqlanuvchi bilimlar yoki bu bilimlar ustida bajarilishi mumkin bo‘lgan protseduralar haqidagi bilimi.

MODEL (модель, model) – boshlang‘ichdan farq qiluvchi obyekt (real, timsol yoki faraz qilingan) bo‘lib, yechilayotgan masala chegarasida uni almashtirish imkonini beradi.

MONOTON BO‘LMAGAN XULOSA (немонотонный вывод, non-monotonic inference). Ochiq formal tizimda va ochiq bilimlar bazasida xulosa chiqarishga xos bo‘lgan va yangi faktlar paydo bo‘lganda avvalgi chiqarilgan xulosalar o‘rinli bo‘lmay qolishiga asosida ulardan kechishga ekvivalent bo‘lgan xossa.

MULOHAZA (высказывание, proposition). Mantiqiy ifoda bo‘lib, unga nisbatan har doim rost yoki yolg‘on tasdig‘ini berish mumkin.

NAMUNA BO‘YICHA SO‘ROV (вызов по образцу, call by pattern). Berilganlar bazasi, bilimlar bazasi yoki kompyuter operativ xotirasidan ma’lumotlarni izlash usuli. Adres bo‘yicha izlashdan farqli ravishda NBS so‘rov mazmuniga ko‘ra izlashni amalga oshiruvchi assotsiativ izlashni amalga oshiradi.

NAMUNALARDA O‘RGATISH (обучение на примерах, learning from examples). O‘rganish turi bo‘lib, u individga yoki intellektual tizimga, avvaldan noma’lum bo‘lgan qonuniyatga bog‘liq ijobiy va salbiy namunalar majmuasini taqdim etishga asoslangan. Intellektual tizimlarda namunalar to‘plamini ijobiy va salbiy turlarga ajratishni ta’minlaydigan qaror qilish qoidalari ishlab chiqiladi. Odatda ajratish sifatini namunalarning imtihon (nazorat) tanlanmasi bilan tekshiriladi. Nazorat tanlanmada ajratish qoniqarli bo‘lsa, u holda ishlab chiqilgan qaror qilish qoidalari tizim tomonidan yakuniy deb qabul qilinadi. Aks holda nazorat tanlanmasi o‘rgatuvchi tanlanmaga qo‘shiladi va yangi qaror qabul qilish qoidalar quriladi. Shundan so‘ng nazorat jarayoni takrorlanadi.

NEYROINFORMATIKA (нейроинформатика, neuroinformatics) – biologik neyron to‘rlar ishlash prinsipi asosida hisoblash tizimlarini tadqiq qiladigan fan yo‘nalishi.

NEYRON TO‘RINING ARXITEKTURASI (архитектура нейронных сетей, neural network architecture) – neyron to‘rlari asosida alohida elementlar (assotsiatsiyalar) tashkil qilish va ular orasidagi bog‘lanishlarni shakllantirish usuli.

NEYRON TO‘RLARINI O‘RGATUVCHI ALGORITM (алгоритм обучения нейронной сети, neural network learning algorithm) – sun’iy neyron to‘rini talab etilgandek ishlatish maqsadida arxitektura, sinaptik bog‘lanishlar vazni va o‘rgatuvchi tanlanma bo‘yicha neyron ostonalarini sozlash protsedurasidir.

NEYRON TO‘RNI O‘RGATUVCHI GENETIK ALGORITM (генетический алгоритм обучения нейронной сети, **genetic algorithm for learning neural network**). Neyron to‘rini optimal arxitekturasini evolutsion yo‘l bilan topuvchi algoritmdir. Bir nechta to‘rlar tasodifiy arxitektura bilan yaratiladi. Har bir to‘r genetik kodning xromosomasi sifatida qaralishi mumkin. Xromosomalar ustida chatishtirish (crossover), urchitish, mutatsiya amallari bo‘lishi mumkin. Moslashish (fitness) funksiyasini hisoblashda berilgan qadamdagi eng optimal to‘rlar arxitekturasi tanlanadi.

NOANIQLIK (неопределенность, **uncertainty**). Ifodalarni ularga absolut rost yoki yolg‘ondan farqli haqiqatga o‘xshashlik asosidagi bahoni berish asosida talqin qilish. Bunday ifodalar bilan ishlash haqiqatga o‘xshashlik asosidagi baholarni qayta hisoblashning maxsus usullarini qo‘llashni talab qiladi. Noaniqlik mavjud bo‘lgan mantiqiy xulosa chiqarishda yo ko‘p qiymatli mantiqdan, yoki haqiqatga yaqin fikrlardan foydalaniladi.

O‘QITUVCHILI O‘RGANISH (обучение с учителем, **training with a teacher**) – o‘rgatuvchi tanlanmada kirish-chiqish juftliklari, ya’ni har bir kirish uchun to‘g‘ri javoblar (to‘rlarning chiqishi) ma’lum bo‘ladi.

O‘QITUVCHISIZ O‘RGANISH (обучение без учителя, **training without teacher**) – o‘rgatish tanlanmasi sifatida faqat kirish qiymatlaridan foydalaniladi.

O‘RGANISH (обучение, **training**). O‘qituvchidan ma’lumotlarni olish va idrok qilish orqali bilimlarni, mahoratni va malakani o‘zlashtirish yoki kuzatilayogan ma’lumotlar bilan ishlash va keyinchalik shu kuzatishlar asosida yangi umumiy qoidalar, qonuniyatlarni qurish. Bu ikkita o‘rgatish shaklidan intellektual tizimlarda yangi bilimlarni olishda foydalaniladi.

O‘RGANISH YORDAM BILAN (обучения с помощью, **training with the help**) – to‘g‘ri javoblar ma’lum emas, lekin to‘r chiqishi to‘g‘riligining kritik bahosi ma’lum.

O‘RGATUVCHI TANLANMA (обучающая выборка, **training sample**). Qaror qiluvchi qoidalarni shakllantirish uchun namunalar va inkor qiluvchi namunalar majmuasi. O‘T o‘rganish jadvali tarkibiga kiradi.

OBJEKT (объект, **object**). Berilgan masala chegarasida ishlanadigan predmet yoki voqelik. Odatda obrazlarni anglash

masalalarida obrazlar to‘plami bilan ishlanadi va unda har bir obyekt qandaydir cheklangan sondagi alomatlar bilan tavsiflanadi.

OBRAZ BILAN TAQQOSLASH (сопоставление с образцом, pattern-matching). Bilimlar fragmentini yoki tavsifini namuna-etalon bilan taqqoslash protsedurasi. Bilimlar bazalaridan namuna bo‘yicha qidirish protsedurasi tarkibiga kiradi va obrazlarni anglash masalalarida foydalaniladi.

OBRAZLARNI ANGLASH (распознавание образов, pattern-recognition). Asosiy masalasi klassifikatsiya, taksonomiya, tushunchalarni shakllantirish va h.k. masalalarini yechish bilan bog‘liq modellar, metodlar va vositalar yaratishga yo‘naltirilgan ilmiy yo‘nalish.

OBRAZLARNI ANGLASHGA O‘RGATISH (обучение распознаванию образов, learning to recognize patterns). Jarayon bo‘lib, uning natijasida prognozning minimal xatoligi bilan anglash imkonini beradigan anglashning qaror qabul qilish qoidalari aniqlanadi.

OCHIQ BILIMLAR BAZASI (открытая база знаний, open knowledge base). Tizimni amal qilish jarayonida bazani to‘ldirish va undan bilimlarni o‘chirish imkoni bo‘lgan bilimlar bazasi. Ochiqlik xususiyati bunday bazada xulosalar monoton bo‘lmazligiga olib keladi, ya’ni oldin chiqarilgan fikrlar OBB amal qilishi davomida o‘zgarishi mumkin.

OCHIQ MODEL (открытая модель, open model). Intellektual tizim amal qilishi jarayonida yangi faktlar va qonuniyatlarni qo‘shish mumkin bo‘lgan model.

PRAGMATIK BILIM (прагматические знания, pragmatic knowledge). 1. Berilgan predmet sohadagi masalalarni yechish usullari haqidagi bilim; 2. Tabiiy tilda matnning pragmatik komponentlari haqidagi bilim.

PREDMET SOHA (предметная область, subject area). Mavjud yoki abstrakt obyektlar, ular o‘rtasidagi aloqalar va munosabatlar hamda sohada yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan masalalarni yechish uchun ushbu obyektlarni o‘zgartirish (qayta ishlash) protseduralar majmuasi.

PREDMET SOHA HAQIDAGI BILIMLAR (знания о предметной области, problem area knowledge). Intellektual tizimning bilimlar bazasida saqlanayotgan predmet soha haqidagi

ma'lumotlar majmuasi. Unga predmet sohaga taalluqli faktlar, sohaga xos qonuniyatlar, voqealar, jarayonlar hamda ulardagi faktlar o'rtasidagi mumkin bo'lgan bog'lanishlar haqidagi gipotezalar, ushbu predmet sohaga oid turdosh masalalarni yechish protseduralari kiradi.

Predmet sohada aniqlangan qonuniyatlar.

PRETSENDENT (прецедент, precedent). Muammo yoki voqelik hamda ushbu voqelik yoki muammoni yechish uchun qo'llaniladigan harakatlar batafsil ko'rsatmalarining birgalikdagi tavsifi.

PRODUKSION TIL (продукционный язык, production language). Asosiy birligi produksiya(xulosa) bo'lgan bilimlarni ifodalash tili.

PROGNOZ (прогноз, prognosis). Mavjud berilganlarga asoslangan holda qandaydir hodisalar va voqealar rivojlanishini hamda yakunlanishini oldindan ko'ra bilish.

PROTSEDURALI BILIM (процедурные знания, procedural knowledge). Intellektual tizim xotirasida protsedura tavsifi ko'rinishidagi bilimlar bo'lib, ular yordamida yangi bilimlar olish mumkin. Odatda BP ko'rinishida predmet sohadagi masalalarni yechish usullarining xususiyatlarini ifodalovchi ma'lumotlar, turli ko'rsatmalar, uslubiyatlar va shu kabi ma'lumotlar tavsiflanadi. Ifodalash shakli bo'yicha BPga deklarativ bilimlar qarama-qarshi qo'yiladi.

QAROR QILUVCHI QOIDA (решающая правила, decision rule). Obyektning holatlari asosida qabul qilinadigan qarorning turi.

QARORLAR DARAXTI (дерево решений, decision tree). Qarorlar va ularning alternativalaridan iborat tugunlardan tashkil topgan tuzilma. QD bo'yicha harakat tasodifiy ravishda yoki muvaffaqiyat haqidagi lokal ma'lumot bo'yicha aniqlangan tugundan boshlandi. Muvaffaqiyatli izlash natijasida daraxt ildizidan maqsad holatga mos keluvchi tugunga olib boruvchi yo'l shakllanadi (yechim yo'li). Agar tugunlar bo'yicha harakatda muvaffaqiyatsizlikka uchralsa, oldingi bosib o'tilgan tugunlarga qaytish va alterniv yo'lni izlash imkoniyati mavjud.

QAT'IYMAS MANTIQ (нечёткая логика, fuzzy logic). Qat'iymas kvantifikatorlar, asosan "*chastota*", "*deyarli hech qachon*", "*deyarli hamma vaqtda*" lingvistik o'zgaruvchining qat'iymas kvantifikatorlari ishlatiladigan mantiq. Bunday kvantifikatorlar

ishlatilgan mulohazalar, asos (shartlar) aniq kvantorlar bilan belgilanganda xulosaga mos kvantifikatorni topishning maxsus usullardan foydalanishni talab qiladi.

QAT'IYMAS MODELLASHTIRISH MUNOSABATLARI (**нечёткое отношение моделирования, fuzzy modelling relation**). Qat'iymas mantiq asosidagi bir to'plam elementlari va amallarini boshqa to'plam elementlari va amallari bilan bog'lashga imkon beruvchi operatorlar asosida beriluvchi maxsus kommutativ diagramma bilan beriluvchi munosabat.

QAT'IYMAS TO'PLAM (**нечёткое множество, fuzzy set**). Xarakteristik funksiyasi $[0,1]$ kesmadagi qiymatlarni qabul qiluvchi to'plam. Biror element uchun xarakteristik funksiyaning qiymati shu elementning to'plamga tegishlilik darajasini bildiradi.

QAT'IYMAS XULOSA (**нечеткий вывод, fuzzy inference**). Qat'iymaslik kvantorlarini yoki tegishlilik funksiyalari qiymatlarini ishlatadigan xulosa. Qat'iymas kvantorlar ishlatilganda xulosa qoidasi, shartdagi kvantorlar qiymatlari berilganda natijaga mos qo'yiladigan kvantorni aniqlab beradi. Tegishlilik funksiyasi ishlatilgan holatda xulosa qoidasi shartdagi tegishlilik funksiyalarining qiymatlari bo'yicha bu funksiyaning qiymatini aniqlaydi.

QOBIQ (**оболочка, shell**). Ekspert tizimlarini loyihalash va yaratish uchun uskunalar vositasi. Qobiq tarkibiga bilimlarni tasvirlashning turli shakllariga ega bilimlar bazasini loyihalash hamda masala yechuvchisining ish rejimlarini tanlash vositalari kiradi.

QOIDALARGA ASOSLANGAN TIZIM (**система, основанная на правилах, rule-based system**). Bilimlar bazasidagi bilimlar produksiya qoidalari ko'rinishida berilgan intellektual tizim.

QONUNIYAT (**закономерность, regularity**). Real borliq obyektlari va hodisalari orasidagi nisbatan turg'un va doimiy bog'liqliklar.

QORA QUTI (**черный ящик, black box**). U.R.Yeshbi tomonidan kiritilgan va ichki tuzilishi noma'lum yoki ahamiyatga olinmaslik shart bilan obyektning tadqiq qilish usuli. QQ modeli obyektning o'zini tutishi, ya'ni obyektga tashqaridan bo'layotgan ta'sirlarga aks-ta'sirlari asosida quriladi hamda aks-ta'sirlar va ularning oqibatlari orasidagi bog'lanishlarni aks ettiradi. QQ modeli bixeviorizm deb ataluvchi eksperimental psixologiya yo'nalishida

nazariy tarafdin asoslanadi va odatda “rag‘batlantiruvchi - aks-ta’sir” modellari deb ataladi.

SAVOL-JAVOB TIZIMI (вопросно-ответная система, question-answering system). Dasturlar to‘plami bo‘lib, “foydalanuvchi – kompyuter” juftligi uchun savol-javob munosabatini joriy qilishga imkon beruvchi SJT tizimga berilgan so‘rovga ko‘ra relevant ma’lumotlar va bilimlarni qidirishni ta’minlaydi va shu asosda foydalanuvchiga beriladigan javobni shakllantiriladi. SJT tabiiy tilda ifodalangan, tabiiy til yoki maxsus formal muloqot tili doirasida chegaralangan savol va javoblardan foydalanishi mumkin.

SEMANTIK TO‘R (семантическая сеть, semantic network). Tugun nuqtalarida axborot (ma’lumot) birliklari, yoylari esa ular orasidagi munosabatlar va bog‘lanishlarni aks ettiruvchi to‘r. ST bilimlarni ifodalash va berishning eng ko‘p qo‘llaniladigan modelidir.

SINF (класс, class). Umumiy xossalari yoki xossa bo‘yicha birlashgan obyektlar to‘plami.

SINFGA AJRATISH (классификация, classification) – obyektlar yoki voqealar to‘plamida ularni sinflarga va sinflararo “avlod-tur”, “sinf elementi”, “butun qism” va h.k. munosabatlar o‘rnatish asosida bo‘lishga imkon beruvchi munosabatlarni kiritish. Sinonim tushunchalar taksonomiya, klasterizatsiya tushunchalaridir.

SINFLARGA AJRATISH (разделение на классы, division into classes). Obyektlar yoki voqealar to‘plamida munosabatlarni kiritish va shu asosda ularni sinflarga ajratish. Sinflar o‘rtasida “jins-tur” yoki “element-sinf” yoki “butun-qism” yoki boshqa shunga o‘xshash turdagi tegishlilik munosabatlari o‘rinli hisoblanadi.

SLOT (слот, slot). Freymning asosiy tuzilmaviy birligi bo‘lib hisoblanadi. Slot quyidagi juftlikdan iborat: (atribut (slot nomi)-qiymat). Qiymatlar sifatida o‘zgaras faktlar, o‘zgaruvchilardan iborat ifodalar, boshqa Slotlarga murojaatlar va h.k.lar qatnashadi. Slot shunday tuzilmali bo‘lishi mumkinki, bu tuzilmaning elementlari ham slotlar bo‘lishi mumkin. Odatda bunday mayda slotlar fassetlar, yacheykalar, aspektlar deb ataladi.

SOG‘LOM MA’NODA FIKRLASH (рассуждение здравого смысла, common sense reasoning). Qandaydir formal tizimda o‘rinli bo‘lishiga emas, balki inson tajribasi, intuitsiyasiga tayanadigan fikrlash.

SUN'IY INTELEKT (интеллект искусственный, artificial intelligence).

1. Ilmiy yo'nalish bo'lib, uning chegarasida inson faoliyatining an'anaviy ravishda ular intellektual deb hisoblanadigan turlarini apparat yoki dasturiy modellashtirish masalalari qo'yiladi va yechiladi.

2. Intellektual tizimning an'anaviy ravishda inson huquqi bo'lgan amallarni (ijodiy) bajara olish xossasi.

SUN'IY MIYA (искусственный мозг, artificial brain). Inson miyasining o'rnini bosuvchi va (yoki) miya haqida ma'lum bo'lgan barcha funksional xossalarini amalga oshirish qobiliyatiga ega gipotetik qurilma. Sun'iy intellektda SM tushunchasi sun'iy vositalar bilan miyaga xos bo'lgan xususiyatlarni takrorlash tushuniladi.

SUN'IY NEYRON (искусственный нейрон, artificial neuron) – biologik neyronning ba'zi funksiyalarini bajaruvchi sun'iy neyron to'ri elementi bo'lib, uning asosiy vazifasi kirish signallariga bog'liq holda chiqish signalini shakllantirishdan iborat.

SUN'IY NEYRON TO'RI (искусственная нейронная сеть, artificial neural network) – tabiiy neyron to'rini soddalashtirilgan matematik modeli.

TABIIY XULOSA (вывод естественный, common-sense inference) - bu "*sog'lom fikr*" asosida olingan xulosa. TX qandaydir formal tizimdagi mantiqiy xulosaga mos bo'lishi (lekin inson uchun oydin bo'lgan) yoki formal tizimning qat'iy chegarasiga sig'maydigan mulohazaga tayanadi.

TAHLIL (анализ, analysis). Tadqiqotning usuli, ko'rinishi bo'lib, unda real yoki mumkin bo'lgan obyekt tashkil qiluvchi bo'laklarga (elementlarga) bo'linadi hamda bu elementlar va ular o'rtasidagi bog'lanishlar o'rganiladi.

TEGISHLILIK FUNKSIYA (функция принадлежности, membership function). Qat'iymas to'plamning $[0,1]$ intervalda o'zgaruvchi xarakteristik funksiyasi.

TEOREMANI ISBOTLASH (доказательство теоремы, theorem proving). Berilgan formulaning oldin chiqarilgan formulalar majmuasidan mantiqiy kelib chiqishi.

TO'LIQMASLIK (неполнота, incompleteness). Predmet sohani formal tizim shaklida ifodalash mumkin emasligiga asoslangan tavsiflash xossasi. To'la emas ma'lumot bilan ish ko'rganda haqiqatga

o'xshashlikka asoslangan fikrlardan yoki kelishuv bo'yicha mulohaza qilishdan.

TOLERANTLIK MUNOSABATI (отношение толерантности, **tolerance relation**). Refleksiv, simmetrik va tranzitiv bo'lmagan munosabat. Bunday munosabat o'xshashlik munosabati kabi talqin qilinishi mumkin. O'zi aniqlangan elementlar to'plamini o'zaro kesishmaydigan to'plamlarga bo'lishga asoslangan ekvivalentlik munosabatidan farqli tarzda, TM bu to'plam qoplamasini beradi va bilimlar bazasida ma'lumotlarni sinflarga ajratishda ishlatiladi.

TOPOLOGIK SHKALA (топологическая шкала, **topological scale**). Elementlar orasida faqat tartiblash munosabati aks ettirilgan shkala. TShlar uchun metrik shkalalarga xos barcha xossalar o'rinli.

TRANZITIVLIK MUNOSABATI (транзитивное отношение, **transitive relation**). Agar (A,V) va (V,S) juftliklar orasida tranzitivlik munosabati o'rinli bo'lsa, u holda (A,S) juftligi uchun ham shunday munosabat o'rinli. Agar bu xossa hech bo'lmaganda elementlarning bitta uchligi uchun o'rinli bo'lmasa, u holda munosabat tranzitiv emas deyiladi, agar bu elementlarning hech qanday uchligi o'rinli bo'lmasa, u holda munosabat antitransitiv deyiladi. Tranzitiv munosabatga misol sifatida "yoshi katta" munosabatini keltirish mumkin.

TURLI TOIFADAGI ALOMATLAR (разнотипные признаки, **priznaki, different types of features**). Alomatlar miqdoriy va nominal alomatlar toifasiga bo'linadi. Nominal alomatlar cheklangan to'plamdagi qiymatlarga (gradatsiyalarga) ega bo'ladi. Nominal alomatlarning boshqacha nomi – lingvistik o'zgaruvchilar. Har bir lingvistik o'zgaruvchisiga mos kod (gradatsiya) qo'yiladi. Masalan, "psixologik tur" alomat quyidagi gradatsiyalarga ega bo'lishi mumkin: sangvinik – 1; xolerik – 2; melanxolik – 3; flegmatik – 4.

TUSHUNCHA (понятие, **concept**). Alomatlar tuzilmasidan umumiylikiga ko'ra birlashuvchi mohiyatlar sinfiga beriladigan nom. Mantiqda tushuncha qat'iy aniqlangan va o'zgarmaydigan hosila bo'lib, u faqat barcha tushunchalar uchun ichki tarzda xos bo'lgan alomatlar tuzilmasi bilan tavsiflanadi. Sun'iy intellektda va insonlar maishiy faoliyatida tushuncha keng ma'noda kasb etadi. Tushunchalarning shakllanishida alomatlar tuzilmasidan tashqari, tushunchalarning inson faoliyatida qo'llanilishi yoki intellektual tizimlarning ishlashidagi natijalaridan ham foydalaniladi. Aynan shu

ma'noda tushunchalardan insonlar faoliyati yoki intellektual tizimlarning ishlashi haqida mulohazalarda foydalaniladi. Intellektual tizimlarda tushunchalarni shakllantirishda turli umumlashtirish usullaridan foydalaniladi.

TUSHUNTIRISH (объяснение, explanation). Intellektual tizim funksiyalaridan biri. Tushuntirish orqali intellektual tizim foydalanuvchiga olingan yechimni qanday hosil qilganligi ko'rsatiladi. Asoslashdan farqli ravishda tushuntirish faqat yechimni izlash jarayonidan tizim xotirasida saqlanib qoladigan iziga tayanadi. Ushbu izdan foydalangan holda intellektual tizim foydalanuvchiga yechimning barcha prinsipial qadamlarini tasavvur qilishga imkon beruvchi professional tabiiy tilda tushuntirishni shakllantiradi.

TUSHUNTIRISH TIZIMI (система объяснения, explanatory system). Ekspert tizimining qismi bo'lib, foydalanuvchining talabiga ko'ra yechimni qanday olinganligini tushuntirib berishga mo'ljallangan. Tushuntirish tizimi 3 turda savollarga javob beradi: "*Qanday-savollar*" tizimni yechim yo'lini tushuntirishga majbur qiladi. "*Nima uchun-savollar*" tushuntirish tizimiga nima uchun aynan shunday yechim olinganligi, boshqasi emasligini tushuntirishni zarur qilib qo'yadi. "*Nima-savollar*" tushuntirish tizimidan ekspert tizimidagi ushbu savol ta'lluqli bo'lgan obyektlar yoki voqealar haqidagi barcha ma'lumotlarni chiqarishni talab qiladi. Bu turdagi savollarga javob berish uchun tushuntirish tizimi maxsus protseduralar majmuasiga va yechim izlash jarayonida foydalanuvchi savollariga javob berish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar shakllanadigan ishchi xotiraga ega bo'ladi.

TUZILMAVIY BILIMLAR (структурированные знания, structured knowledge) – predmet sohasi haqidagi statistik bilimlar. Bu bilimlar aniqlangandan keyin hech qachon o'zgarmaydi.

TUZILMAVIY DINAMIK BILIMLAR (динамические структурированные знания, dynamic structured knowledge) – predmet sohadagi o'zgaruvchi bilimlar bo'lib, ular yangi ma'lumotlar paydo bo'lishi bilan o'zgarib boradi.

VALIDATSIYA (валидация, validation). Dasturiy mahsulotning qo'yilgan barcha talablarga mos kelishi nuqtayi nazaridan bahosi.

VERIFIKATSIYA (верификация, verification). Yaratiladigan mahsulot, hamda uni ishlab chiqarishga bo'lgan barcha talablar uchun boshlang'ich berilganlarning to'g'riligi bahosi.

XOSSA (свойство, property). Predmet (obyekt) atributi. Masalan, qizil rangdagi obyektga unda “*qizillik*” xossasi bor deyiladi. Xossani predmetning o‘z-o‘zicha shakli sifatida qarash mumkin, shu bilan birgalikda u boshqa xossalarga ham ega bo‘lishi mumkin. Xossaning sonli qiymatlari predmet sohaga va foydalanayotgan o‘lchov shkalasiga bog‘liq ravishda aniqlanadi.

XULOSA DARAXTI (дерево вывода, inference tree). Mantiqiy xulosa qilish amallarni daraxt ko‘rinishida tasvirlanishi bo‘lib, uning uchlari boshlang‘ich yoki xulosa jarayonida olingan formulalardan tashkil topadi.

YASHIRINGAN QONUNIYAT (скрытая закономерность, hidden regularity). Real borliq obyektlari va hodisalari haqidagi (berilganlarni) ma’lumotlarni ishlash asosida topiladigan yangi (yashirin) qonuniyatlar.

YOMON TUZILMALI PREDMET SOHA (плохо структурированная область предметная, ill-structured subject area). Formal tizim yoki formal tizimlar to‘plamiga kirmaydigan predmet soha, konseptual model. Intellektual tizimlar qo‘llash asosida tadqiq qilinayotgan ko‘pgina predmet sohalar yomon tashkil qilingan (tuzilmali) bo‘lib hisoblanadi.

YOPIQ BILIMLAR BAZASI (замкнутая база знаний, closed knowledge base). Tizimni amal qilish jarayonida tarkibi o‘zgarmaydigan bilimlar bazasi. Bunday bazada mantiqiy xulosa formal tizimlardagi xulosalarga ekvivalent va monotonlik xossasiga ega, ya’ni oldin chiqarilgan fikrlar YBB amal qilishining to‘liq davrida ham rost bo‘ladi.

Mundarija

Kirish.....	3
1. Asosiy tushunchalar: o‘lchov shkalalari, mumkin bo‘lgan obyekt, munosabatlar va ularning xossalari, bilimlarni taqdim etish	5
2. Qonuniyatlarni taqdim etish shakllari	13
3. Alomatlar vaznlari va hissalari	20
4. Berilganlar intellektual tahlilida interval usullar	27
5. Obyektlar klassifikatsiyasi	35
6. Klaster tahlil.....	47
7. Informativ alomatlar to‘plamlari	55
8. Sun’iy neyron to‘rlari	72
9. Qat’iymas mantiq	85
10. Masalalar to‘plami	94
11. Sun’iy intellekt sohasi terminlarining izohli lug‘ati.....	110