

BEKMURATOV Q.A.

SUN'IY INTELLEKT VA NEYRON TARMOQLARI



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
VA KOMMUNIKATSIYALARINI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

BEKMURATOV Q.A.

SUN'IY INTELLEKT VA NEYRON TARMOQLARI

**O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining
Muvofiqlashtiruvchi kengashi tomonidan o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan**

**«Mahalla va oila nashriyoti»
TOSHKENT – 2021**

UO'K 004.8(075.8)
KBBK 32.813ya7
S 95

**Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlari (Darslik). Bekmurotov Q.A –T.:
«Mahalla va oila nashriyoti», 2021. – 373 bet.**

Xozirgi paytda eng samarali ishlayotgan dasturlash tillaridan biri bu Java dasturlash tilidir. Java dasturlash tilini chuqur o'zlashtirish va uning imkoniyatlarini turli sohalarga qo'llay bilish AT mutaxassislarning mehnat bozorida mavqiyesini keskin oshiradi. Zamonga mos, raqobatbardosh mutaxassis bo'lib yetishish imkonini beradi.

Ushbu darslikda aynan shu masalalarga e'tibor berilgan. Darslikda Java dasturlash tilining o'ziga xos xususiyatlari, yuqori darajadagi boshqa dasturlash tillaridan farqi va bu dasturlash tilining ma'lumotlar bazasi, tarmoqlar obyektlarini dasturlash, hamda zamonaviy mobil vositalar va planshetlar uchun milliy ta'lim resurslarini tayyorlashdagi imkoniyatlari yoritilgan.

Taqrizchilar: **A.X.Nishanov** – texnika fanlari doktori, professor;
G.U.Jurayev – fizika-matematika fanlari doktori.

ISBN 978-9943-7779-0-3

© **BEKMUROTOV Q.A. 2021 y.**
© **«Mahalla va oila nashriyoti»2021 y.**

Soʻz boshi

Axborot texnologiya(AT)lar va tizimlar evolyutsiyasi ular intellektuallashuvining yuqoriroq darajasi bilan aniqlanadi.

Intellektual ATlar - informatikaning kelajagi porloq va tez surʼatlar bilan rivojlanayotgan ilmiy va amaliy sohasi hisoblanadi. U kompyuterlardan foydalanish bilan bogʻliq barcha ilmiy va texnologik yoʻnalishlarga sezilarli darajada taʼsir koʻrsatadi, u jamiyatga ilmdan nima kutilayotgan boʻlsa oʻshani bugunning oʻzidayoq bermoqda, amaliy ahamiyatga ega boʻlgan natijalar, ularning koʻpchiligi ularni qoʻllash mumkin boʻlgan sohalarda tubdan oʻzgarishlar qilishga qodir.

Intellektual ATlarning maqsadlari, birinchidan, kompyuterlar yordamida yechiladigan masalalar koʻlamini kengaytirish, ayniqsa sust strukturalangan predmet soha(PrS)larda va ikkinchidan, zamonaviy mutaxassisning intellektual axborotni qoʻllab-quvvatlash darajasini oshirishdan iborat.

Intellektual ATlarning ilmiy fundamentidagi kalit komponent sunʼiy intellekt(SI) hisoblanadi.

SI haqidagi tasavvur va bu sohadagi izlanishlar - «Aqliy mashinalar» ishlab chiqarishga ilmiy yondoshish birinchi boʻlib Stanford universitetining (AQSh) professori Djon Makkarti tashabbusi asosida 1956 yili tashkil topgan ilmiy toʻgarakda paydo boʻldi.

Bu toʻgarak tarkibiga Massachuset (AQSh) texnologiya oliygohi «Elektronika va hisoblash texnikasi» fakultetining faxriy professori Marvin Minskiy, «Umumiy masala yechuvchi» va «Mantiqchi-nazariyotchi» intellektual dasturlar bunyodkorlari - kibernetik Allen Nyuell va Karnegi-Mellen, dorilfununning mashhur psixologi Gerbert Saymon, hisoblash texnikasining koʻzga koʻringan mutaxassislari Artur Samuel, Oliver Selfridj, Klod Shennon va boshqalar kirar edilar. Aynan shu toʻgarakda «Sunʼiy intellekt» tushunchasi paydo boʻldi.

Slning ilmiy yoʻnalish sifatida yaratilishi va rivojlanishi uchun chet elda N.Viner, U.Makkallox, U.Pitts, D.Makkarti (birinchi boʻlib «Artificial intelligence» terminini kiritdi), F. Rozenblatt, Sazerlend, M. Minskiy, S. Peypert, A. Nyuell, G. Saymon, Dj. Shou, E. Feygenbaum, A. Kolmeroe, N. Xomskiy, T. Vinograd, M. Kuillian, R. Shenk, I. Kilson, P. Uinston, L. Zade, R. Reddi, D. Lenat, Dj. Xinton, Dj. Anderson, J.L. Lorer, T.Gvyazda,

D.E. Goldberg, S.Mano, F.Martines, N.J.Nilsson, D.Poole, S.Rassel va boshqalar oʻz xissasini qoʻshgan. Sobiq ittifoqda, keyinchalik esa

Rossiyada SI shakllanishi va rivojlanishini A.A. Lyapunov, A.I. Berg, G.S. Pospelov, M.M. Bongard, A.V. Gavrilov, V.F.Xoroshevskiy, A.P. Yershov, L.T. Kuzin, A.S. Narinyani, A.I. Polovinkin, V.V. Chavchanidze, V.K. Finn, E.V. Popov, E.X. Tiugu, O.I. Larichev, A.I. Galushkin, A.V.Chechkin, D.A.Pospelov, A.I.Bashmakov, A.N.Gorban, A.V. Kolesnikov, Z.Mixalevich, S.D.Sht va boshqalarning nomlari bilan bog'lashadi. Shuningdek, O'zbekistonda M.M.Kamilov, T.F.Bekmuratov, SH.X.Fazilov, R.Xamdamov, K.Ignatyev, A.X. Nishanov va boshqa olimlar SI sohasida ilmiy natijalarga erishgan va hozirgi vaqtda ham ilmiy-tadqiqotlarni shogirdlari bilan birga davom ettirmoqda.

Zamonaviy ATlarning asosiy yo'nalishlardan biri insonga talluqli bo'lgan vazifalarni bajaruvchi sun'iy intellekt tizim(SIT)larni yaratishdir.

Mazkur kurs SITlarni ishlab chiqish texnologiyalari - usul, model va algoritmik-dasturiy vositalari bo'yicha yurtimizda va horijda olib borilgan tadqiqotlar, amalga oshirilgan natijalar, tadbiq etilgan ishlanmalarga asoslangan bilim va ko'nikmalarga ega bo'lishga yo'naltirilgan, shu bilan birga SITlarini rivojlantirayotgan asosiy mexanizmlardan hisoblangan neyron tarmoq(NT)larni ham qamrab olgan. Kursning fan dasturi mazmuniga mos ravishda o'quv qo'llanmada qo'yilgan asosiy maqsad – SIning asosiy tushunchalari va rivojlanish bosqichlari, tasnifi, sinflari va arxitekturasi, intellektual agent(IA)lar va ularning sinflari, arxitekturasi, xususiyatlarini o'rganish, bilimlar va ularning tiplari, xususiyatlari, tushunish darajalari, bilimlarni olish usullari haqida tasavvur hosil qilish, qidiruv, bilimlarni taqdim etishning mantiqiy, tarmoqli, mahsuliy va freymli modellari yordamida SI muammolarni echish, ekspert tizim(ET)lar, ma'lumotlar va bilimlar noaniqligini taqdim etishda Bayes qoidasidan foydalanish, noaniqlikni modellashtirish va noravshan mantiqiy xulosa chiqarish, NTlar, genetik algoritm(GA)lar va gibrid tizim(GT)lardan foydalanib SI masalalarini echish, turli SITlarida kechayotgan axborot jarayonlarining roli va xarakteri to'g'risida umumiy tasavvur hosil qilish, shuningdek, SITlarning o'ziga xos xususiyatlari va imkoniyatlarini, SITlarni inson faoliyatining turli sohalarida qo'llanilish asoslarini o'rganish va SI ni rivojlanish istiqbollari va yo'nalishlari bilan tanishishdan iboratdir.

O'quv qo'llanmaning asosi sifatida Toshkent axborot texnologiyalar universiteti va uning Samarqand filialida muallif tomonidan o'quv jarayonida talabalarga o'qilayotgan materiallar

olingan. Uning strukturasi va mazmunini to'ldirishda SIning rivojlanishiga o'z hissasini qo'shgan yuqorida keltirilgan olimlar va mutaxassislar tomonidan yaratilgan monografiya, darslik, o'quv qo'llanma va ilmiy maqolalarda keltirilgan ma'lumotlardan foydalanilgan.

O'quv qo'llanmaga O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi fan va texnologiyalarni rivojlantirishni muvofiqlashtirish qo'mitasining 2012-2014 yillar uchun e'lon qilingan A5-ΦK-0-18644-A5-049: «Informatika va axborot texnologiyalari hamda kasb ta'limi (Informatika va axborot texnologiyalari) ta'lim yo'nalishlaridagi Intellektuai tizimlar fanidan o'quv-uslubiy majmualar yaratish» amaliy grantida olingan yakuniy natijalar hamda 2015-2017 yillar uchun e'lon qilingan A5-038 - «Qo'lyozma matnlarni (harf, raqam, yordamchi belgilar, so'zlar) va shaxs imzolarini tanib oluvchi, ularning qaysi shaxsga tegishli ekanligini aniqlovchi algoritmlar va dasturiy vositalarni yaratish» amaliy grantida olingan dastlabki natijalar ham kiritilgan.

“Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlari” fani bo'yicha dasturni amalga oshirish bakalavtiatura o'quv rejasida rejalashtirilgan “Diskret matematika”, “Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika”, “Dasturlash tamoyillari”, “Tizimli dasturlash”, “Ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlari”, “Ma'lumotlarning intellektual tahlili”, “Mashinali o'qitish”, fanlari bilan uzviy bog'liq va shu fanlardan olingan bilimlarga asoslanadi.

Magistrantlarga tavsiya etilayotgan ushbu kitob o'quv rejaning 1.00 umummetodologik fanlar blokining 1.04 qismida keltirilgan “Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlari” fani bo'yicha Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 2018 yil 18 avgustda tasdiqlangan fan dasturi asosida tayyorlandi.

Kitob 300000-Ishlab chiqarish bilim sohasidagi 330000-Kompyuter texnologiyalari va informatika hamda 350000-Aloqa va axborotlashtirish telekommunikatsiya texnologiyalari ta'lim sohalarining barcha magistratura mutaxassisliklari bo'yicha ta'lim olayotgan magistrantlarga mo'ljallangan. Bu o'quv qo'llanmadan SI sohasi bo'yicha shug'ullanuvchi doktorantlar, tadqiqotchi izlanuvchilar va mutaxassislar ham foydalanishi mumkin.

O'quv qo'llanma kirish, o'nbitta bob, xotima, qisqartma so'zlar, o'zbekcha atamalardan iborat.

Kirish qismida o'quv qo'llanmadagi masalalar, SIning asosiy masalasi, SIning bazaviy funksiyalari, SI sohasidagi tadqiqotlarning bazaviy yo'nalishlari taqdim etilgan.

Birinchi bobda SI haqida umumiy ma'lumotlar keltirilgan bo'lib, unda asosiy tushunchalar va ta'riflar, rivojlanish bosqichlari, SI ni modellashtirishning asosiy yo'nalishlari va sinflari, Tyuring testlari, IAlar, asosiy tarkibiy qismlari va arxitekturasi, asosiy xususiyatlari hamda SI masalalarini yechish va qo'llanilish sohalari tavsiflangan.

Uchinchi bobda SI masalalarini qidiruv yordamida muammolarni echish keltirilgan bo'lib, unda holatlar fazosi(HF)da yechimni qidiruvning o'jiz, qarshi ta'sirlanish sharoitida, lokal, cho'qqiga chiqish, o'tjig emulyatsiyali va evristikli qidiruv algoritmlari bayon etilgan.

Uchinchi bob SI da bilimlarni taqdim etishga bag'ishlangan bo'lib, unda SI rakursida tasavvur va idrok, bilim, bilimlarning tiplari, sinflari, xususiyatlari, tushunish darajalari, bilimlarni olish usullari, muloxazalar va predikatlar mantiqi, birinchi tartibli predikatlar mantiqi va SI da mantiqiy xulosalashlar keltirilgan.

To'rtinchi bobda ETlar bayon etilgan bo'lib, unda ETlarni xususiyatlari, afzalliklari, tarkibi, yaratish bosqichlari, sinflari, instrumental vositalari, shuningdek, bilimlarni taqdim etishning tamoyil va usullari, qoidalarga va modellarga asoslangan ETlar, gibrid ekspert tizim(GET)lari, adaptiv rejalashtirish va ETlarning amaliy ilovalari keltirilgan.

Beshinchi bob ma'lumotlar va bilimlar noaniqligini taqdim etishga bag'ishlangan bo'lib, unda noaniqliklar manbalari va turlari, ETlarga ehtimollar nazariyasini qo'llash, ma'lumotlar va bilimlar noaniqligini taqdim etishda bayes qoidasidan foydalanib SI masalalarini echish bayon etilgan.

Oldinchi bob noravshan mantiq va uning ETlarga qo'llanilishiga bag'ishlangan bo'lib, unda ma'lumot va bilimlarning noaniqligi, xususiyatlari, noravshan bilimlar va ular ustida mantiqiy va oddiy amallar, noravshan munosabatlar, noravshan mantiqiy xulosa chiqarish qoidalari va lingvistik o'zgaruvchilar, shuningdek, ETlarda noravshan mantiqni, ishonchlilik koeffitsientlari va dalillarni chamalashning qo'llanilishi tavsiflangan.

Etтинchi bob NTlarning asosiy tushunchalari va elementlari, arxitekturasi, obyektlarni tanib olishga o'rgatishning umumiy sxemasi va uslubiy jihatlari, ular yordamida yechiladigan asosiy masalalar,

NTlarni tavsifi va ularning turlari, yutuqlari va kamchiliklari bayon etilgan.

Sakkizinchi bobda vizual axborotni qayta ishlash tizimlarining qo'llanilish sohalari, vazifalari va tasniflanishi keltirilgan bo'lib, unda tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tahlil qilish va tanib olish masalasi tavsiflangan. Shuningdek, geometrik figuralarni, qo'lyozma raqamlarni, shaxs imzolarini, rastrli tasvirlar va videotasvirlarga ishlov berish va tadqiqot o'tkazish algoritmlari va dasturiy vositalari ham keltirilgan.

To'qqizinchi bob GAlar va ularning modifikatsiyalariga bag'ishlangan bo'lib, unda GAning asosiy tushunchalari va bosqichlari, kodlash, GAlar va an'anaviy optimallashtirish usullarining bog'liqligi, GAlar haqidagi asosiy teorema va klassik GAning modifikatsiyalari bayon etilgan.

O'ninchi bobda gibrid intellektual tizim(GIT)lar bayon etilgan bo'lib, unda GITlarning sinflari, neyro-noravshan tizim(NNT)lar, NTlarda evolyutsiyali algoritmlar, GAlar va NTlardan birgalikda foydalanish va evolyutsiyaning odatiy sikli tavsiflangan.

O'nbirinchi bob SI yo'nalishlari va NTlarni rivojlantirish istiqbollari bag'ishlangan.

O'quv qo'llanmada asosiy g'oya yanada tushunarli bo'lishi uchun har bir bobning bo'limlarida misollar keltirilgan. Shuningdek, har bir bobning oxirida nazorat savollari, mustaqil ishlash va amaliy ko'nikmani mustaxkamlash uchun nazorat testlari, mavzuning mazmun va mohiyatidan kelib chiqib masala va topshiriqlar berilgan.

O'quv qo'llanma kamchiliklardan holi bo'lmaganligi tufayli, muallif o'quv qo'llanma haqidagi tanqidiy fikr va mulohazalarni minnatdorchilik bilan qabul qiladi va o'z tashakkurini izhor etadi.

O'quv qo'llanmaning qo'lyozmasi bilan mufassal tanishib, uning sifatini yaxshilash yo'lida foydali ko'rsatma va maslahatlar bergan taqrizchilar texnika fanlari doktori, professor Sh.X.Fazilov va fizika-matematika fanlari nomzodi, professor A.B.Qarshiyevlarga muallif o'z minnatdorchiligini bildiradi.

Muallif

Kirish

Hozirgi vaqtda dunyo mamlakatlari o'rtasidagi ustunlik mamlakatlarning maydoni va tabiiy resurslari bilan aniqlanmaydi. Endi barcha sohalaridagi ustunlikni ta'lim saviyasi va jamiyatda to'plangan bilimlar hajmi belgilaydi. Kelajakda qaysi mamlakat yangi bilimlarni yaratishda va o'zlashtirishda oldingi o'ringa chiqsa, o'sha mamlakat gullab-yashnaydi. Bunda asosiy ro'lni yangi ATlari, unda esa-SIning usullari va vositalari egallaydi. SIning asosiy texnologiyalari haqida tasavvur hosil qilish uchun SIning muhim konsepsiyalari qanday tarzda dasturiy yechimlarga tadbiiq etilganligini o'rganish zarur. Dasturlar turli jarayonlar tavsifini aniq qurishga imkoniyat yaratadi. Ularning strukturasi yechiladigan masalalar strukturasi o'zida aks ettiradi.

SI deganda - maqsadli yo'nalishdagi harakatni o'zida namoyon qilish qobiliyatiga ega ixtiyoriy biologik, sun'iy yoki formal tizimlar tushuniladi. Sun'iy yoki formal tizimlar muloqot, bilimlarni yig'ish, idrok etish, o'rgatish, anglab olish, moslashish va h.k. larni o'z ichiga oladi.

SI - hisoblash mashina(HM)larining insonlarga aqlli bo'lib ko'rinadigan tomonlarini bajarishga imkon beradigan konsepsiyalar haqidagi fan. Inson aqli o'zi nima? U fikrlash qobiliyatiga egami? U bilimlarni o'zlashtirish va qo'llash qobiliyatiga egami? U g'oyalarni almashish va ular bilan ishlash qobiliyatiga egami? Shubhasiz, bu barcha qobiliyatlar aqlning qismini tashkil etadi. Lekin bu so'zga oddiy ma'noda ta'rif berib bo'lmaydi. Chunki aql - bu ma'lumotlarni qayta ishlash va namoyish etish sohasidagi bilimlarning qorishmasidir [2, 6, 7].

SIning asosiy masalasi HMIlarini foydaliroq qilish va aql asosida yotadigan prinsiplarni tushunishdan iborat. Modomiki asosiy masalalardan biri HMIlarini foydaliroq qilish ekan, hisoblash texnikasi sohasidagi olim va muhandislar SI qiyin masalalarni hal qilishda ularga qanday yordam berishi mumkinligini bilishlari kerak.

SIT sohasidagi tadqiqotlarning *boshlanishini* (50-yillar oxiri) Nyuell, Saymon va Shoularning turli xil masalalarni yechish jarayonlarini tadqiq qilish ishlari bilan bog'lashadi. Ular ishining natijasi mulohazalar hisobidagi teoremlarni isbotlashga mo'ljallangan «Mantiqchi-nazariyotchi» va «Umumiy masala yechuvchi» dasturlari bo'ldi. Bu ishlar SIT sohasidagi tadqiqotlarning birinchi bosqichini boshlab berdi. Shuningdek, ushbu bosqich davomida turli xil o'yinlar, boshqotirmalar va matematik masalalar tadqiqot maydoni hisoblangan.

O'zlarining dasturlarini tavsiflashda Nyuell va Sayman dalil sifatida shuni ta'kidlashdiki, ularning dasturlari inson fikrlashini (tafakkurini) modellashtirar ekan. 70-yillar boshida ular bunga o'xshash ko'plab

ma'lumotlarni chop etishdi va fikrlashni (tafakkurni) modellashtiradigan dastur tuzishning umumiy usulini taklif etishdi. Nyuell va Saymanning ishlari ko'pchilikni jalb qilgan bir paytda Massachusetts texnologiya instituti, Stenford universiteti va Stenford tadqiqotlar institutida tadqiqotchilar guruhi tomonidan SIT sohasidagi tadqiqotlarda masalani yechish yo'li matematik va belgilar mantiqi asosida rivojlandi.

SIT sohasini tadqiq etishda Robinsonning rezolyutsiyalar usuli katta ta'sir etdi. Bu usul predikatlar mantiqidagi teoremlarni isbotlashga asoslangan va isbotlashning mukammal usuli hisoblangan. 60-yillar oxiriga kelib turli xil o'yinlar, boshqotirmalar va matematik masalalar kabi tadqiqotlarni sun'iy muhitlarda emas, balki real muammoli muhitlarda qo'llashga harakatlar qilindi. SITning real muhitlarda ishlashini tadqiq qilish integral robotlarni yaratish masalasiga olib keldi. Bunday ishlarning o'tkazilishini SIT ustidagi tadqiqotlarning *ikkinchi bosqichi* deyish mumkin.

70-yillar o'rtalarida Stenford universiteti, Stenford tadqiqotlar instituti va boshqa bir qancha joylarda laboratoriya sharoitida ishlaydigan robotlar yaratildi. Bunday tajribalarning o'tkazilishi bir qancha muammolarni hal qilishni talab qildi. Bunday muammolarga bilimlarni namoyish etish, ko'rish orqali idrok etish, robotlar bilan tabiiy tilda muloqot qilish kabilar kiradi. Bu muammolar tadqiqotchilar oldiga yanada aniqroq ifodalangan vazifalarni qo'ydi. Bu davr SITni tadqiq etishning *uchinchi bosqichi* edi. Uning xarakterli tomoni tadqiqotchilardan oldiga qo'yilgan masalani real muhitda o'zi yechadigan muqobil ishlaydigan tizimni emas, balki inson intellektini va EHMning imkoniyatlarini birlashtiradigan inson-mashina tizimlarini yaratish masalasidan iborat edi.

Hozirgi vaqtda raqobat kurashidagi ustunlik mamlakatning o'lchovlari bilan ham, uning tabiiy resurslari bilan ham aniqlanmaydi. Endilikda buni jamiyat to'plagan ta'lim darajasi va bilimlar hajmi hal qiladi. Kelajakda boshqa mamlakatlarga qaraganda yangi bilimlarni yarata olgan va egallagan mamlakatlargina gullab yashnaydi. Bunda asosiy ro'lni yangi ATlar o'ynasa, ularda esa SI usullari va vositalari o'ynaydi.

SIT deganda fe'l - atvori maqsadga yo'naltirilgan qobiliyatni o'zida aks ettiruvchi ixtiyoriy biologik, sun'iy yoki formal tizimlar tushuniladi [7].

Oxirgisi o'zida aloqa, bilimlarni jamlash, qarorlar qabul qilish, o'rganish, moslashish va boshqa xususiyatlarni o'zida namoyon etadi. Hozirgi vaqtda kompyuterlarni intellektuallashtirishning turg'un yo'nalishi va uning dasturiy ta'minoti (DT) mavjud. Kelajakdagi kompyuterlarning asosiy funksiyalari - ko'proq hisoblashga oid bo'lmagan

xarakterdagi masalalarni, ya'ni mantiqiy xulosa chiqarish, BBni boshqarish, intellektual interfeys ta'minoti va boshqa masalalarni yechishga qaratilgan. Kompyuterlarni intellektuallashtirish maxsus apparaturalarni (masalan, neyrokompyuterlar) va DTlarni (ETlar, bilimlar bazasi (BB), masala yechuvchilar va h.k.) yaratish hisobiga amalga oshiriladi,

“Sun’iy intellekt tizim” tushunchasining ishchi ta’rifi [2]da keltirilgan. Tizim intellektual hisoblanadi, agar unda uchta bazaviy funksiyalar amalga oshirilgan bo’lsa:

1. *Bilimlarni taqdim etish va qayta ishlash funksiyasi.* SIT o’zida tevarak atrof to’g’risidagi bilimlarni to’plashga qodir bo’lishi, ularni pragmatika va ziddiyatsizliklar nuqtai nazaridan sinflashi va baholashi, yangi bilimlarni qabul qilish jarayonlarini aniqlaydi, ma’lumotlar bazasi(MB)da saqlanayotgan bilimlar bilan yangi bilimlar o’rtasidagi bog’lanishlarni aniqlashi lozim.

2. *Mulohaza funksiyasi.* SIT mantiqiy xulosa yordamida yangi bilimlarni vujudga keltirishi va to’plangan bilimlarda qonuniylik mexanizmini namoyon qilishi, alohida (shaxsiy) bilimlar asosida umumlashgan bilimlarni olishi va o’z faoliyatini mantiqiy rejalashtirishi kerak.

3. *Aloqa funksiyasi.* SIT inson bilan unga yaqin bo’lgan tilda aloqa qilishi va

insonning tevarak-atrofni qabul qilishiga (avvalo, ko’rish va ovozli) analogik bo’lgan kanallardan ma’lumot qabul qilish, “o’zi uchun” yoki biror kishining iltimosiga ko’ra shaxsiy faoliyatni tushuntirishni shakllantirishni bilishi (ya’ni, “Buni qanday amalga oshirdim?” kabi savollarga javob berishi), insonga uning xotirasida saqlanayotgan bilimlar hamda mulohaza qilishning mantiqiy vositasi hisobiga yordamlashishi kiradi.

SITning asosiy texnologiyalari haqidagi tasavvurni shakllantirish uchun, uning dasturiy yechimlarda muhim konsepsiyalarining mujassamlanishini o’rganishimiz lozim.

SIT sohasida tadqiqot strukturasini aniqlashdagi urinishlar takror-takror amalga oshirilgan. Bu savol borasidagi barchasidan ko’ra mashhur nuqtai nazarlar [2]da ifoda etilgan. Unga muvofiq SIT sohasidagi tadqiqotlar ikkita bazaviy yo’nalishlarni o’z ichiga oladi:

- *Bionik*, inson ongi uchun xarakterli va inson tomonidan yechiladigan masalalar asosida yotuvchi strukturalar va jarayonlarni sun’iy qaytadan tiklash muammolari bilan shug’ullanadi;

- *Dasturli-pragmatik*, inson intellektini (qidirish, sinflash, o'qitish, qaror qabul qilish (QQQ), timsollarni tanib olish (TTO), mulohaza va boshqalar) alohida huquq deb hisoblaydigan masalalarni yechish uchun dasturlar tuzish bilan shug'ullanadi.

Birinci yo'nalish bo'yicha sun'iy NTlar modellarini qo'llaydigan DT yaratish muammolari qarab chiqiladi.

Bionik yo'nalishning maqsadlari va masalalari qiyinligi tufayli oxirgi vaqtgacha SITda dasturli-pragmatik yo'nalish ustunlik qiluvchi hisoblanadi, garchi kelajakda baribir bionik yo'nalish ehtimol aniqlovchi bo'ladi.

Dasturli-pragmatik yo'nalishda uchta yondashuv ajratiladi:

- *lokal* yoki *maqsadli* - insonning intellektual faoliyatiga xos, inson erishishi mumkin bo'lgan natijalardan kam bo'lmaydigan har bir masala uchun (masalan, shaxmat o'yini uchun o'yin dasturi) yaratish;

- *tizimli* yoki *bilimlarga asoslangan* - hozirgi vaqtda bu yondashuv ustunlik qilmoqda, bilimlar asosida intellektual masalalarni yechish uchun dastur tuzishda avtomatlashtirish vositalarini yaratish;

- dasturlashtirishning mbosqichrotseduralarini qo'llovchi intellektual dasturlar tuzish uchun tabiiy tilda masalalarni tavsiflash.

SITlari teoremlarni isbotlash, komp'yuter o'yinlari, TTO, QQQ, adaptiv dasturlash, mashinada musiqalarini bastalash, tabiiy tilda ma'lumotlarni qayta ishlash, o'qituvchi tarmoqlar va boshqa yo'nalishlarda keng qo'llanilmoqda.

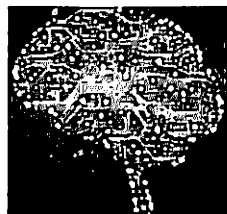
80-yillarning boshlarida SI sohasida «Ekspert tizimlar» mustaqil yo'nalish sifatida shakllandi. SIning amaliy tizimlarini yaratilishida ETlar birinchi qadam bo'lib hisoblanadi [7].

ETlar SI tizimlarni bir qismi bo'lib, u nazariy jihatdan bu sohani rivojlantirishda muhim ro'l o'ynadi. ETlar SI g'oyalari va usullariga asos bo'lib, unda bilimlar, ma'lumotlar yig'indisi va ular yordamidagi boshqaruv tizimlari hamda mantiqiy qidiruv, assotsiativ, hisoblash amallari va bilimlar manbai aniq bir ko'rinishda ishlatiladi.

1-BOB. SUN'IY INTELLEKTGA KIRISH VA INTELLEKTUAL AGENTLAR

1-§. Asosiy tushuncha va ta'riflar

Tadqiqotlar va odamlar intellektual deb hisoblagan xatti-harakatlarni aniqlaydigan mashinalarni yaratilishini biz SI deb ataymiz. Eng keng tarqalgan va zamonaviy mashinalar - kompyuter texnikasi va aloqa vositalari hisoblanadi, shuning uchun ham SI yo'nalishi kompyuterlar va hisoblash tizimlari sohasiga tegishli hisoblanadi.



Intellekt atamasi lotincha *intellektus* so'zidan olingan bo'lib - bu aql, idrok, ong tushunchalarini anglatadi; insonning fikrlash qobiliyati [7]. Shunga ko'ra, sun'iy intellekt (*artificial intelligence*) - inson intellektining alohida funksiyalarini bajarishni ta'minlovchi avtomatik tizim sifatida qaraladi, masalan, oldindan to'plangan tajribalarga asoslangan bilimlar va tashqi ta'sirlarni ratsional tahlil qilish asosida optimal tanlash va QQQ.

SI ning turli xil ta'riflari mavjud. Quyida ulardan ba'zilarini keltiramiz [7, 31]:

1) "Inson tomonidan amalga oshirilganda intellektni talab qiluvchi funksiyalarni bajaruvchi mashinalarni yaratish san'ati".

2) "Anglab olishni, fikrlashni va harakat qilishni ta'minlaydigan hisoblashlarni o'rganish".

3) "Intellektual xarakter(xulq-atvor)larni avtomatlashtirish bilan shug'ullanadigan informatika sohasi".

Barcha urinishlarga qaramasdan hozirgacha "Sun'iy intellekt» tushunchasining aniq ta'rifi mavjud emas, va u yangi ilmiy g'oyalar paydo bo'lishi bilan uning ta'rifi yana o'zgaradi. Keling, bu kontseptsiyaning hech bo'lmaganda chegaralarini aniglaylik.

SIT - bu kompyuterli, kreativ tizim (ko'p funksiyali, integratsiyali, intellektualli), murakkab strukturali moslashish, o'rnatish uchun, (sintaktik, semantik, pragmatik axborot) maqsadga erishish uchun (aniq maqsadlilik) muhit o'zgarishiga moslashish va soha o'zgarishidagi ichki holat hisoblanadi.

SIT deganda quyidagi imkoniyatlarga ega bo'lgan apparat dasturiy majmualari tushuniladi:

- olam va ommalashgan tajrabalarga asoslanmagan bilimlarni faol idrok etish asosida ularni yig'ish va tuzatish;
- mantiqiy xulosalash asosida harakatlarni maqsadga yo'naltirish, noaniqliklarni tavsivlashning turli darajadagi algoritmlari va murakkab tizimlarini boshqarish.

2-§. Sun'iy intellektning paydo bo'lishi va rivojlanish bosqichlari

Sun'iy intellektning shakllanishi.

SI borasida olib borilayotgan tadqiqotlarni shartli ravishda uch bosqichga bo'lish mumkin [2, 7, 20, 31].

Birinchi bosqichda (1956-1970 yy.) olimlarning harakati evristik (mutaxassisning tajribasi natijasida) qidiruv nazariyasini yaratishga va faoliyat yoki intellekt darajasiga tegishli bo'lgan «Masala yechuvchilar»ni yaratish bo'yicha muammoni hal qilishga qaratilgan. Tadqiqot uchun instrument bo'lib elektron hisoblash mashina(EHM) xizmat qilgan, har xil o'yinlar, boshqotirmalar, oddiy musiqa asarlari, matematik masalalar o'ylab topilgan. 1956 yilda Dartmut kolleji (AQSh) seminarda "Sun'iy intellekt" atamasi taklif etildi [6, 30, 31]. SI bo'yicha birinchi ishlar M.Minskiy va J. Makkarti rahbarligida Massachussets Texnologiya Institutida va G.Saymon va A. Nyuell rahbarligida Carnegie Mellon Universitetida olib borildi. Ular S.I.ning "otalari" hisoblanadilar.

SI sohasidagi *evristik qidiruv va teoremlarni tasdiqlash (1956-1969)* bo'yicha tadqiqotlarning boshlanishi (50-yillarning oxirlari) turli muammolarni hal qilish jarayonlarini tekshirgan Nyuell, Sayman va Shoylarning ishlari bilan bog'liq [6, 30, 31]. Ularning natijalari "Mantiqchi-nazariyotchi" deb nomlangan dasturlar bo'lib, ular teoremlarni isbotlash uchun mo'ljallangan va "Masalani universal yechuvchi" bo'lgan. Ushbu ishlar SI sohasidagi tadqiqotlarning birinchi bosqichining boshlanishi bo'lib, u turli xil murakkab usullarni qo'llagan holda muammolarni hal qiladigan dasturlarni ishlab chiqish bilan bog'liq.



Allen Nyuell
Shoy
(1927-1992)



Xerbert Saymon
(1916-2001)



Jon Klifford
(1922-

1991)

1957-yilda F. Rozenblatt tomonidan ob'yektlarni idrok etuvchi va tanuvchi model - perseptron taklif qilindi [35]. 1960-yillar oxirida ba'zi tillar uchun lug'atdan foydalanish qoidalari va asosiy grammatik qoidalarni sinflash va yetarlicha qayta ishlashga asoslangan holda ilmiy yoki ishchi matnlarni tarjima qiladigan algoritmlar yaratildi. 1960 yildan boshlab birinchi tartibli predikatlar mulohazasida teoremlarni isbotlashni amalga oshiradigan bir qator dasturlar K.Grin va Xao Vanga tomonidan ishlab chiqildi va SI da deduktiv xulosalashda qo'llanilgan. 1960 yillarda universal kompyuterlar bilan boshqariladigan sezuvchi robotlar yaratila boshladi [20, 31]. Semantik tarmoqlar 1967 yilda M. Quillian tomonidan taklif qilingan [6, 25]. Tabiiy tilni tushunish tizimini yanada takomillashtirish R. Shenk va W. Wuds nomlari bilan bog'liq. E. Feygenbaum, B. Bukhenenom, E. Liderbergom tomonidan 1969 yilda ishlab DENDRAL [20] ET ishlab chiqilgan va murakkab organik molekularlar strukturalarini tanish uchun qo'llanilgan.

Ikkinchi bosqichda asosiy e'tibor (70-yillarning boshidan to 80-yilgacha) intellektual robotlar (real uch o'lchovli muhitda mustaqil holda harakat qiladigan va yangi masalalarni yechadigan) qurishga qaratildi. 1970 -yillarning boshlarida A.Nyuel va G.Saymonlar fikrlashni modellashtiradigan dasturni tuzish uslubini taklif etdilar [20, 31]. 1973 yilda Wuds LUNAR tizimini yaratdi, bu esa geologlarning oydan olib kelingan toshlarning namunalari bo'yicha tabiiy tilda savollar berishiga imkon berdi [7, 31]. 1973 yilda A. Kolmeroe mantiqiy dasturlash tili - Prolog tilini yaratdi [31]. Keyinchalik E. Feigenbaum, B. Bukxenen, E.Shortliff tomonidan ichak kasalliklariga tashxis qo'yuvchi MYCIN ET ishlab chiqildi [7, 31]. 1979 yilda foydali qazilmalarni topishda maslahat beruvchi PROSPECTOR ET yaratildi [7, 31].

SI sohasidagi navbatdagi tadqiqotlarning rivojlanishiga predikatlar mantiqi teoremlarini isbotlashga asoslangan Robisonning rezolyusiya usulining paydo bo'lishi ta'sir etdi. Bu tadqiqotlarning maqsadi-inson yechadigan masalalarni huddi insonga o'xshab yechadigan dasturlarni ishlab chiqishdan iborat bo'lgan.

Uchinchi bosqich (1980-yillar boshi) idrok etuvchi, dinamik muhitda murakkab rejalarini amalga oshiruvchi, bilimlarni tavsiflovchi, inson bilan tabiiy tilda muloqot qiluvchi robotlarni ishlab chiqarish bilan bog'liq. 1982 yilda McDermott tomonidan sanoatda qo'llanadigan birinchi IT K1 ET ishlab chiqilgan [2, 7]. 1985 yildan boshlab, ETlar, undan keyin tabiiy tillarni tushunuvchi tizimlar, so'ngra NTlar tijorat ilovalarida faol qo'lanila boshladi. 1986-1996 yillarda SI sohasidagi tadqiqotlarda mustaqil yo'nalish sifatida ETlar yoki bilimlar muxandisi shakllandi. 1996-2000 yillarda SI sohasidagi tadqiqotlarda *integrallashgan va gibrid prinsiplariga asoslangan tizimlar yaratildi va shakllandi.*

Dartmut ergamanda "Artificial Intellect" tushunchasi paydo bo'ldi

1956

Sun'y Intellect



ELIZA

1966

Inson kabi suhbat qilishga qodir ELIZA kompyuter dasturi

MYCIN ekspert tizimi - qonning infeksion kasalliklarini tahlil qiladi va keyingi davolanish kursini tavsiya etadi

1970

MYCIN

Stenfordlik ROBOT

1971

"Stenford aravachasi" universitet nomi bilan ataluvchi avtonom boshqarilish birlinchi harakatlanuvchi robot

Nuance kompaniyasi Dragon Systems - birinchi tijorat nuzari tanish tizimlarini ishlab chiqara boshladi

1982

Nutqni tanib olish

NUANCE

Ekskursovod ROBOT

1993

Massechusetsteknologik institut ekskursiya olib boruvchi va mehmonlar bilan muloqot qiluvchi PoB robotini yaratgan

Kompyuterning yutishi

1997

Futbolchi ROBOTLAR

Deep Blue super kompyuteri shaxmat bo'yicha jahon chempioni Gari Kasparovni 6 partiya yutishga muvaffaq bo'lgan

Birinchi marta 38 davlatdan robotdaming ishtirokida futbol bo'yicha jahon chempionati o'zlasigan

Yungdor ROBOTLAR

1998

40 min Furby robotlari Rojdestvo bayramidan oldin sozlangan. U ingliz tilini davmy o'rganib borgan.

Tabiiy-nutqliy so'rovlarini tanuvchi birinchi qiduv tizimi WolframAlpha Siven Wolfram komandasi tomonidan yaratilgan

2009

Semantik VEB

Vatson Superkompyuteri

2011

IBM kompaniyasi ishlab chiqqan Watson superkompyuten Jeopardy televidkoma sobiq chempionini yutgan

JEOPARDY!

Nevada shtatida ishlatishga ruxsat olgan avtonom boshqarilish Google avtosi

2012

ROBOMOBIL

SMARTFON bilan boshqaruv

2013

Anid kompaniyasi Smartfonlar uchun iOS ishlab chiqdi, u o'yinchoq poyga avtomobani xuddi tabiiy xis qib boshqarish va o'z-o'zini o'rgatish imkoniyatiga ega

Mur qonuniga ko'ra kompyuterlar avtorotni qayta ishlashda inson miyasi darajasiga yetishi kerak

2029

MUR qonuni

KELAJAK

2045

Teknologik hukmronlik boshorati: sun'y intellekt inson intellekidan o'tadi va mustaqil mavjantishni davom ettiradi.



1.1-rasm. Sining vaqtli taqvimini.

XXI asr boshlanishi Sining o'zini-o'zi o'rgatadigan, moslashuvchan, o'zida NTlarni va bilimlarni tavsiflash modellarini birlashtiruvchi GTlar uchun intellektual muloqotli tizimlarni yaratish va tadqiqotlar olib borish bilan xarakterlanadi.

SITlarining hozirgi davrgacha va kelajakdagi vaqtli taqvimini 1.1-rasmda keltirilgan.

3-§. Zamonaviy intellektual tizimlarning asosiy yo'nalishlari

Tarixiy jihatdan SIni modellashtirishning *uchta asosiy yo'nalishlari* shakllandi [2, 6, 7, 20, 30-32].

Birinchidan, tadqiqotning maqsadi inson miyasining tuzilishi va mexanizmlari va yakuniy maqsadi fikrlash sirlarini oshkor qilishdir. Ushbu yo'nalishda olib borilayotgan izlanishlarning zarur bosqichlari psixofiziologik ma'lumotlarga asoslangan modellarni qurish, ular bilan tajriba o'tkazish, intellektual faoliyat mexanizmlari bo'yicha yangi farazlarni ilgari surish, modellarni takomillashtirish va boshqalar.

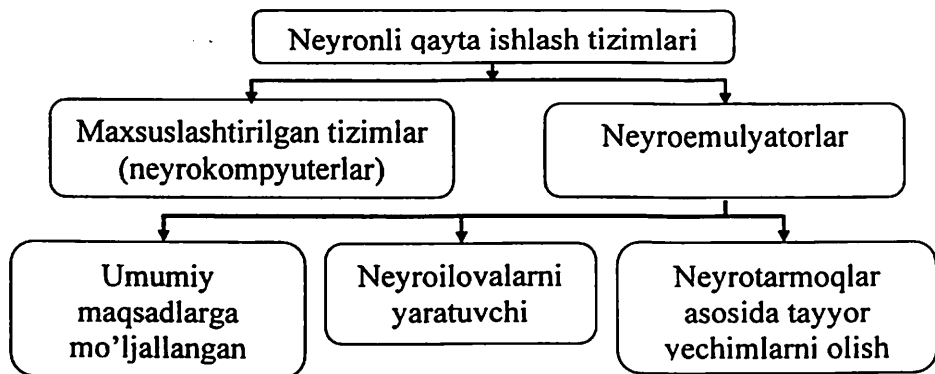
Ikkinchi yondashuvda tadqiqot obyekti sifatida SI qaraladi. Bu yerda so'z kompyuterlar yordamida intellektual faoliyatni modellashtirish masalasi haqida boradi. Bu yo'nalishdagi ishlarning maqsadi - kompyuterlar uchun algoritmik va DTni yaratishdir, bu esa intellektual vazifalarni insondan yomonroq bo'lmagan holda yechish imkonini beradi.

Uchinchi yondashuv tabiiy intellekt va SI imkoniyatlarini birlashtiruvchi interfaol intellektual tizimlar yoki inson-mashina tizimlarini yaratishga mo'ljallangan.

3.1. Neyron tarmoqlar yo'nalishi

Neyronli modellar nafaqat inson miyasining funksiyalarini takrorlaydi, balki shu bilan bir qatorda o'zlarining funksiyalarini ham bajarishi mumkin. Shuning uchun ham neyronli modellashtirishda bir-birini o'zaro to'ldiruvchi ikkita maqsad bor edi va hosiirgi vaqtda ham mavjud: *birinchisi* - fiziologiya va psixologiya darajasida inson miyasi tizimlari faoliyatini tushunish, va *ikkinchisi* - inson miyasi tizimlari faoliyatiga o'xshash funksiyalarni bajaruvchi hosoblash mashinalarini (sun'iy NTlarni) yaratish [31].

Neyronli qayta ishlash tizimlarini 1.2-rasmdagidek sinflash mumkin [31].



1.2 -rasm. Neyronli qayta ishlash tizimlarini sinflash.

Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan neyropaketlar - keng ko'lamli vazifalar (masalan, statistik ma'lumotlarni qayta ishlash) uchun mo'ljallangan dasturiy mahsulotlardir.

Neyroilovalarni ishlab chiqish tizimlari - bu ma'lumotlarni qayta ishlash uchun o'rgatilgan NTlardan foydalanadigan dasturiy kodni ishlab chiqishi mumkin bo'lgan dasturdur.

Murakkab NTlarini ishlab chiqish uchun qulay vositalardan biri - MATLAB hisoblanadi. MATLAB qayta ishlash (*wavelet* - tahlil, statistika, iqtisodiy tahlil va h.k.) usullari bilan birgalikda neyroto'ri usullarni tahlili uchun qulay muhit hisoblanadi.

Neyron tarmoqlar yo'nalishining to'liq tavsifi 7-bobda bayon qilingan.

3.2. Axborotli yo'nalishi

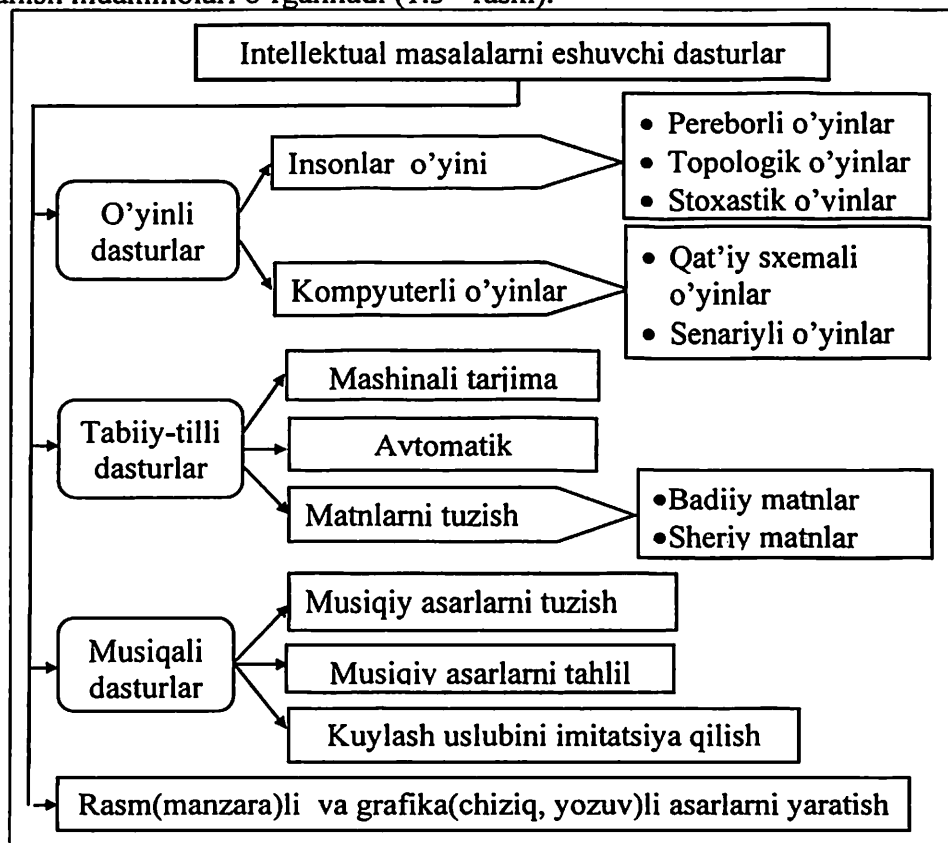
Axborotli yo'nalishi uch tipga bo'linadi [31].

1. *Evristik dasturlash* - bu original uslublarni ishlab chiqish, masalalarni inson kabi, ba'zi hollarda undan ham yaxshi yechadigan algoritmlarni ishlab chiqishdir. *Evristika* - bu murakkab masalalar yechimni topishda qo'llaniladigan tizimning samaradorligini oshirish uchun foydalaniladigan qoida, strategiya, uslub yoki qoidalar tushuniladi. *Evristik dastur* - bu evristikani ishlatadigan kompyuter dasturi. Webster lug'atiga ko'ra, "evristik" - "kashfiyotni osonlashtirish" degan ma'noni anglatadi.

Evristik dasturlar shaxmat, shashka, karta o'yinlarini o'nashi mumkin, savollarga javoblarni topadi, matematik hisoblar sohasidan yechimlarni topadi, matematik mantiq va geometriya teoremlarini

isbotlaydi, o'z tajribalari asosida o'rgatishlarni amalga oshiradi va turli xil masalalarni yechadi.

2. Bilimlarga asoslangan tizimlar. Bu yo'nalish SIning poydevorini tashkil etadi [31]. Ushbu yo'nalishda bilimlar asosida SIn o'rganish muammolari o'rganiladi (1.3 - rasm).

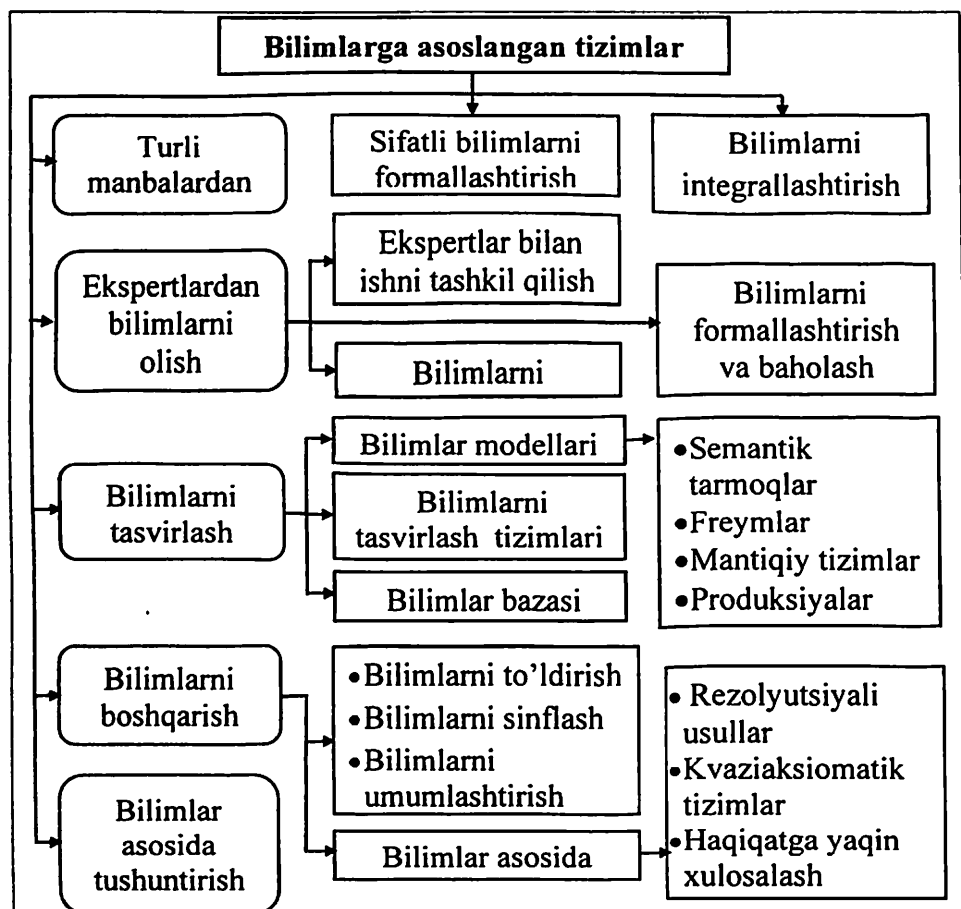


1.3-rasm. Intellektual masalalarni yeshuvchi dasturlar.

SI bo'yicha o'rganilayotgan keyingi katta muammo - bu tizim xotirasida bilimlarning tasvirlanishi. Buning uchun bilimlarni tasvirlashning turli xil modellari ishlab chiqilgan. Hozirgi kunda intellektual tizim (IT)larda bilimlarni tasvirlashning mantiqiy, semantik tarmoqlar, freymlar va mahsuliy(produksiya) modellaridan foydalanadi. Bu modellarning tavsifi 3 va 4-boblarda qaraladi.

3. Intellektual dasturlash. Intellektual ilovalarni yaratishdagi qiyinchiliklar foydalanilgan algoritmik tilga, instrumental tizimga, dasturlash paradigmalariga, intellektual axborot tizim(IAT)ni yarish

vositalariga va bilimlarni olishga, grafikli tizimlarga bevosita bog'liq (1.4-rasm) [13, 20, 31].



1.4-rasm. Bilimlarga asoslangan tizimlar strukturasi.

Ko'plab dasturiy tillar orasida SI bo'yicha kichik bir qismi ishlatiladi:

1) C, C ++ kabi an'anaviy dasturlash tillari asosan instrumental tizim yaratish uchun qo'llaniladi.

2) Maxsus dasturlash tillari:

- Ro'yxatlarni qayta ishlashga yo'naltirilgan LISP va uning ko'p sonli versiyalari;

- PROLOG mantiqiy dasturlash tili. Oldin mashinali tarjima qilishda, keyinroq esa mantiqiy ifodalardan mantiqiy xulosalashda qo'llaniladi;

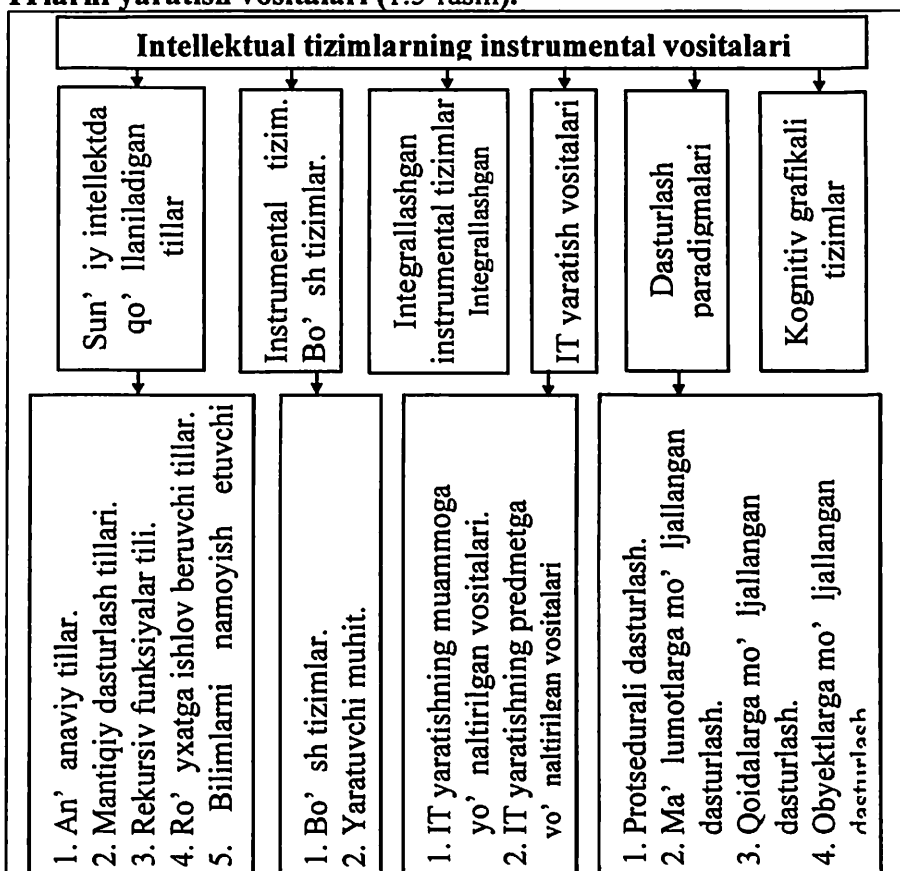
- Rekursif funksiyali REFAL tili.

3) Bilimlarni namoyish etishda qo'llaniladigan tillar: KL-1, KRL, FRL freym'larga mo'ljallangan, PILOT produsiya modeli mo'ljallangan.

Turli xil ITlarni loyihalash va yaratish uchun mo'ljallangan instrumental tizimlar yetarli darajada tez rivojlanadi. Hozirgi davrgacha ETlar deb nomlanuvchi ko'plab instrumental vositalar ishlab chiqilgan [13, 20, 31]. Masalan, EKO, Leonardo, Nexpert Object, Kappa, EXSYS, GURU, APT, KEE Vva h.k.

Shuningdek, oxirgi yillarda integrallashgan instrumental tizimlar ishlab chiqarila boshlandi. Sunday tizimlarga misol sifatida Work bench tizimlarga KEATS, Shelly, VITAL larni keltirish mumkin [31].

ITlarni yaratish vositalari (1.5-rasm).



1.5-rasm. ITlarning instrumental vositalari.

Bularga muammoga / predmetga yo'naltirilgan muayyan sinf muammolarini (bashoratlash, rejalashtirish, boshqarish va h.k. larni) yechishga mo'ljallangan va muayyan funksional modullarni o'z ichiga olgan vositalar, PrS tiplari haqidagi bilimlar uchun - predmetga mo'ljallangan vositalar kabi qobiq va muhitlarni kiritamiz.

Dasturlash paradigmalariga protsedurali, ma'lumotlarga, qoidalarga va obyektga mo'ljallangan dasturlashlar kiradi. *Protsedurali dasturlash* jarayon(lar)ning deterministik harakatlar ketma-ketligini tavsiflash uchun ishlatiladi. *Ma'lumotlarga mo'ljallangan dasturlash* ma'lumotlarga murojaat qilishda ishlatiladi. *Qoidalarga asoslangan paradigmada* "shart-harakat" qoidalari aniqlanadi va ular yordamida MBdagi timsol(obraz) BBdagi namunaviy timsol bilan solishtiriladi. *Obyektga mo'ljallangan paradigma* lokal proseduralar va lokal qiymat(o'zgaruvch)larga ega bo'lgan obyektlar deb ataladigan tushunchalar atrofida tashkillashtiriladi. Bu yerda xatti-harakatlar obyektlar orasidagi xabarlarni bir-biriga jo'natish orqali amalga oshiriladi. Obyekt xabarni olib, lokal protseduralar va qiymatlar asosida ushbu habarni lokal ravishda o'zgartiradi. *Kognitiv grafikli tizimlar* intellektual dasturlashning yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. U matnli va ko'rinishga ega bo'lgan obyektlar haqidagi bilimlar asosida ularni aniqlash bilan shug'ullanadi. Bu yo'nalish juda istiqbolli bo'lib, kelajakda bu sohada masalalarni yechishning yangi uslublari va ularni yechishning yangi texnologiyalari yaratiladi.

SITlarini qurishning turli yondashuvlari. SITlarini qurishning quyidagi mavjud yondashuvlarini keltiramiz:

1) *Mantiqiy yondashuvda* model uchun asos sifatida Bul algebrasi xizmat qiladi. Bul algebrasining rivojlanishi predmet belgilar, ular orasidagi munosabatlar, mavjudlik va ixtiyoriylik kvantorlarini o'z ishiga olgan predikatlar mantiqi hisobiga kengaydi. SIning har bir tizimining ishlashi asosan mantiqiy qoidalarga asoslangan. Bunga misol sifatida teoremlarni isbotlashni keltirish mumkin. Bu yondashuv 3-bobda tavsivlangan.

2) *Strukturali yondashuvda* inson miyasining tuzilishini modellashtirish asosida SIning qurish masalalari qaraladi. Bunday modelni qurishga misol sifatida Rozenblatt perseptronini, xatoliklarni teskari tarqalishiga asoslangan NTlar, Hopfield NTlar va stoxastik NTlarini keltirish mumkin (6-bobda bayon etilgan).

3) *Evolutsionli yondashuvda* SIning qurish masalalarida asosiy e'tibor boshlang'ich modellar va qoidalarni qurishga qaratiladi va undan

keyin ular asosida SI ni qurish evolyutsiyali (uzluksiz rivojlanish) shaklda rivojlanadi. Bu rivojlanish turli tipdagi usullarni o'z ichiga oluvchi yangi modellarni qo'llash bilan amalga oshiriladi. Masalan, NTlar modeli, mantiqiy qoidalar nabori va boshqa ixtiyoriy modellar bo'lishi mumkin (9 va 10-bobda keltirilgan).

4) *Imitatsiyali yondashuvda* insonning boshqalardan nusxa olish qobiliyati, ya'ni boshqalar nima qilayotgan bo'lsa, xuddi ularga o'xshab bajarishni amalga oshirish modellashtiriladi. Ko'p hollarda nusxa olish qobiliyati insonga biror ishni bajarishda vaqtni kam sarflashga olib keladi.

3.3. Sun'iy intellekt tizimlarini sinflash

Muammolarni maqsadli tavsiflash uchun SI tizimlarini sinflashning eng muhimlarini keltiramiz.

A.V. Andreychikov va O.N. Andreychikova SITlarni quyidagicha sinflashni taklif qiladi [31]:

1) *Intellektual axborot tizimi* - muammolarni hal qilish uchun yuqori malakali ekspertlar bilimlarini o'rganish va qo'llashdir. Bunday tizimlarning xususiy holi sifatida ETlarni keltirish mumkin (4-bobda keltirilgan).

2) *Tabiiy tilli interfeys va mashinali tarjima*. Bu tabiiy tilda insonning kompyuter bilan aloqa jarayonini amalga oshirishni ta'minlaydigan tizimlarni ishlab chiqish va usullarni tadqiqot qilishdan iborat.

3) *Nutqni generatsiya qilish va tanib olish*. Ovozli aloqa tizimlari kompyuterga axborot kiritish tezligini oshirish, shuningdek, masofadan turib ivozli muloqotni amalga oshirish uchun yaratilgan.

4) *Vizual axborotlarni qayta ishlash*. Bunday tizimlarda tasvirni qayta ishlash, tahlil qilish va sintez qilish masalalari yechiladi (9-bobda keltirilgan).

5) *O'rgatish va o'zini-o'zi o'rgatish*. Ma'lumotlarni tahlil qilish va umumlashtiruvchi protseduralardan foydalangan holda bilimlarni yig'ish va shakllantirishni avtomatlashtirish uchun modellar, usullar va algoritmlar yaratish.

Bu tizimlarga Data-mining, Knowledge, Discovery va boshqalar kiradi.

6) *ITO*. Obyektlarni belgilari asosida o'rganish jarayonida sinflarga xos belgilarni topish va ular asosida yangi obyektlarning

oldindan berilgan sinflarning qaysi biriga tegishli ekanligini aniqlash yoki obyektlarni avtomatik ravishda sinflarga ajratishdan iborat.

7) *O'yinlar va mashinali ijod qilish*. Mashinali ijod qilish - bu musiqalar, rasmlar va grafikalar, she'rlar, badiiy asarlar, yangi obyektlarni kashf etish, intellektual kompyuter o'yinlarini yaratish uchun mo'ljallangan mashinali dasturlar.

8) *SI tizimlarining DTi*. SI tizimlarini yaratishning instrumental vositalariga- belgili axborotlarni qayta ishlash (LISP, SMALLTALK), mantiqiy dasturlash tillari (PROLOG, LISP, CLIPS, EKLIPS, PLANNER, MERKURY, ALISE, KL0, ShapeUp), bilimlarni tavsiflash tillari (OPS-5, KRL, FRL), instrumental vositalardan iborat integrallashgan dasturiy muhitlar (KE, ARTS, GURU, G2), shuningdek, ekspert tizimning qobig'lari (BUILD, EMYCIN, EXSYS, Professional, ЭКСПЕРТ) kiradi.

9) *Yangi kompyuter arxitekturas*i. Bu belgili axborotlarni qayta ishlashga qaratilgan Fon Neyman arxitekturasiga asoslanmagan kompyuterlarni yaratish. Hozirgi vaqtda parallel va vektorli kompyuterlar mavjud.

10) *Intellektual robotlar*. Hozirgi vaqtda qat'iy sxemali boshqarishga ega dasturlashtiriladigan manipulyatorlar ishlatiladi.

4-§. Sun'iy intellektni turli sohalarga tadbiqu

SI ning qo'llanilish sohalariga teoremlarni isbotlash, o'yinlar, TTO, QQQ, adaptiv (moslashuvchan) dasturlash, mashinada musiqalarini bastalash, tabiiy tilda ma'lumotlarni qayta ishlash, o'rgatuvchi NTlar, og'zaki kontseptual o'qitish kabilar kiradi.

TTO SIning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib, u nazariy va amaliy jihatdan bu sohani rivojlantirishda muhim ro'l o'ynadi. TTO yo'nalishida obyektlar, hodisalar, jarayonlar o'rganiladi va natijada tanib olish, sinflash, klasterlash va bashoratlash kabi masalalar echiladi. Jumladan, Rossiyada RASPOZNAVANIE dasturiy tizimi ishlab chiqilgan bo'lib, u ko'plab amaliy masalalarni yechishda qo'llanilgan va amaliyotga quyidagi masalalarni echishga tadbiqu etilgan [16].

Biznes va va moliya sohasida - kvartiralarining narxini baholash, kreditli kartochkalarni nazorat qilish va harakatdagi obyektlarni tanib olishda.

Tibbiyotda va sog'liqni saqlash sohasida - aholini yoshi bo'yicha klasterlashda, ko'krak rakini aniqlashda, insultga tashxis qo'yish, yurak

tomirlariga tashxis qo'yish, sariq kasalligini bashoratlash va qandli diabet kasalligini bashoratlash.

Texnik tashxis qo'yish sohasida - dvigatellarning yaroqli yoki yaroqsizligini aniqlashda, texnik qurilmalarning holatini nazorat qilishda.

Qishloq xo'jaligi sohasida - ekin maydonlarining holatini aniqlashda va mevalarni o'lchoviga qarab taxlashda.

Geologiya sohasida - kam uchraydigan metallar va neft qazilmalarini aniqlash, foydali qazilmalarining holatini aniqlash.

Tasvirlarni qayta ishlash sohasida - qo'lyozma raqamlarni, harflarni va simvollarni tanib olish, shaxs imzolarini tanib olish, biometrik belgilar – barmoq izlari, qo'l, yuz, quloq, ko'z tasvirlarini tanib olish, tasvirlar ketma-ketligida dinamikani segmentlash va tanib olish.

ETlar - bu SIning amaliy tizimlari bo'lib, u nazariy jihatdan bu sohani rivojlantirishda muhim ro'l o'ynadi. ETlar SI g'oyalari va usullariga asos bo'lib, unda bilimlar, ma'lumotlar yig'indisi va ular yordamidagi boshqaruv tizimlari hamda mantiqiy qidiruv, assotsiativ, hisoblash amallari va bilimlar manbai aniq bir ko'rinishda ishlatiladi.

Hozirgi vaqtda ETlar *tibbiyotda* - ichak, sil va gipertonik kasalliklarning turli shakllariga tashxis qo'yishda; *harbiy sohada* – samolyot yerga qo'nishida uchuvchiga yordam berishda, analitikka tutuvchi signalni jo'natgan radar turini aniqlashda, xaritada o'zgarish kiritish bo'yicha kartografik ishlarni amalga oshirishda, raqiblarning buyruq beruvchi markazlari, boshqaruvi va aloqalarining razvedka qilinganida olingan natijalarni qayta ishlashga yordamlashishda, raqibning radioalmashish razvedkasi sohasida vaziyatni baholashni amalga oshirishda va razvedkadagi analitiklarga keyingi qurolli to'qnashuv qachon va qayerda bo'lishini bashorat qilishda; *informatikada* – MBni ishlab chiquvchi va MBning konseptual sxemasini aniqlovchi mutaxassislariga yordamlashishda; *kompyuter tizimlarida* - lokal tizimlarni loyihalashda va katta EHMdagi katta razryadli MVT operatsion tizimlarni boshqarishda; *elektronikada* – telefon tarmog'idagi nosozliklarni aniqlashda, uni sozlash va tiklash chora-tadbirlari bo'yicha tavsiyalar berishda; *energetikada* – energetik tizimlarda ishdan chiqish holatlarini aniqlash va tuzatishda; *geologiyada* – foydali qazilmalarni topishda va holatini aniqlashda; *qishloq xo'jaligida* – mevali bog'larga qarashga maslahat berishda; *matematikada* – teoremlarni isbotlashda va algebraik ifodalarni

soddalashtirishda; *kimyoda* – murakkab organik molekularlar strukturalarini anglashda; *biologiyada* – DNK strukturasini aniqlashda keng va samarali tadbiriq etilmoqda.

SITlari kelajakda *qishloq xo`jaligida* - ekinlarni zararkunandalardan himoya qilishi, daraxtlarni kesishi va tanlash xususiyatiga asoslanib parvarishlashni ta`minlashi; *tog` sanoatida* - insonlar uchun o`ta xavfli bo`lgan sharoitlarda ishlashi; *ishlab chiqarishda* - yig`ish va texnik nazoratning turli xil masalalarini bajarishi; *tashkilotlarda* - jamoa va alohida xodimlar uchun jadval tuzishi, yangiliklar haqida qisqacha ma`lumot berish bilan shug`ullanishi; *o`quv yurtlarida* - talabalar yechadigan masalalarni ko`rish, undagi xatolarni qidiruv va ularni bartaraf qilish masalarini hal qilishi, talabalarni hisoblash tizimlarining xotirasida saqlanadigan superdarsliklar bilan ta`minlashlari; *kasalxonalarda* - be`morlarga tashxis qo`yish, ularni kerakli bo`linga yuborish va davolash davomida ularga maslahatlar berishi va nazorat qilishi; *uy ishlarida* - ovqat tayyorlash, mahsulot harid qilish bo`yicha maslahatlar berishi, uyning va bog`dagi gazonlarning holatini nazorat qilish kabi masalalarni amalga oshirishi lozim. *Uy ishlarida* HMLari ovqat tayyorlash, mahsulot harid qilish bo`yicha maslahatlar berish, uyning va bog`dagi gazonlarning holatini nazorat qilishi kerak.

5-§. O`zbekistonda intellektual tizimlarning rivojlanishi

Vatanimizda Norma kompaniyasi tomonidan amaliy buxgalteriya, kichik korxona elektron buxgalteriya, amaliy soliq to`lovlari, «A» dan «Ya»gacha tekshiruv, kadrlar bo`yicha maslahatchi, soliqlar bo`yicha savollar va javoblar, eksport-import operatsiyalari, tashkilot yuristish, qurilish, kichik korxona uchun hisob, soliq va huquq, aqlli bichish-tikish, mohir taxlam va b.q ET lar ishlab chiqilgan. Har xil qo`llanishga mo`ljallangan intellektual robotlarni yaratish borasida 50 dan ortiq mamlakatlarda, jumladan, O`zbekistonda ham tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, «Rossiya ko`rgazmalar markazi»da

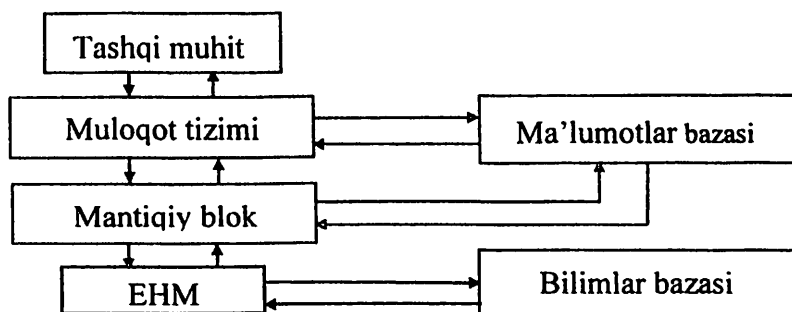


1.6-rasm. "Robotjon" va "Mikro-Robotjon"

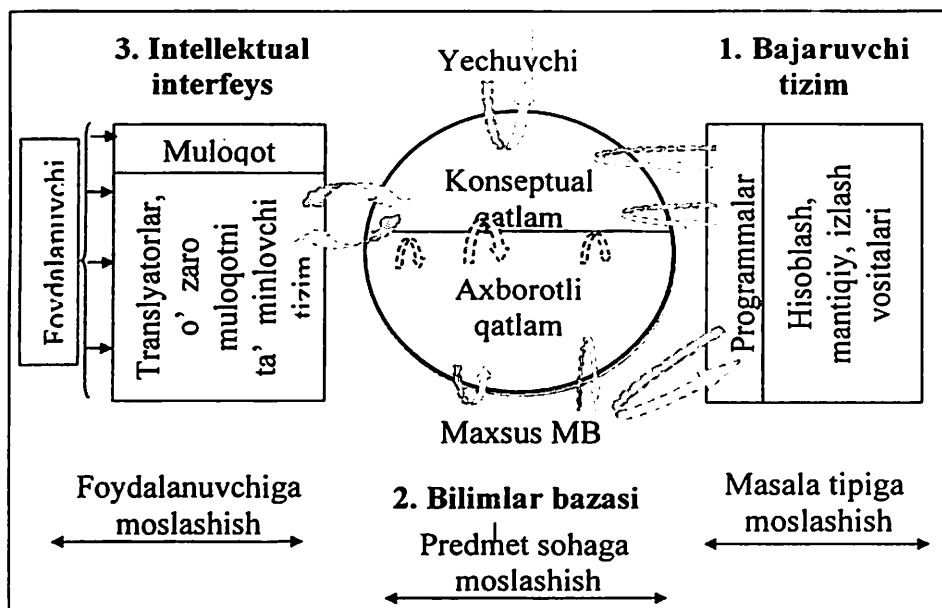
2014 yilda ACP Geek Picnic ko'rgazmasida Ozbekistonliklar kichik robotlar, uchuvchi moslamalar, gumanoid robotlar, mega robotlar, 3D-printerlarda robot qismlarini yasash, mini-sumo va mikro-sumo turlarida "Robotjon" hamda "Mikro Robotjon" bilan qatnashdi va Mikro Robotjon musobaqada «Eng texnologik robot» deb topildi (1.6-rasm).

6-§. Sun'iy intellektning asosiy tarkibiy qismlari va arxitekturasi

Sining tarkibiy qismlari 1.7-rasmdagidek keltirish mumkin. SI tizimlaridan PrSga, masala tipiga va foydalanuvchiga moslashish nuqtai-nazaridan foydalanishning funksional strukturasi 1.8-rasmda keltirish mumkin. Bu struktura uchta hisoblash vositalari majmuasidan tashkil topgan. *Birinchi majmua* masalani samarali yechish nuqtai nazaridan loyihalangan dasturni bajaruvchi vositalar majmuidan tashkil topgan, ba'zi hollarda muammoli yo'nalishga ega. *Ikkinchi majmua* - keng doiradagi foydalanuvchilar talablariga tez moslashuvchi strukturaga ega bo'lgan intellektli interfeys vositalari majmui. *Uchinchi vositalar majmui* birinchi va ikkinchi majmuaning o'zaro aloqasini ta'minlaydigan BB hisoblanadi. *Bajaruvchi tizim* shakllangan dasturni bajarishni ta'minlaydigan barcha vositalar majmuini birlashtiradi. *Intellektual interfeys* - dasturiy va instrumntal vositalar tizimi bo'lib, foydalanuvchilar uchun ularning kasbiy faoliyatida vujudga keladigan masalalarni yechishda kompyuterni qo'llashni ta'minlaydi. BB - boshqa komponentalarga nisbatan markaziy o'rinni egallaydi. Chunki BB orqali masalani yechishda ishtirok etadigan hisoblash tizimlari vositalarining birlashuvi amalga oshiriladi.



1.7- rasm. Sining tipik sxemasi.



1.8-rasm. SI tizimlarini qo'llashning funksional strukturası.
1-3. Sun'iy intellektning asosiy xususiyatlari

SI asosan formallashtirmagan masalalarni echish uchun mo'ljallangan. *Formallashtirmagan masalalar* odatda quyidagi xususiyatlarga ega bo'ladi [7]:

- xatolikli, birxilliksiz, to'liqmaslik va boshlang'ich ma'lumotlarning qarama-qarshilikligi;
- xatoli, muammo haqidagi bilimlarning to'liqmasligi va qarama-qarshilikligi;
- yechim fazosi o'lchamining kattaligi, ya'ni yechimni qidiruvda birma-bir tekshirishning katta bo'lishi;
- ma'lumotlar va bilimlarning dinamik o'zgaruvchanligi.

Sining *muhimligi* quyidagilardan iborat [7]:

- SI texnologiyalari kompyuterda yechiladigan va yechimi iqtisodiy samara olib keladigan amaliy masalalar ko'lamini oshiradi;
- SI texnologiyalari murakkab sohalarni qayta ishlashda yuqori sifat va uzoq muddatlilikga erishish;
- bir necha marta qayta ishlashlar sifatini boshqaruvchi murakkab tizimlarni yo'naltirishdagi yuqori sifat;

-SI texnologiyalari bilan an'anaviy dasturlashtirish texnologiyalarini birlashtirganda: dasturchi tomonidan emas, foydalanuvchi tomonidan sohaning dinamik modifikatsiyalarini ta'minlash; sohalarning yanada «silliqligi»; yaxshi grafika, interfeys va o'zaro ta'sir hisobiga dasturiy mahsulotga yangi sifatlar qo'yiladi.

SIT ni *yutuqqa* olib kelgan sabablar quyidagilar hisoblanadi [7].

Integrallashganlik. SIning boshqa axborot vositalar (Computer Aided Software Engineering (CASE) - dasturiy ta'minotni avtomatik yaratish, MBni boshqarish tizim (MBBT), kontroller, berilganlar kontsentratori va boshqalar) bilan oson integrallashadigan texnik vositalari ishlab chiqilgan.

Ochiqlilik va ko'chimlilik. SI ning texnik vositalari ochiqlik va ko'chimni ta'minlaydigan standartlarni kuzatish orqali ishlab chiqiladi.

An'anaviy dasturlashtirish tillari va ishchi stansiyalardan foydalanish. SI tizimlarida Lisp, Prolog va boshqa texnik vositalardan an'anaviy dasturlashtirish tillariga(C, C++ va boshqalar) o'tish integrallash ta'minotini qisqartirdi, EHM da operatsiya bajarish tezligini oshirdi va operativ xotira hajmini kamaytirdi. Ishchi stansiyalardan foydalanish sohalari doirasini kengaytirdi.

Mijoz-server arxitekturasini. Mijoz-server arxitekturasini bo'yicha taqsimlangan hisoblashlarni qo'llab-quvvatlaydigan SIning sohalari ishlab chiqarilgan. Ular qurilmalar qiymatini tushiradi, ishonchni va umumiy ishlab chiqarishni yuksaltiradi.

Muammoli sohaga mo'ljallangan ITlar. Umumiy masalalarni yechishga mo'ljallangan ITlardan muammoli, fanga mo'ljallangan ITlarga o'tish, sohalarni qayta ishlash muddatini qisqartiradi, sohalardan foydalanish samaradorligini oshiradi, ekspert ishini tezlashtiradi va osonlashtiradi hamda axborot va DTdan (obyektlar, sinflar, qoidalar, protseduralar) qayta foydalanishni ta'minlaydi.

8-§. Intellektual agentlar

8.1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Agent tushunchasining aniq ta'rifi bugungi kungacha mavjud emas. Asosan agentning ta'rifi sifatida 1996 yilda Tokiyada lingvistik bo'yicha o'tkazilgan xalqaro konferensiyada qabul qilingan quyidagi ta'rifdan foydalaniladi: "Agent-bu qandaydir muhitda joylashgan, uni o'zgartiradigan va ushbu muhitga ta'sir etadigan buyruqlarni bajaruvchi

hisoblanadi. Agent dastur va apparat kabi tarkibiy qismlardan iborat bo'ladi" [37].

Agentning aniq ta'rifi hozirgacha mavjud emasligini hisobga olib, quyida agentning ba'zi bir ta'riflarni keltiramiz [37].

Agent - bu apparatli yoki dasturiy tarkibiy qismlardan iborat bo'lib, u sohib yoki foydalanuvchi tomonidan qo'yilgan maqsadga erishish uchun harakat qilish qobiliyatiga ega.

Agent sifatida *inson* qaralganda maxsus qurilmalar sifatida - uning ko'zi, qulog'i va his etish a'zolari hisobga olinadi, bajaruvchi mexanizmlari sifatida esa - uning qo'li, oyog'i, og'zi va tanasining boshqa qism a'zolari qaraladi. Agent sifatida *robot* qaralganda maxsus qurilmalar sifatida - undagi videokameralar va masofa o'lchagich dalnomerlar hisobga olinadi, bajaruvchi mexanizmlari sifatida esa - undagi turli xil dvigatellar qaraladi. Agent sifatida *dasturiy ta'minot (DT)* qaralganda kiruvchi sensorli ma'lumotlar sifatida fayllarni va tarmoqli paketlarni o'zida saqlovchi klavishalarni bosish kodlari qatnashadi, unig muhitga ta'sirini esa ma'lumotlarni ekranga chiqaruvchi, fayllarni yozuvchi va tarmoqli paketlarga uzatuvchi DTlar bilan ifodalanadi.

IA - bu axborotlarni yig'ish va qayta ishlash jarayonida hamda maqsadli yo'nalishida axborotlar fazosi ichida avtonom harakat qiluvchi inson harakatini modellashtirishdir. IAning muhim *xususiyati* - uning axborotlar noaniq, noravshan va qarama-qarshi bo'lganda harakat qila olish qobiliyatiga ega ekanligidir.

"Agent" va "Intellektual agent" atamaları ikkita ma'noga ega va bu ba'zan chalkashlikka olib keladi. *Slida IA sifatida* shunday mazmunlar tushuniladiki, ular jarayonlar holati haqidagi ma'lumotlarni sensorlar yordamida oladi va bu ma'lumotlarga aktuatorlar orqali ta'sir etadi. *IA - bu dasturiy tizim, murakkab avtomatlashtirilgan tizim bo'lishi mumkin, masalan texnologik, logistik, iqtisodiy yoki ixtiyoriy boshqa jarayonlarni kompleks boshqaruv.* Agar agentning muhit bilan o'zaro aloqasi qo'yilgan talablar darajasida adekvatli bo'lsa, u holda agentning intellektualligi to'g'risida gapirish mumkin.

Kompyuter fanida *IA - bu kompyuter foydalanuvchisi tomonidan uzoq vaqt davomida belgilangan vazifani mustaqil ravishda bajaradigan dastur.* IAlar operatorga yordam berish yoki ma'lumot to'plash uchun ishlatiladi. Agentlar bajaradigan vazifalarning bir misoli - Internetda doimiy ravishda qidirish va kerakli ma'lumotlarni to'plash. Kompyuter viruslari, botlar, qidiruv robotlari - bularning barchasi

IAlar ham tegishli bo'lishi mumkin. Bunday agentlar, har qanday boshqalar singari, masalan, Google qidiruv tizimida NTLari tomonidan amalga oshiriladigan murakkab algoritmgaga ega. Ushbu nuqtai-nazardan intellektual deganda, masalan, qidiruv so'rovlari va ularni berish natijalarini tahlil qilish natijalari bilan o'zaro bog'lanish imkoniyati tushuniladi. Bitta kompyuter yoki lokal tarmoqda UNIX operatsion tizimlarida IA sifatida demon qatnashadi.

Informatika va SI sohasidagi IAlar har qanday jismoniy yoki virtual birliklar sifatida tushuniladi [7]:

- ma'lum bir muhitdagi narsalarga, boshqa agentlarga, shuningdek o'zlariga (harakatlarga) ta'sir ko'rsatishga qodir;
- boshqa agentlar bilan aloqa qilish imkoniyati (aloqa);
- ba'zi ehtiyojlardan kelib chiqqan holda va maqsadlarni belgilashga qodir (ehtiyoj-maqsad bazasi);
- e'tiqod, istak, niyat kabi xarakterli xususiyatlarga ega bo'lish;
- muayyan majburiyatlarni o'z zimmasiga olish va bir qator xizmatlarni taqdim etish (majburiyatlarning mavjudligi);
- o'z manbalariga ega bo'lish, ularning avtonomligini ta'minlash;
- muhitni idrok etishga qodir (cheklangan o'lchamdagi idrok);
- ushbu muhitni idrokiga qarab qisman vakillikni yaratishga qodir, ya'ni. sezgi qobiliyatlari va qobiliyatlari (muhitning mahalliy vakili);
- o'rganish, evolyutsiya va moslashishga qodir;
- o'zini o'zi tashkil qila oladigan va o'zini o'zi qayta tiklashga qodir.

8.2. Intellektual agentlarning xususiyatlari, arxitekturasini va klassifikatsiyasi

IAlar quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak:

- mustaqillik - sohibning ishtirokisiz o'zining shaxsiy harakatlarini va ichki holatini nazorat qilish hamda faoliyat yuritish qobiliyatiga egaligi;
- faollik - tashkillashtirish va amalga oshirish qobiliyatiga egaligi;
- kirishimlilik - boshqa agentlar bilan o'zaro bog'lanishni va aloqani yo'lga qo'yishga egaligi;
- reaktivlik - tashqi muhit holatini adekvatli idrok etish va unung o'zgarishiga ta'sir etish qobiliyatiga egaligi;
- maqsadga yo'naltirilganlik - shaxsiy dalillarini aniq maqsadga yo'naltirish qobiliyatiga egaligi;

- bazaviy bilimlarning mavjudligi - o'zi, boshqa agentlar va tashqi muhit haqidagi bazaviy bilimlarga egaligi;
- ishontrish - vaqt o'zgarishi bilan BBning qismi o'zgarishiga osontirish qobiliyatiga egaligi;
- intilish - aniq maqsadga ishtiyoq qobiliyatiga egaligi;
- niyat (maqsad) - o'zning majburiyatlarini yoki hohishlarini bajarishi uchun agent tomonidan rejalashtirilgan harakatlarning mavjudligi;
- majburiyatlilik - bir agentning boshqa agentlar tomonidan qilingan iltimos yoki topshiriqlarni bajarish masalalari.
- rostgo'ylik - chin ma'lumotlarni yolg'onga almashtirmaslik qobiliyatiga egaligi;
- xayrixohlik (mehribonlik) - agent o'zining oldiga qo'ygan shaxsiy masalasini yechishda boshqa agentlar bilan qarama-qarshiliklarning oldini olish maqsadida ular bilan hamkorlikda ishlash qobiliyatiga egaligi;
- al'truizm - shaxsiy manfaatlaridan umumiy maqsadlarni ustun qo'yish qobiliyatiga egaligi;
- harakatchanlik - agentning tarmoqda kerakli axborotlarni qidirishni amalga oshirish qobiliyatiga egaligi.

Faqatgina dunyoning rasmini ramziy shaklda aniq tasvirlaydigan va rasmiy mulohaza va taqqoslash usullaridan foydalangan holda qaror chiqaradigan arxitektura va agentliklar odatda maslahatchi (1-yondashuv) deb belgilanadi.

Alohida agentlarning va butun tizimning ishlashi "vaziyat-harakat" tipidagi qoidalarga muvofiq amalga oshiriladigan agentlar va arxitekturalar reaktiv deb nomlanadi. Bunday holda, vaziyat ichki va tashqi holatlarning potentsial murakkab kombinatsiyasi sifatida tushuniladi (2-yondashuv).

Agent arxitekturası. Agentlar arxitekturası agentning funksional komponentalariga qo'yilgan va ish jarayonida uning komponentalarini o'zaro aloqasini tashkillashtirishning qabul qilingan usullari strukturasi ko'rinishiga qarab sinflashtiriladi.

Agentlar arxitekturalarini bazaviy sinflash qabul qilingan arxitekturalarga asoslanadi. Bunga ko'ra agentlar arxitekturası ikkita sinfga ajratiladi:

- bilimlarga asoslangan agentlar arxitekturası - "Intellectual agent arxitekturası";

- tashqi olam hodisalarini hisobga oluvchi tizimlar harakatiga asoslangan agentlar arxitekturasida - "Reaktivli arxitektura".

Qoidaga ko'ra agent arxitekturasida ko'ppog'onali sxemada ifodalanadi. Ko'ppog'onali arxitektura har bir pog'ona agentlarning turli xil, ya'ni tashqi hodisalarni idrok etish va ularga oddiy ta'sir etish kabi funksional xarakteristikalarini ifodalaydi. *Funksional xarakteristikalar*ga munosabat bildirish, maqsadlarni boshqaruv, boshqa agentlar munosabatiga qarab harakatni boshqarish, agentning ichki holatini yangilash, tashqi olam holatini bashoratlash, navbatdagi qadamda o'zining harakatini aniqlash va h.k. kiradi.

Agent arxitekturasida ko'p uchraydigan pog'onalar harakatlarni qabul qilish va bajarish, reaktivli va kooperativli munosabatlarni, lokal rejalashtirishni amalga oshirish, tashqi muhitni modellashtirish, maqsadni shakllantirish va agentni o'rgatish kabi masalalarga mas'ul hisoblanadi.

Agentlar klassifikatsiyasi. Har bir jamoa yoki muallif tomonidan masalaning yechimi, yaratilayotgan ishlanma, joriy etish texnikasi va o'rnatilgan mezonlar kabi parametrlarni hisobga olishiga qarab agentlarni avtonom agentlar, maxsus assistentlar, IAlar, sotsial agentlar kabi sinflarga ajratish mumkin [37]. Tashqi olamni ichki tasvirlash imkoniyat darajasi va agentlarning harakat uslublariga qarab ularni lokalli, tarmoqli, mobilli, interfeysli, transliyatsiya qiluvchi va marshrutlovchi agentlar kabi sinflarga ajratish mumkin [37].

8.3. Agentning samaradorlik ko'rsatkichlari, ratsionalligi va muammoli muhit

Samaradorlik ko'rsatkichlari. Samaradorlik ko'rsatkichlari agentning muvaffaqiyatli xatti-harakatlarini baholash mezonlarini o'z ichiga oladi. Agent muhitga kirishgandan so'ng, u qabul qilingan idrokka mos keladigan harakatlar ketma-ketligini ishlab chiqadi. Ushbu harakatlar ketma-ketligi muhitni holatlar ketma-ketligidan o'tishga majbur qiladi. Agar ushbu ketma-ketlik xohishingizga mos tushsa, u holda agent yaxshi ishlaydi. Albatda, barcha agentlar uchun mos keladigan bitta doimiy ko'rsatkich bo'lishi mumkin emas. Alohida agentning o'z ishidan qoniqaanligi haqidagi subyektiv fikrini bilish mumkin, ammo ba'zi agentlar bunday savolga javob bera olmaydilar, boshqalari esa o'zlarini aldashni ma'qul ko'radilar. Shu sababli, obyektiv samaradorlik ko'rsatkichlaridan foydalanishni doimiy ravishda

izlash kerak va odatda agentni qurishni loyihalovchi bunday ko'rsatkichlarni e'tiborga oladi.

Umumiy qoida sifatida shuni ko'rsatish kerakki, bunda samaradorlik ko'rsatkichlarini ishlab chiqishda agent loyihalovchi fikri bilan emas, balki ushbu muhitda haqiqatdan nimaga erishish kerakligini hisovga olishi kerak.

Agentning ratsionalligi. *Ratsional agent* - bu to'g'ri harakat qiladigan kishi. Birinchi taxmin sifatida biz to'g'ri harakat - bu agentning eng muvaffaqiyatli ishlashini ta'minlaydigan harakat deb aytishimiz mumkin. Shuning uchun muvaffaqiyatni o'lchashning ma'lum bir usuli talab qilinadi. Muvaffaqiyat mezonlari muhitning tavsifi bilan bir qatorda, agentning sensorlari va aktuatorlari agent oldida turgan vazifalarning to'liq spetsifikatsiyasini ta'minlaydi. Ushbu tarkibiy qismlar yordamida biz "ratsional" so'zi nimani anglatishini aniqroq aniqlashimiz mumkin.

Har qanday vaqtda, agentning harakatlarining mantiqiyligini baholash quyida keltirilgan to'rt omilga bog'liq [37]:

- 1) Muvaffaqiyat mezonlarini belgilaydigan ishlash ko'rsatkichlari;
- 2) Agentning muhit to'g'risidagi ilgari olingan ma'lumotlari;
- 3) Agent tomonidan bajarilishi mumkin bo'lgan harakatlar;
- 4) Agentning idrok etish harakatlarining ketma-ketligi.

Ratsional agent o'rganish va avtonom bo'lish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak.

Ushbu omillarni hisobga olgan holda, ratsional agentning quyidagi ta'rifi shakllantirilishi mumkin: *idrok qilish harakatlarining har bir ketma-ketligi uchun, ratsional agent ushbu idrok aktlari ketma-ketligi va barcha mavjud bilimlarni hisobga olgan holda, o'z ko'rsatkichlarini maksimal darajada oshirishni kutadigan harakatni tanlashi kerak.*

Ratsionallik - bu kutilgan ko'rsatkichni oshirish, mukammallik esa haqiqiy ish samaradorligini oshirish hisoblanadi.

Ratsional agent nafaqat ma'lumot to'plashi kerak, balki u qabul qiladigan ma'lumotlardan iloji boricha ko'proq narsani o'rganishi kerak. Agar agent o'z idrokiga emas, balki o'z dizaynerining dastlabki bilimlariga tayanadigan daraja juda yuqori bo'lsa, unda bunday agent yetarli darajada avtonomiyaga ega bo'lmaydi. Ratsional agent avtonom bo'lishi kerak, ya'ni u apior bilimi to'liq bo'lmagan yoki noto'g'ri bo'lgan holatda uni kompensatsiya qilish uchun hamma narsani o'rganishi kerak.

Muammoli muhit. Ratsionallik tushunchasini anglab olganimizdan keyin avvalo ratsional agent "echim" sifatida xizmat qiladigan muammoli muhit nima ekanligini aniqlash kerak. Muayyan agent dasturiga eng mos keladigan loyihani tanlash bevosita ko'rib chiqilayotgan muammoli muhit turiga bog'liq bo'ladi.

Yuqorida oddiy agentning ratsionalligini o'rganishda biz *samaradorlik ko'rsatkichlari*, *muhitni hamda agentning bajaruvchi mexanizmlari* (aktuatorlari) va *datchiklarini* aniqladik. Ushbu omillarning barchasini muammoli muhit deb tavsiflaymiz va uni PEAS (Performance (samaradorlik), Environment (muhit), Actuators (bajaruvchi mexanizmlar), Sensors (datchiklar)) deb belgilaymiz [37]. Har qanday agentni loyihalashtirishning birinchi bosqichi har doim imkon qadar to'liqlilikka ega bo'lgan muammoli muhitni aniqlashdan iborat bo'lishi kerak.

1.1-jadvalda bir nechta agentlar uchun PEASning asosiy elementlari keltirilgan. 1.1-jadvaldagi taksi haydovchisining muammoli muhiti (PEAS) misolidan ko'rinib turibdiki, birinchi navbatda avtomatlashtirilgan haydovchi faoliyatini rag'batlantiradigan ishlash ko'rsatkichlarini aniqlashi kerak.

Kerakli sifatga erishishga istalgan maqsadga muvaffaqiyatli etishish, yoqilg'i sarfini minimallashtirish, safar davomiyligi va / yoki narxini minimallashtirish, yo'l harakati qoidalarini buzish va boshqa haydovchilar bilan kesishishni minimallashtirish, yo'lovchilar xavfsizligi va qulayligini maksimal darajada oshirish va foydani ko'paytirish kabilar kiradi.

Slda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammoli muhitning turli xil variantlari bor. Muammoli muhit variantlari quyidagilardan iborat [37]:

1. *To'liq kuzatish yoki qisman kuzatish.* Agar agent sensori unga har qanday vaqtda muhitning holati to'g'risida to'liq ma'lumot olish huquqini beradigan bo'lsa, unda bunday muammoli muhit to'liq kuzatiladigan deb nomlanadi. Aslida, muammoli muhit to'liq kuzatiladi deb hisoblanadi, agarda agent harakatni tanlashi uchun sensorlar barcha relevantli ma'lumotlarni aniqlasa. Relevantlik, o'z navbatida, samaradorlik ko'rsatkichlariga bog'liq. Shovqin keltirib chiqaradigan va noaniq sensorlar tufayli yoki uning holatining ba'zi xususiyatlari sensorlardan olingan ma'lumotlarda yo'qligi sababli muhit *qisman kuzatilishi* mumkin, masalan, avtomatlashtirilgan taksi haydovchisi boshqa haydovchilar qanday harakatlarni amalga oshirishni rejalashtirishni bilishmaydi.

2. *Deterministik yoki stoxastik.* Agar muhitning keyingi holati hozirgi holat va agent tomonidan bajariladigan harakatlar bilan to'liq aniqlansa, unda bunday muhit deterministik, aks holda stoxastik deb ataladi.

1.1-jadval. Agent turlari va ularning PEAS tavsiflariga misollar.

Agent turi	Samaradorlik ko'rsatkichlari	Muhit	Bajaruvchi mexanizmlar	Datchiklar
Taksi haydovchisi	Qoida ramkasida xavfsiz va tez haydash hamda eng ko'p foyda olish.	Yo'llar, boshqa transport vositalari, piyodalar, mijozlar.	Rolli boshqaruv, gaz, tormoz, yoryg'lik signallari, ovozli signallar, display.	Videokameralar, masofani ultraovozli o'lchagich, boshqarish tizimi, dvigatel datchiklari.
Tibbiy diagnostik tizimi	Bemorni muvaffaqiyatli davolash, xarajatlarni minimallashtirish, sudga hech qanday sababning yo'qligi	Bemor, shifoxona, xodimlar	Savollar, testlar, tashxislar, tavsiyalar, ko'rsatmalarning xulosasi	Alomatlarining klaviatura orqali kiritilishi, laboratoriya tekshiruvi natijalari, bemorning javoblari
Sun'iy yo'ldosh tasvirlarini tahlil qilish tizimi	Tasvirlarni to'g'ri sinflash	Orbitaning sun'iy yo'ldoshida olingan ma'lumotlar-ni uzatish kanali	Tasvirning ma'lum bir qismini sinflash natijalarini displeyda chiqarish	Rangli ma'lumotlar-ga ega bo'lgan piksellar massivlar

3. *Epizodik yoki ketma-ket.* Epizodik muammoli muhitda agentning tajribasi bo'linmas epizodlardan iborat bo'ladi. Har bir epizod agentning muhitni idrok etishini va keyin bitta harakatni bajarishni o'z ichiga oladi. Keyingi epizod avvalgi epizodlarda qilingan harakatlardan mustaqil bo'lishi juda katta ahamiyatga ega. Sinflash masalalarining

ko'pchiligi epizodikli hisoblanadi. Masalan, detallarni yig'ish liniyasida nuqsonli detallarni aniqlovchi agent, oldingi qarorlardan qat'iy nazar, joriy detal uchun har bir qarorni shakllantiradi. Shuningdek, navbatdagi detalning nuqsonini aniqlash joriy holatda qabul qilingan qarorga bog'liq bo'lmaydi. Boshqa tomondan, *ketma-ketlik sharoitida* joriy qaror kelajakdagi barcha qarorlarga ta'sir qilishi mumkin. Shaxmat o'yini kabi masalalar ketma-ketlikga asoslanadi, ya'ni qisqa muddatli harakatlar uzoq muddatli oqibatlarga olib kelishi mumkin.

4. *Statik yoki dinamik*. Agar agent keyingi harakatni tanlash jarayonida muhit o'zgarishi mumkin bo'lsa, u holda bu muhit ushbu agent uchun dinamik, aks holda statik deyiladi. Agar muhitning o'zi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, lekin agentning ishlash ko'rsatkichlari o'zgarsa, unda bunday muhit yarim dinamik deb ataladi. Masalan taksi haydash muhiti dinamik, vaqt nazorati bilan shaxmat o'ynash muhiti yarim dinamik va krossvordli jumboqni hal qilish statik muhit hisoblanadi.

1.2-jadval. Muammoli muhit variantlari va ularning xarakteristikalariga misollar.

Muammoli muhit	To'liq kuzatiladigan (TK) yoki qisman kuzatiladigan (QK).	Deterministik (DM) yoki stoxastik (SX)	Epizodik (EP) yoki ketma-ket (KK)	Statik (ST), dinamik (DI) yoki polidinamik (PD)	Diskret (DK) yoki uzluksiz (UZ)	Bitta agent (BA) yoki ko'pagent (KA)
Taksi haydash	QK	SX	KK	DI	UZ	KA
Tibbiy diagnostika	QK	SX	KK	DI	UZ	BA
Tasvirni tahlil qilish	TK	DM	EP	PD	UZ	BA

5. *Diskret yoki uzluksiz*. Muhitning diskret va uzluksiz versiyalari o'rtasidagi farq muhitning holati, vaqtni qayd etish usuli va agentning idrok va xatti-harakatlariga bog'liq bo'lishi mumkin. Masalan, shaxmat o'yini singari diskret sharoitida chegaralangan sonlar mavjud. Taksi haydash faoliyati uzluksizdir (boshqaruv burchagini doimiy sozlash va boshqalar).

6. *Bitta agent yoki ko'p agent.* Krossvordli jumboqni mustaqil ravishda hal qiladigan agent bitta agentlik muhitida, shaxmat o'ynaydigan agent esa ikki agentlik muhitida ishlaydi. Biroq, ko'p agentli muhit tabiatda har xil bo'lishi mumkin. Masalan, shaxmatda B raqibi o'z ko'rsatkichlarini maksimal darajada oshirishga harakat qiladi va bu, shaxmat qoidalariga ko'ra, A agenti ko'rsatkichlarining minimallashtirishiga olib keladi. Shunday qilib, shaxmat raqobatbardosh ko'p agentlik muhitidir.

1.2 - jadvalda muhitga xos bo'lgan bir nechta variantlarning xususiyatlari keltirilgan.

8.4. Sun'iy intellektidagi intellektual agentlarning turlari

Intellektual agentlarning sinflari. Sida agentlarning bir nechta tipi mavjud. Masalan:

1. *Fizik agent* - bu muhit haqidagi axborotlarni sensorlar yordamida qabul qiladi va manipulyatorlar yordamida harakat qiladi.

2. *Vaqtli agent* - bu vaqt bo'yicha o'zgaradigan axborotlardan foydalanuvchi va ba'zi harakatlarni taklif etuvchi, yoki ma'lumotlarni kompyuter dasturiga yoki insonga taqdim etuvchi va axborotlarni dasturli kiritish orqali oluvchi hisoblanadi.

Agent tuzilmasi. Sining vazifasi - idrok va xatti-harakatlarni aks ettirishda agent funksiyasini ifodalovchi dasturlarni ishlab chiqishdan iborat. Bu holda dastur fizik datchiklar va bajaruvchi mexanizmlardan iborat hisoblash qurilmasi asosida ishlashi taxmin qilinadi. By komponentlar agentning arxitekturasini deb nomlanadi va agent tuzilmasi shartli ravishda quyidagi formula bilan belgilanadi:

$$\text{agent} = \text{arxitektura} + \text{dastur}$$

Arxitektura an'anaviy shaxsiy kompyuter bo'lishi mumkin yoki u videokameralar va boshqa datchiklarga ega robotlashtirilgan avtomashina sifatida amalga oshirilishi mumkin. Umuman olganda, arxitektura datchiklardan olingan idrok natijalarini dasturga, dasturni bajarishga va dastur tomonidan tanlangan harakatlar variantlarini ijro etuvchi mexanizmlarga o'tkazishni ta'minlaydi.

Agent dasturlari. Barcha agent dasturlar bir xil tuzilishga ega: ular datchiklardan joriy idrok etish natijalarini kirish ma'lumotlari sifatida qabul qiladi va tanlangan harakat variantini bajaruvchi mexanizmlarga (aktuatorlarga) qaytaradi. Agent dasturi kiruvchi ma'lumotlar sifatida faqat joriy idrok natijalarini oladi, chunki u o'z

muhitidan boshqa hech narsa o'rgana olmaydi. Deyarli barcha ITlarning asosini tashkil etuvchi dasturli agentlarning *oddiy refleksli, modellarga asoslangan refleksli, maqsad asosida harakat qiluvchi va foyda asosida harakat qiluvchi* asosiy turlari mavjud.

Oddiy refleksli agentlar. Oddiy refleksli agentlari juda sodda, ammo

ular juda cheklangan aqlga ega bo'ladi. Ushbu turdagi agentlar, agar to'g'ri qaror faqat hozirgi idrokka asoslangan holda, boshqacha aytganda, muhit to'liq kuzatilgan bo'lsa, ishlaydi. Kichik miqdordagi kuzatilmalikning joriy etilishi uning ishlashiga jiddiy xalaqit berishi mumkin. Misol. Агeнт - tozalagich: Qarorlar faqat mavjud joy va unda axlat borligi haqidagi ma'lumotga asoslanadi.

Modelga asoslangan refleksli agentlar. Qisman kuzatish sharoitida ishni tashkillashtirishning eng samarali usuli - bu joriy vaqtda agent tomonidan idrok etilgan ma'lumotlarga mos keluvchi dunyoning qismini kuzatishdan iborat. Bu shuni anglatadiki, agent idrok qilish aktlari tarixiga bog'liq bo'lgan va shu bilan birga hech bo'lmaganda hozirgi holatning kuzatib bo'lmaydigan tomonlarini aks ettiradigan o'ziga xos ichki holatni saqlab turishi kerak. Misol sifatida mashinani boshqarishda mashina xarakatini bir qatordan boshqasiga o'tish masalasini hal qilish uchun agent boshqa barcha avtomobillarni bir vaqtning o'zida ko'rolmasa, u boshqa mashinalarning qaerdaligini kuzatishi kerak. Vaqt o'tishi bilan ushbu ichki holat haqidagi ma'lumotni yangilash uchun ikki xil ma'lumot agent dasturiga kodlangan bo'lishi kerak. Birinchidan, mashinalar xarakati holati agentdan bog'liq bo'lmagan holda o'zgaradi, masalan, oldinda xarakatlanayotgan mashinani quvib o'tmoqchi bo'lgan mashina oldingi xarakatini o'zgartirib oldingi mashinaga yaqinlashadi. Ikkinchidan, agentning o'z xatti-harakatlari holatga qanday ta'sir qilishi to'g'risida ma'lum ma'lumotlar talab qilinadi, masalan, agent rulni soat yo'nalishi bo'yicha aylantirganda, mashina o'ngga buriladi yoki mashina besh minut mobaynida shimolga xarakatlangandan keyin u besh minutdan oldingi holatiga nisbatan 5 kilometr shimolda joylashgan bo'ladi. Bu holatlarning o'zgarishini mantiqiy sxemalar yoki murakkab ilmiy nazariyalar bilan model ko'rinishda tasvirlash mumkin. *Bunday modeldan foydalanadigan agentga modelga asoslangan agent deyiladi. Modelga asoslangan refleksli agent ichki holat asosida harakat qiladi va hozirgi idrok oldingi ichki holat bilan birlashtirilib, hozirgi holatning yangilangan tavsifini beradi.*

Modelga va maqsadga asoslangan agentlar. Muhitning hozirgi holatini bilish har doim ham nima qilish kerakligi to'g'risida QQQ uchun yetarli emas. Masalan, chorrahada taksi chapga, o'ngga yoki to'g'riga harakatlanishi mumkin. To'g'ri qaror, bu taksining qaerga borishiga bog'liq. Boshqacha qilib aytganda, agent nafaqat hozirgi holatning tavsifiga, balki yo'lovchini belgilangan manzilga etkazish kabi istalgan vaziyatlarni tavsiflovchi maqsad haqida ham ma'lumotga ega bo'lishi zarur. Agent dasturi maqsadni amalga oshiruvchi harakatlarni tanlash uchun ushbu ma'lumotlarni mumkin bo'lgan harakatlar natijalari to'g'risidagi ma'lumotlar bilan (refleks agentining ichki holatini yangilash uchun ishlatilgan ma'lumot bilan) birlashtirishi mumkin.

Ba'zan maqsadga asoslangan harakatni tanlash vazifasi oddiy bo'ladi, agarda maqsadga erishish bitta harakatning natijasi bo'lsa, ba'zida bu vazifa yanada qiyinlashadi va bu holda agent maqsadga erishish uchun harakatlarning uzoq ketma-ketliklarini hamda burilashlarni ko'rib chiqishi talab qilinadi.

Maqsadga asoslangan agent kamroq samaraliroq bo'lsada, u yanada moslashuvchan, chunki uning qarorlariga asoslangan bilim aniq taqdim etiladi va o'zgartirilishi mumkin.

Foydalilikga asoslangan agentlar. Foydalilik funksiyasi holatni (yoki holatlar ketma-ketligini) agentning qoniqish darajasiga mos keladigan haqiqiy son bilan ifodalaydi. Foydalilik funksiyaning to'liq spetsifikatsiyasi maqsadlar natija bermaganda quyidagi ikkita holatda ratsional QQQ imkoniyatini beradi. Birinchidan, shunday qarama-qarshi maqsadlar mavjud bo'lib, ularning ba'zilariga (masalan, yoki tezlik, yoki xavfsizlik) erishish mumkin bo'lsa, u holda foydalilik funksiyalar sizga maqbul murosani topishga imkon beradi. Ikkinchidan, agar agent erishishi mumkin bo'lgan bir nechta maqsadlar mavjud bo'lsa, ammo ularning hech biri to'liq aniqlik bilan amalga oshmasa, u holda foydalilik funksiyasi maqsadlarning muhimligini hisobga olib, yutuqga erishishning ehtimolini baholashning qulay usulidan foydalanishga imkoniyat yaratadi.

Oddiy agentlar. Bunday agentlar joriy bilimlar asosida harakat qiladi. Ularning agentlik funksiyasi "shart-harakat" sxemasiga asoslanadi.

IF (shart) THEN harakat

Bu funksiya muvaffaqiyatli qo'llaniladi, qachonki bizni o'rab turgan muhitni to'liq nazoratga olish mumkin bo'lsa.

O'rganuvchi agentlar. O'rganuvchi agent(O'A)ning tuzilishini to'rtta kontseptual tarkibiy qismga bo'lish mumkin. Eng muhim farq takomillashtirishni amalga oshirishga javob beradigan *o'rganuvchi komponent* va tashqi harakatlarni tanlashni ta'minlaydigan *samaradorlik komponenti* o'rtasida kuzatiladi.

Samaradorlik komponenti - bu idrok qilingan ma'lumotni qabul qiladigan va hatti-harakatlarning bajarilishi haqida qaror qabul qiladigan agentning qismi hisoblanadi. *O'rganuvchi komponent* agentning qanday harakatlanishini baholash uchun tanqidchining fikridan teskari aloqa yordamida foydalanadi va kelajakda samaraliroq harakatlanish uchun samaradorlik komponentni qanday o'zgartirish kerakligini aniqlaydi.

Nikolay Kasabov [22] fikriga ko'ra, *IAlar tizimi quyidagi qobiliyatlarni namoyon qilishi kerak:*

- atrof-muhit bilan o'zaro munosabat jarayonida o'rganish va rivojlantirish;
- real vaqt rejimiga moslashish;
- katta hajmli ma'lumotlarga asoslanib tez o'rganish;
- muammolarni hal qilishning yangi usullariga bosqichma-bosqich moslashish;
- misollar bazasini to'ldirish qobiliyatiga ega bo'lish;
- tez va uzoq xotirani, yoshni va boshqalarni modellashtirish parametrlariga ega bo'lish;
- xulq, xato va muvaffaqiyat nuqtai nazaridan o'zini tahlil qilish.

Subagentlar. IA o'zining vazifasini faol bajarish uchun ko'plab subagentlarni o'z ichiga oluvchi ierarxik tuzilmaga ega bo'ladi. Subagentlar IAlar tarkibiga kiradi va ular quyi pog'onadagi qayta ishlash va bajarish funksiyalarini amalga oshiradi. IAlar va subagentlar birgalikda murakkab masalalarni bajarishda to'liq tizimni tashkil etadi.

Subagentlarning bir nechta *tipi* mavjud:

- 1) Vaqtli agentlar - tezkor QQQ uchun;
- 2) Fazoli agentlar - haqiqiy olam bilan o'zaro aloqa qilish uchun;
- 3) Sensorli agentlar - sensorli signallarni qayta ishlash uchun;
- 4) Qayta ishlaydigan agentlar - nutqni tanish tipidagi muammolarni yechadi;
- 5) Qaror qabul qiluvchi agentlar - muammolar bo'yicha QQQ uchun;
- 6) O'Alar - boshqa IAlar uchun strukturalar va MBni yaratish uchun;

7) Dunyoviy agentlar-avtonom ravishda harakat qilish maqsadida o'zida barcha qolgan agentlarni birlashtirish uchun.

Bilimlarga asoslangan agentlar. Bilimlarga asoslangan ixtiyoriy agentning asosiy komponenti uning *BB* hisoblanadi. *BB*ni yangi bilimlar bilan to'ldirib borish va *BB*dagi mavjud bilimlarni o'zgartirishning ma'lum uslubi (dasturi) mavjud bo'lishi kerak. *BB*dagi bilimlar mantiqiy mulohazalar sifatida qaraladi va ular ustida mantiqiy amallarni qo'llab mantiqiy xulosalar hosil qilinadi. Bunday mantiqiy amallarni bajarish uchun maxsus Tell va Ask dasturlaridan foydalaniladi. Bu dasturlar mavjud bilimlarga mantiqiy amallarni qo'llab yangi mantiqiy xulosalarni hosil qiladi. Tell va Ask dasturlaridan foydalanuvchi agent dasturining ishlashi uch qadamdan iborat. Birinchi qadamda - Tell funksiyasi yordamida qabul qilingan ma'lumotlar *BB*ga joylashtiriladi, ikkinchi qadamda - Ask funksiyasi yordamida qanday harakatni amalga oshirish kerakligi haqida *BB*ga so'rov yuboriladi. Ushbu so'rovga javob berish jarayonida tashqi olamning joriy holati bo'yicha mukammal fikrlashlar o'kaziladi, mumkin bo'lgan harakatlar ketma-ketligi asosida olingan natijalar tahlil qilinadi. Uchinchidan, agent Tell funksiyasi yordamida o'zining tanlagan variantini ro'yxatga oladi va o'z harakatini bajaradi. Tell funksiyasi o'zining navbatdagi amali yordamida action harakatining haqiqiy bajarilganligi haqida *BB*ga ma'lumot yuboradi.

8.5. Informatika sohasida intellektual agentlar

Kompyuter sohasidagi IAlar. Bunda asosan to'rtta tipli IAlar mavjud:

1. Sotish bilan shug'ullanuvchi robotlar;
2. Foydalanuvchiga mo'ljallangan yoki personal agentlar;
3. Boshqaruvchi va kuzatuvchi agentlar;
4. Axborotlarni oluvchi agentlar.

1. Sotish bilan shug'ullanuvchi robotlar-tarmoq resurslaridan (ko'proq internetdan) sotiladigan tovarlar va xizmat ko'rsatish to'g'risidagi axborotlarni to'playdi. Bunday robotlar xo'jalik tovarlari, ya'ni kompakt-disklar, kitoblar, elektr tovarlari va boshqa tovarlarni sotish uchun samarali ishlaydi. Bunday robotlarga misol sifatida Amazon.com ni keltirish mumkin.

2. Foydalanuvchiga mo'ljallangan yoki personal agentlar-bu sizning nomingizdan sizning qiziqishingizga qarab harakat qiluvchi IA hisoblanadi. Bunday agentlar quyidagi topshiriqlarni bajaradi:

- sizning pochtangizni tekshiradi, ularni muhimligi bo'yicha saralaydi, keladigan xat to'g'risida sizni xabardor qiladi;
- kompyuter o'yinlarida sizning opponeningiz sifatida o'ynaydi;
- yangiliklarni to'playdi;
- tanlangan fan bo'yicha axborotlarni izlaydi;
- mustaqil ravishda web-shakllarni to'ldiradi va kelajakda foydalanish uchun axborotlarni saqlaydi;
- web - sahifalarni ko'rib chiqadi va tayanch axborotlarni yoritadi;
- siz bilan turli mavzularda bahslashadi.

3. Boshqaruvchi va kuzatuvchi agentlar - bu kuzatishni amalga oshiradi va hisobotlarni jo'natadi. Masalan, "NASA's Jet Propulsion Laboratory" da inventarlar, rejalashtirish, jadval tuzish holatlarini kuzatuvchi agent bor. Bunday agentlar kompyuter tarmoqlarini kuzatadilar va tarmoqqa ulangan har bir kompyuter konfiguratsiyasini nazorat qiladi.

4. Axborotlarni oluvchi agentlar - bu ma'lumotlar omborida harakat qilib ma'lumotlarni yig'ish bilan shug'ullandi. Ma'lumotlar ombori turli manbalardan olingan axborotlarni o'zida birlashtiradi. Axborotlarni yig'ish - bu kelajakda foydalanish uchun ma'lumotlarni qidirish jarayoni, masalan, sotuvni ko'paytirish yoki sotib oluvchilarni jalb etish.

Dasturli agentlar. Bunday agentlarni sinflashda quyidagi asosiy alomatlardan foydalaniladi:

- tashqi muhit haqidagi ichki tasvirlashlarning rivojlanish darajasi;
- munosabat uslubi.

Birinchi alomat bo'yicha agentli dasturlar intellektual (kognitivli, fikrlovchi) va reaktiv agentlarga bo'linadi.

Intellektual agentlar o'zida mavjud BBga, harakatlarni fikrlash va tahlil qilishning mavjudligi uchun tashqi muhitni yaxshi va simvolli modellashtirish qobiliyatiga ega bo'ladi.

Reaktivli agentlar tashqi olam haqida umuman yoki cheklangan tasavvurga ega va bashorat qilish ko'lamini juda cheklangan bo'ladi. Ular o'zining harakatini rejalashtirish qobiliyatiga ega bo'lmaydi, tashqi olam ta'siriga kuchli bog'langan bo'ladi. Ular fikrlashdan foydalanmaydi va shaxsiy resurslarga ham ega bo'lmaydi.

Kognitivli agentlar reaktivli agentlarga nisbatan tashqi olam to'g'risida ko'proq tasavvurga ega bo'ladilar. Bunga ular o'zlaridagi mavjud BB va masalani yechishning mexanizmlari yordamida erishadilar. Kognitivli agentlar tashqi olamni ichki tasavvur etish va fikrlash qobiliyatlarining rivojlanganligi sababli turli holatlarni saqlash va tahlil qilish, o'z harakatiga ta'sir etuvchi turli holatlarni bashorat qilish, o'z harakatlaridan kelib chiqib kelajakda qanday harakat qilishni rejalashtirish uchun xulosa chiqarish qobiliyatlariga ega.

Mobil agentlar - bu tarmoq bo'yicha ko'chib yuradigan dastur hisoblanadi. Ular o'zining harakatini bajarish uchun kliyent kompyuterdan chiqadi va masofaviy serverga ko'chadi, undan keyin yana orqaga qaytadi. Mobil agentlar KTLar uchun istiqboli porloq hisoblanadi, lekin hozirgi vaqtda ularni yaratishning alohida standartlari mavjud emas, bir qator muammolar, ya'ni tarmoq bo'yicha siljishning rasmiy uslublari, tarmoq bo'yicha beriladigan viruslardan himoyalash, agentlar tomonidan shaxsiy mulk huquqiga rioya qilish, axborotlarning maxfiyligini saqlash kabilar o'z yechimini topolmayapti.

Dasturli agentlarga misollar. 1) IBM firmasi tomonidan ishlab chiqilgan ABE (Agent Building Environment) agentlarni yaratish muhiti - IAlarga asoslangan hamda mavjud ilovalarni yangi agentlar bilan to'ldiruvchi ilovalarni yaratish uchun qo'llaniladi. Bunda IA muhit shartlarini kuzatadi, qoidalar asosida qaror qabul qiladi va natijada ba'zi harakatlarni bajaradi.

2) Bits & Pixels firmasi tomonidan ishlab chiqilgan Intelligent Agent Library maxsuloti agentlarning o'zaro aloqasini va agentlar guruhini qurishni ta'minlash uchun qo'llaniladi. U Web-ilovalarda ishlaydigan agentlarning namunaviy misollarini o'z ichiga olgan. Bu ilova mobil agentlarni yaratishda qo'llaniladi.

8.6. Ko'pagentli tizimlar

Ko'p agentli tizimlar sohasidagi tadqiqotlarning tuzilmasi. So'nggi o'n yillikda SIning turli sohalarida "ko'pagentli tizimlar" (KAT) nomi bilan olib borilgan tadqiqotlar etakchi o'rinlardan birini egallab kelmoqda.

Ko'p agentli tizimlar o'zlarining bilim bazalari va fikrlash vositalariga ega bo'lgan alohida ITlarning birikmasidan iborat bo'lib taqsimlangan intellekt tamoyili asosida quriladi. KATlarni qandaydir

maqsadga erishish uchun hamkorlik qilayotgan bir nechta agentlarning dasturiy tizimi sifatida qarash mumkin. Agarda har bir agent tizim tomonidan o'ziga alohida qo'yilgan masalani yecha olmasa, u holda agentlar ushbu masalani birgalikda yechishi kerak.

KAT - bu maqsadga erishish uchun bir nechta agentlar hamkorlik qiladigan dasturiy tizim. Tizimga qo'yilgan masalani echishni har bir alohida agent amalga oshira olmasa, u holda agentlar guruhi uni birgalikda hal qilishlari kerak. Muammoni hal qilishda agentlar o'z doiralarida ma'lumot almashishlari, bir-birlariga qismmasalalarni echish uchun uzatishlari mumkin.

Bugungi kunda KAT tarmoqda tarqatiladigan, tegishli ma'lumotlarni, bilimlarni va protseduralarni qidirishda va qarorlarni qabul qilish jarayonida hamkorlikda ishlaydigan IAlar to'plami sifatida qaraladi.

KAT sohasidagi tadqiqotlarni shartli ravishda quyidagi asosiy yo'nalishlarga bo'lish mumkin:

- agentlar haqidagi fikrlarni tavsiflash va agentlar istaydigan xususiyatlarni tavsiflash uchun rasmiyatchiliklar (formalizmlar) va matematik usullarni hisobga oladigan agentlar nazariyasi;

- muammolarni birgalikda hal etish jarayonida yoki o'zaro ta'sirning boshqa har qanday variantlarida agentlarning hamkorlik usullari (kooperativ xatti-harakatlarni tashkil etish);

- agentlar va ko'pagentlik tizimlari arxitekturasini - ma'lum bir xususiyatlarga javob beradigan, kompyuterlar nazariyasi yordamida ifodalangan kompyuter tizimini yaratish bo'yicha tadqiqotlar sohasi;

- agentlar dasturlash tillari;

- agentlar bilan aloqa qilish usullari, tillari va vositalari;

- agentlarning harakatchanligini qo'llab-quvvatlash usullari va dasturlari (agentlarning tarmoq orqali ko'chishi).

KATlarni sinflash. KATlar quyidagi qoidalariga tayanadi:

- 1) KAT oddiy va bir-biri bilan bog'liq agentlar birlashmasidan hosil qilinadi;

- 2) har bir agent hodisalarga munosabatini lokal tarmoqda mustaqil va boshqa agentlar bilan o'zaro kelishilgan holda aniqlaydi;

- 3) agentlar orasidagi aloqalar to'gridan-to'g'ri (gorizontal) bo'ladi, ya'ni boshqa agentlar bilan o'aro munosabatni boshqaruvchi агент-супервизор mavjud bo'lmaydi;

- 4) agentlarning global xatti-harakatlarini aniqlash uchun aniq qoidalar bo'lmaydi;

5) jamoaviy darajadagi xatti-harakatlar, xususiyatlar va tuzilmalar faqat agentlarning lokal o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi.

Tashqi dunyoni ichki tasvirlash darajasiga qarab KATlar intellektual va reaktiv agentlarga ajraladi.

Reaktiv agentlar. Bunday agentlar tashqi muhitni ichki tafsivlashda ancha cheklangan (yoki umuman yo'q) va oldindan bashorat qilish doirasi juda cheklangan bo'ladi va deyarli o'z harakatlarini rejalashtirishga qodir emas, asosan stimul-reaktiv aloqalar darajasida ishlaydi, juda kam individuallikka va tashqi muhitga (agentlar hamjamiyatiga) kuchli bog'langan bo'ladi.

Kognitiv agentlar. Bunday agentlar tashqi muhitni reaktiv agentlarga qaraganda yaxshiroq tasavvur qilish qobiliyatiga ega bo'ladi. Bu holat ularda BB va masalani echish mexanizmi orqali amalga oshiriladi. Kognitiv agentlar tashqi muhitni ichki tasvirlashning rivolanganligi hisobiga va fikrlash qobiliyatlari imkoniyatlarining mavjudligi tufayli turli xil vaziyatlarni saqlashi va tahlil qilishlari, o'zlarining xatti-harakatlariga mumkin bo'lgan reaksiyalarni oldindan bilishlari, bundan keyingi harakatlar uchun foydali bo'lgan xulosalar chiqarishlari va natijada o'z xatti-harakatlarini rejalashtirishlari mumkin.

Kognitiv agentlar aniqroq individuallikka ega, ular reaktivlardan ko'ra avtonomdir va boshqa agentlardan mustaqil ravishda, agentlar jamoasida rivojlangan maqsadli harakatlar bilan ajralib turadi. Kognitiv agentlar murakkabligi, bilimlari, xatti-harakati va tashqi muhit haqida mulohaza yuritish qobiliyati tufayli ancha moslashuvchan xatti-harakatni namoyish etib, nisbatan mustaqil ravishda ishlashlari mumkin.

O'z-o'zini o'rganuvchi agentlar. Bunday agentlar modeli KAT hamjamiyatida istiqbolli modellardan biri hisoblanadi. Bynda SIning ETlar sohasida bilimlarni hosil qilish va mashinali o'rganish yo'nalishlaridagi olingan natijalarga murojaat qilinadi. Shubhasiz, KATga nisbatan o'rganish muammosi hali ham hisobga olinmagan va u o'ziga xos xususiyatlarga ega. Jamoaviy xatti-harakatlar asosida O'Alar ham o'ziga xos xususiyatlarga ega, chunki muammolarni birgalikda hal etishda bir nechta agentlarning bilimlaridan birgalikda foydalanish nazarda tutiladi.

Ko'pagentli tizimlar arxitekturası. Agentning arxitekturalari agentning funksional tarkibiy qismlariga qo'yilgan tuzilmalar turiga va ishlash jarayonida uning tarkibiy qismlarining o'zaro ta'sirini tashkil qilish uchun qabul qilingan usullarga qarab sinflashtiriladi.

Agent arxitekturalarining bazaviy sinflashtirilishi qabul qilingan arxitektura asosidagi paradigmaga asoslanadi. Ushbu belgilar asosida *arxitektura* ikkita asosiy sinfga ajraladi:

- klassik SI printsiplari va usullariga asoslangan arxitektura, ya'ni bilimlarga asoslangan tizimlar ("intellektual agentlar arxitekturasi");
- xatti-harakatlarga asoslangan yoki tashqi dunyodagi hodisalarga bildirilgan reaksiyalar tizimidan kelib chiqadigan "reaktiv arxitektura"ga asoslangan arxitektura.

Faqat sodda agent dasturlari bitta bosqichli sxemada amalga oshirilishi mumkin. Odatda, agentning arxitekturasi bir necha qatlamlardan iborat bo'ladi. Bu qatlamlar *agentlarning* turli funksional xususiyatlarini namoyon qiladi, masalan:

- tashqi hodisalarni idrok etish va ularga oddiy reaksiyalar bildirish;
- xatti-harakatlarni maqsadga asosan bosharish;
- boshqa agentlarning xatti-harakatlarini hisobga olib oz harakatlarni muvofiqlashtirish;
- agentning ichki holatini yangilash, ya'ni tashqi dunyo haqidagi e'tiqodlarni yangilash;
- tashqi dunyo holatini bashorat qilish;
- o'zining keyingi bosqichdagi harakatlarini aniqlash va h.k.

Ko'pincha agent arxitekturasi quyidagilar uchun javob beradigan xatti-harakatlarni idrok etish va bajarish, reaktiv munosabatlar, lokalli rejalashtirish, kooperativ munosabat, tashqi muhitni modellashtirish, niyatlarni shakllantirish va agentlarni o'rgatish kabi pog'onalar qatnashadi.

Agentlarning hamkorligi. Ko'pagentlik g'oyasi jamoaviy muammolarni hal qilishda agentlarning hamkorligini nazarda tutadi. KATda, biron bir muammoni mustaqil hal qila olmaydigan agent boshqa agentlarga murojaat qilishi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, umumiy qiyin muammoni hal qilish uchun agentlar guruhidan hamkorlikda foydalaniladi. Shu bilan birga, agentlar nafaqat o'z imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda, balki boshqa agentlarning rejalari va istaklarini hisobga olib harakat rejalarni tuzishlari kerak. Ma'lumki, hatto eng oddiy avtomatlar jamoasida ham har bir avtomat o'z boshlang'ich maqsadlarini ko'zlagan holda xamkorlikda juda murakkab muammolarni hal qilishga qodir. Misol sifatida asalari uyasi yoki chumolilarni keltirish mumkin. Agentlar boshqa agentlarning rejalari va

manfaatlarini hisobga oladigan tizim ko'p hollarda yanada moslashuvchan bo'lishi mumkin.

Agentlarning bir-biriga ta'sirining ikkita asosiy modeli mavjud:

- bir bosqichli arxitektura - agentlar ierarxiyani shakllantirmaydilar va taqsimlangan tashkiliy strukturada umumiy masalani echadilar;

- ierarxikli arxitektura - agentlarning taqsimlangan ishlashini muvofiqlashtirish ma'lum darajada maxsus agent tomonidan qo'llab-quvvatlanadi, bu esa maxsus agentning boshqa agentlarga nisbatan metadarajasini belgilaydi.

KATni ishlab chiqish va amalga oshirish. KATlarni yaratish va ulardan foydalanish nuqtai-nazaridan DCOM, Java RMI, COBRA kabi texnologiyalar ancha samarali hisoblanadi.

DCOM - bu turli dasturlash tizimlaridan foydalanib yaratilgan ilovalarni birlashtirish imkoniyatini yaratadi.

Java RMI ilovasi mijoz va serverdan iborat bo'ladi. Serverda tarmoq orqali uzatish uchun obyektlar yoki masofadagi ilovalarni chaqirib olish uchun usullar yaratiladi, mijozda esa masofadgi obyektlardan foydalanuvchi ilovalar hosil bo'ladi. *Java RMI* ilovasining asosiy xususiyatlaridan biri -bu tarmoq bo'yicha nafaqat usullarni, balkim obyektlarni ham uzatish imkoniyatining mavjudligidir.

COBRA ilovalar o'rtasidagi aloqani o'rnatadi, bunda u IDL interfeysidan foydalanadi.

8.7. Intellektual agentlarga misollar

Rasmiy ravishda har qanday dasturlash tilida agentlar yaratilishi va har qanday operatsion tizim platforma sifatida qabul qilinishi mumkin, ammo bir nechta agentlarning o'zaro ta'siri va aloqasi zarur bo'lganda, tegishli muammolarni hal qilish uchun mo'ljallangan maxsus agent platformalardan foydalanish maqsadga muvofiq. *KATlarni qo'llash sohasiga ko'ra agentlarga asoslangan platformalarni uchta katta guruhga bo'lish mumkin:*

1) Sanoatga mo'ljallangan - bu ishonchlilik, mashtablilik qobiliyati, mavjud tizimlar va boshqa agent platformalar bilan integrallashuvchanligi bilan ajralib turadi. Ushbu platformalarda vizualizatsiya imkoniyatlari odatda mavjud emas, ammo murakkab SI usullari, o'zaro ishlash standartlari va Internet bilan qo'llab-quvvatlanadi.

2) Modellashirish uchun - bu animatsiya, biologik, ijtimoiy va iqtisodiy tizimlarni modellashirish. Odatda agentlarni o'zaro ta'sirini vizualizatsiya qilish va tahlil qilish uchun vositalarni o'z ichiga olgan yopiq platformalar hisoblanadi.

3) Virtual olam va kompyuter o'yinlari, robototexnika - bu yuqoridagi ikki agent platformalarning kombinatsiyasidan iborat. Agent uch o'lchovli dunyoda harakat qiladi, uni idrok etadi, shu kabi agentlar va muhit obyektlari bilan o'zaro ishlaydi. Haqiqiy olamga eng yaqin muhitlarning eng murakkab turlari hisoblanadi.

Har bir platforma o'ziga xos metodologiyasi, agentlar va KATlarni ishlab chiqish uchun mos vositalarning mavjudligi va xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Agent platformalari. Eng qadimgi agentl platformalaridan biri Cougaar (<http://cougaar.org>) bo'lib, u 1996 yilda DARPA ishtirokida boshlangan. Cougaar - mobil tarmoqlarda, Internetda, sanoat dasturlarida, harbiy dasturlarda, katta taqsimlangan tizimlarda qo'llaniladi. Agent tavsifi tili - Java, intellekt mexanizmlari tashqari tomon plaginlari (плагины) orqali mavjud.

JADE agent platformasi (<http://jade.tilab.com>) eng ommabop bo'lib,

sanoat sohasida ham (rejalashtirish, logistika, mobil tarmoqlar, Web) va agentlar texnologiyalarini tadqiq qilishda ishlatiladi. Ushbu platforma etuk (2000 yildan beri), agentlarni tavsiflash tili Java, BDI va FSM intellect mexanizmlari, protokol kutubxonasi FIPA standartlariga muvofiq amalga oshiriladi, ontologiyalar, Semantik Web va Web-servis plaginlari bilan qo'llab-quvvatlanadi.

Aglobe platformasidan (<http://agents.felk.cvut.cz/aglobe>) muhandislik tizimlarini modellashirish uchun foydalanish mumkin. Agentlarni ishlab chiqish uchun Java tilidan foydalaniladi. Afsuski, ushbu platforma qabul qilingan FIPA standartlarini qo'llab-quvvatlamaydi.

Jeyson agent platformasi (<http://jason.sourceforge.net>) avstraliyalik xobbichilar uyushmasi tomonidan ishlab chiqilgan va tadqiqot loyihalarida foydalaniladi. Ushbu platformaning o'ziga xos xususiyati boshqa platformalar, masalan, JADE agentlari bilan aloqa qilishi hisoblanadi. Agentlarni tavsiflash tili - AgentSpeak, BDI intellekt mexanizmlari, Moise + tashkiliy modeli.

Yuqoridagi agent platformalardan bepul foydalanishlari va hujjatlari hamma uchun erkin taqdim etiladi. Sanoat, harbiy va mobil

tarmoqlarda ishlatiladigan Jek platformasi (<http://aosgrp.com/products/jack/index.html>) kabi tijorat mahsulotlari ham mavjud.

Vizual modellashtirish, jumladan 3D - *MASON* (<http://www.cs.gmu.edu/eclab/projects/mason>), Repast (<http://repast.sourceforge.net>), Ascape (<http://ascape.sourceforge.net>), NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo>) platformalarida qo'llab-quvvatlanadi. Soar platformasi (<http://sitemaker.umich.edu/soar/home>) virtual olam va kompyuter o'yinlari, robototexnika qurilishida ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. SI ning olimlar tomonidan taklif qilingan qanday ta'riflari mavjud?
2. SI usullarini rivojlanishining uchta pog'onasini keltiring?
3. Axborotli yo'nalish qanday qismlarga bo'linadi?
4. Strukturali, evolyutsiyali va imitatsiyali yondashuvlarni izohlang?
5. SITlarning tipik sxemasi qanday bloklardan iborat?
6. SITlardan foydalanishning funksional strukturasi qanday bloklardan iborat?
7. Intellektual agent va oddiy agent o'rtasidagi farqni tushuntiring?
8. Informatika va SIda intellektual agentlarning asosiy xususiyatlarini keltiring?
9. Intellektual agentlar qanday xususiyatlarga ega bo'lishi kerak?
10. Modellashtirilgan, maqsadga va foydalilikka asoslangan agentlarni ta'riflang?
11. Subagentlarning asosiy turlarini keltiring?
12. Ko'p agentli tizimlarga ta'rif bering?
13. SIda qanday maxsus agent platformalari mavjud?

Nazorat testlari

1. Intellekt -butushunchalarini anglatadi.
a) ong va insonning fikrlash qobiliyati; b) harakat va bilish;
c) sezish va his qilish; e) bilish va anglab olish.
2. Sun'iy intellekt - bu inson intellektining alohida funksiyalarini bajarishni ta'minlovchianglatadi.

- a) avtomatik tizim; b) fizik qurilma; c) oddiy dastur; e) mexaanik qurilma.
3. SIT deganda olam va ommalashgan tajrabalarga asoslangan bilimlarni faol etish asosida ularni va tuzatish tushuniladi.
a) idrok; yig'ish; b) tasavvur; tarqatish; c) sezish; bo'lish; e) idrok; bo'lish.
4. SIDan foydalanishning funksional tuzilishi qanday komplekslardan iborat?
a) Bajaruvchi tizim, intellektual interfeys, bilimlar bazasi;
b) Foydalanuvchi, muloqot tizimi, programmalar;
c) Hisoblash, translyatorlar, axborotli qatlam;
e) Konseptual qatlam, bajaruvchi, qidiruv vositalari.
5. Agent - bu apparatli yoki tarkibiy qismlardan iborat bo'lib, u sohib yoki tomonidan qo'yilgan maqsadga erishish uchun harakat qilish qobiliyatiga egadir.
a) dasturiy; foydalanuvchi; b) dasturiy; ekspert;
c) mantiqiy; foydalanuvchi; e) mantiqiy; ekspert.
6. Intellektual agent - bu axborotlarni yig'ish va qayta ishlash jarayonida hamda yo'nalishida axborotlar fazosi ichida avtonom harakat qiluvchi harakatini modellashtirishdir.
a) maqsadli; inson; b) dasturiy; ekspert;
c) mantiqiy; foydalanuvchi; e) mantiqiy; ekspert.
7. Modelga asoslangan refleksli agent holat asosida harakat qiladi va hozirgi idrok oldingi ichki holat bilan, hozirgi holatning yangilangan tavsifini beradi.
a) ichki; birlashtirilib; b) birlashtirilgan; ko'paytirilib;
c) joriy; inkori olinib; e) tashqi; birlashtirilib.
8. O'rganuvchi, samaradorlik, tanqidchi, muammolar generatori kabi komponentlar qaysi agentlar turiga xos?
a) o'rganuvchi agentlarga; b) maqsadga yo'naltirilgan agentlarga;
c) modelga asoslangan agentlarga; e) refleksli agentlarga.
9. Intellektual agentlar tarkibiga kiruvchi va quyi pog'onadagi qayta ishlash va bajarish funksiyalarini amalga oshiradigan agentlar - by
a) subagentlar; b) maqsadga yo'naltirilgan agentlar;
c) modelga asoslangan agentlar; e) refleksli agentlar.

10. Ko'parentli tizim - bu erishish uchun bir nechta hamkorlik qiladigan dasturiy tizim.

- a) maqsadga; agentlar; b) modelga; expertlar;
c) foydaga; subagentlar; e) maqsadga; foydalanuvchilar;.

Masala va topshiriqlar

1. Quyidagi tushunchalarning ta'riflarini o'zingiz shakllantiring: agent; agent funksiyasi; agent dasturi; ratsionallik; avtonomiya; reflektli agent; modelga asoslangan agent; maqsadga asoslangan agent; yordam dasturiga asoslangan agent; o'rganuvchi agent.

2. Ham samaradorlik ko'rsatkichlari, ham yordamchi funksiyalar agentning qanchalik yaxshi ishlashini o'lchash uchun ishlatiladi. Ikkala mezon o'rtasidagi farqni tushuntiring.

3. Ushbu mashq agent funksiyalari va agent dasturlari o'rtasidagi farqlarni o'rganadi.

a) Berilgan agent funksiyasini bajaradigan bir nechta agent dasturlari bo'lishi mumkinmi? Ijobiy javobni tasdiqlovchi misol keltiring yoki nima uchun bunday vaziyat imkonsizligini ko'rsating,

b) biron bir agent dasturida amalga oshirilmaydigan biron-bir agent funksiyalari mavjudmi?

c) Har bir agent dasturida bitta kompyuter funksiyasi bajarilishi rostmi, agar kompyuterning arxitekturasini o'zgarishsiz qolsa?

d) Agar arxitektura n-bit xotirani ta'minlasa, unda uning yordami bilan nechta xil agent dasturlari bajarilishi mumkin?

4. Ushbu mashq changyutgich vositasining turli funksiyalarining mantiqiylikini tekshiradi.

a) changyutgichning oddiy funksiyasi haqiqatan ham intellektual ekanligini isbotlang.

5. Quyidagi agentlarning har biri uchun muammolar muhitining PEAS tavsifini ishlab chiqing:

a) robot-futbolchi;

b) Internetda kitob sotib oluvchi agent;

c) avtonom marslik o'ziyurar;

d) teoremani isbotlash bilan shug'ullanuvchi matematik assistent.

6. 5-masalada keltirilgan agentlarning har bir turi uchun 1.2-jadvalda keltirilgan xususiyatlarga muvofiq muammoli muhit uchun variantlarni tavsiflang va tanlang.

2-BOB. SUN'IY INTELLEKT TAQDIMOT VA QIDIRUV SIFATIDA

1-§. Axborotli qidiruv va holatlar fazosini tadqiq qilish

Masalani yechish jarayoni qoidaga ko'ra ikki pog'onadan iborat bo'ladi: *masalani tasvirlash va yechimni qidiruv*.



Mashina yordamida masalalarni tasvirlash shakllarini qidiruv masalasi qiyin formallashgan ijodiy jarayon hisoblanadi. Shuning uchun masalalarni tasvirlashda qo'llaniladigan ba'zi shakllarni quyidagicha keltirish mumkin [20, 31]:

- 1) Holatlar fazosi(HF)da tasvirlash;
- 2) Masalalarni masalalar ostilariga keltirish yo'li bilan tasvirlash;
- 3) Teoremlar ko'rinishida tasvirlash;
- 4) Kombinatsiyali tasvirlash.

Masalalarning holatini tavsiflashning turli shakllari mavjud. Xususan, masalalarni qatorlar, *vektorlar*, *matritsalar* va *graflar* ko'rinishda tavsiflash mumkin

HFda yechimlarni qidiruv protseduralari boshlang'ich holatni maqsad funksiyaga aylantiruvchi operatorlar ketma-ketligini aniqlashga asoslanadi.

Masalalar ostilarining o'zaro aloqasi strukturasi ikki tipda bo'lishi mumkin: *VA*-strukturalar va *VA-YOKI*-strukturalar. *VA-strukturalarda* asosiy masalani echishda barcha masalalar ostilarini yechish talab etiladi. *VA-YOKI-strukturalarda* xususiy masalalar guruhlariga bo'linadi va bu *guruhlar* bir-biri bilan *YOKI munosabati* yordamida, guruhlar ichidagilar esa bir-biri bilan *VA munosabati* yordamida bog'lanadi. Bunday holda boshlang'ich masalani yechish uchun, faqat qandaydir bitta guruhga taalluqli barcha masalalar ostilarini yechish yetarli hisoblanadi.

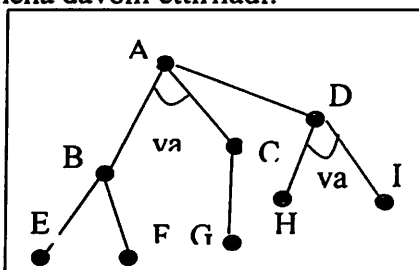
Masalalarni masalalar ostilariga keltirishni tavsiflash uchun masalalarni reduksiya(tiklash)lash grafi deb nomlanuvchi grafdan foydalaniladi (2.1-rasm). Bunda grafning tugunlariga masalalar, yoylariga esa masalalarni reduksiyalash operatorlari mos qo'yiladi. Daraxt ildiziga boshlang'ich masala, 1-pog'ona tugunlarga esa boshlang'ich masaladan hosil qilingan masalalar ostilari mos qo'yiladi. 2.1-rasmda A masala yechiladi, agarda B va C masalalar yoki D masala yechilsa. B masala yechiladi, agarda E yoki F masala yechilsa. C-

masala yechiladi, agarda G masala yechilsa. D masala yechiladi, agarda H va I masalalar yechilsa.

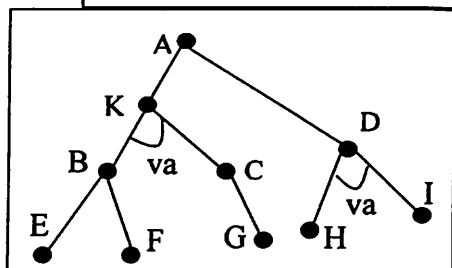
VA-strukturali tugunlarning bog'lanishini ko'rsatish uchun maxsus egri

chiziqdan foydalaniladi. Agar daraxtda *VA*-strukturali bog'langan tugunlar bo'lsa, u holda ular uchun qo'shimcha tugunlar kiritiladi va ushbu tugunlar *VA*-strukturali tugunlarning bosh tugunlariga aylanadi (2.2-rasm). Bundan keyin faqat *almashtirilgan reduksiyalash daraxtlarini* qaraymiz.

Masalalarni masalalar ostilariga keltirishni tasvirlashda boshlang'ich masalani bir nechta masalalar ostilariga bo'lish qaraladi va bo'lingan har bir masala osti yechimi boshlang'ich masalaning yechimini beradi. Har bir masala ostilari oz navbatida yana masala ostilariga bo'linishi mumkin. Masala ostilariga bo'lish jarayoni nazariy jihatdan chegaralanmagan. Amaliy jihatdan masala ostilariga bo'lish jarayoni eng quyi pog'onadagi masala ostilari yordamida yechimni olguncha davom ettiriladi.



2.1-rasm. Masalalarni reduksiyalash daraxti.



2.2-rasm. Almashtirilgan reduksiyalash daraxti.

2-§. Holatlar fazosida qidiruv strategiyalari va usullari

HFda yechimni qidiruv usullari odatda quyidagilarga bo'linadi [20,31]:

- 1) Chuqurligi bo'yicha qidiruv;
- 2) Kengligi bo'yicha qidiruv;
- 3) Evristikli qidiruv.

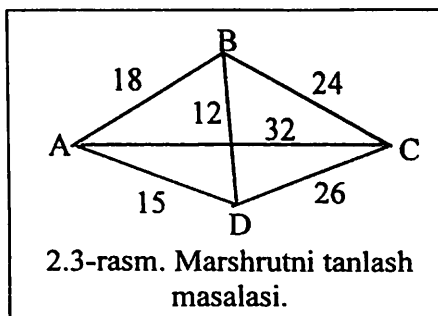
HFda yechimlarni qidiruv protseduralari boshlang'ich holatni maqsad funksiyaga aylantiruvchi operatorlar ketma-ketligini aniqlashga asoslanadi. Agar operatorlar ketma-ketligi bir nechta va optimallashtirish mezoni berilgan bo'lsa, u holda masala ushbu mezonni qanoqlantiruvchi optimal operatorlar ketma-ketligini qidiruv masalasiga keltiriladi.

HFda yechimlarni qidiruv usullarini holatlar daraxtidan foydalanib tavsivlash qulay hisoblanadi. Holatlar daraxtida yechimlarni qidiruv masalasi daraxt ildizidan maqsadli holatga mos tugungacha bo'lgan yo'lni (optimalli, agar optimallik mezoni berilgan bo'lsa) topishga keltiriladi.

Umumiy holda holatlar daraxtini (S_0, F, G) uchlik ko'rinishda berish mumkin. Bu yerda S_0 – bitta elementdan iborat to'plam, F - operatorlar to'plami, G -maqsadli holatlar to'plami.

Holatlar daraxtini qurish quyidagicha amalga oshiriladi: avvalo daraxt ildiziga(boshlang'ich holat) F dagi operatorlarni qo'llab 1-pog'onali tugunlar quriladi; Keyin, F dagi operatorlardan 1-pog'onali tugunlarga qo'llaniladiganlaridan foydalanib 2-pog'onali tugunlar quriladi va h.k. Ushbu protsedura maqsadli tugunni topguncha davom ettiriladi.

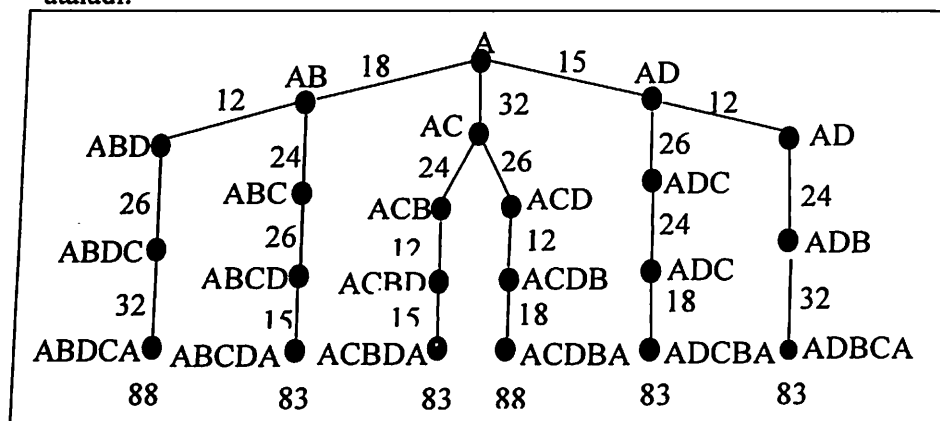
Misol. Yuk tashuvchi robot A punktdan chiqib, (B , C , D) punktlarning har birida faqat bir martadan bo'lib, yana A punktga qaytib kelishi kerak. Punktlar orasidagi masofalar va marshrutlar sxemasi 2.3-rasmda keltirilgan. Marshrutni tanlash masalasi uchun HFda yechimlarni qidiruv 2.4-rasmda keltirilgan. Ushbu



grafda boshlang'ich tugunga A holat mos keladi. A tugun AB , AC , AD

holatlarga mos keluvchi uhta 1-pog'onali ichki tugunlarni hosil qiladi. 1-pog'onali AB, AC, AD ichki tugunlar 2-pog'onali ichki tugunlarni hosil qiladi va h.k.

Grafda tugunlarning ochilish tartibi qidiruv strategiyasi deb ataladi.



2.4-rasm. Masalaning holatlar grafi.

3-§. Ojiz algoritmlar

Ojiz algoritmlar - bu har qanday vaqtda eng maqbul tanlov qilishga intiladigan algoritmlardir. Eng maqbul tanlov har bir qadamda, keyingi qadamlarni hisobga olmasdan tanlanadi. Algoritmlarning ojiz deb atalishiga sabab ularda ojizlik xossasidan foydalaniladi. Ojizlik xossasi esa har bir vaqt momentida eng maqbul tanlovni tanlashdan iborat bo'ladi.

Ojiz algoritim (greedy algorithm) -bu qarorlarni qabul qilish jarayonini elementar bosqichlarga bo'lish mumkinligiga asoslanib, har birida alohida qaror qabul qilinadigan optimallashtirish muammolarini hal qilish usuli hisoblanadi. Har bir bosqichda qabul qilingan qaror faqat joriy bosqichda maqbul bo'ladi va bu qaror oldingi yoki keyingi qarorlarni hisobga olmasdan qabul qilinadi.

Ojiz algoritim har doim eng yaxshi bo'lib ko'rinadigan tanlovni amalga oshiradi - ya'ni, lokal maqbul tanlov global muammoni maqbul echishga olib keladi degan umidda amalga oshiriladi. Ojiz algoritmlar har doim ham maqbul echimga olib kelmaydi, ammo ko'pgina muammolarda ular kerakli natijani beradi.

Masalani o'jiz algoritm yordamida echish mumkinligi quyidagi belgilari bilan aniqlanadi [20]:

- 1) Masalani qismmasalalarga ajratish mumkin;
- 2) Masaladagi miqdorlarni ham qismmasalalarga ajratish mumkin;
- 3) Ikki qism masalaning eng maqbul echimlar yig'indisi butun masalaning maqbul echimini beradi.

Misol. Yo'lovchi tashiydigan lift W kg dan ortiq ko'tarolmaydi. H odamlar liftga kirishga harakat qilishadi va ularning har biri uchun uning vazni ma'lum: $W_1, W_2, \dots, W_n$. Bir vaqtning o'zida liftni ko'taradigan odamlarning maksimal sonini aniqlang.

Echimi. Ko'rinib turibdiki, oddiy qismmasala -bu liftga bitta kishini qo'yishdan iborat. Liftga joylashtirish uchun bir nechta nomzod bo'lsa, unda eng yaxshi tanlov eng kam vaznga ega bo'lgan odam bo'ladi, chunki tashish qobiliyati jihatidan eng katta zaxira saqlanib qoladi. Shuning uchun, masalani echishda odamlarni o'z vazniga qarab saralaymiz va eng engilidan boshlab ularni liftga joylashtiramiz.

Ommabop o'jiz algoritmlarga *Deykstr*, *Kruskal*, *Prim* algoritmlarini va *Haffman daraxtlarini* misollar sifatida keltirish mumkin.

3.1. Deykstr algoritmi

Deykstr algoritmi grafdagi alohida tugundan barcha boshqa tugunlarga bo'lgan eng qisqa yo'lni topadi. Graf sifatida yo'naltirilgan graf qaraladi va uning barcha qirralariga qandaydir fizik birliklar (vazn, tezlik, masofa va h.k.) qo'yiladi. Har bir chekka yo'nalishga va har bir chekka og'irlikka ega.

Deykstr algoritmi juda ko'p sohalarda qo'llaniladi. U yo'l tarmoqlarida manzilga borishning eng tez marshrutini topishda juda foydali hisoblanadi.

Algoritm quyidagi qoidalarga amal qiladi:

1. Har safar yangi tugunga tashrif buyurish uchun barcha tugunlarga ma'lum bo'lgan masofalardan eng kichik masofaga mos keluvchi tugun tanlanadi.

2. Navbatdagi tugunga o'tilgandan so'ng har bir qo'shni tugunlar tekshiriladi. Ushbu yangi tugunga olib keladigan qirralarning narxini yig'ish orqali qo'shni tugunlardan ildiz (bosh) tugunlarigacha bo'lgan masofa hisoblanadi.

3. Agar oxirgi tugunga qadar bo'lgan masofa ma'lum bo'lgan masofalardan kam bo'lsa, u holda eng qisqa masofa yangilanadi (2.5-a-rasm).

Birinchi qadamda boshlang'ich tugun tanlanadi. Masalan A tanlanadi. Barcha masofalar cheksizlikka tenglashtiriladi, chunki oxirgi tugunga boradigan masofalar hozircha noma'lum bo'ladi (2.5-b-rasm).

Grafda A tugun boshlang'ich sifatida tanlanadi. U holda A dan A gacha bo'lgan masofa 0 , A dan B gacha bo'lgan masofa 4 , A dan C gacha bo'lgan masofa 2 bo'ladi. Bu masofalar ro'yxati 2.5-b-rasmning o'ng tomonida joylashgan.

Endi A tugundan chiquvchi qirralar orasidan eng kichik vaznga ega bo'lgan qirra tanlanadi. Bu qirra orqali C tugunga boriladi. Navbatdagi B tugunga C tugun orqali boriladi. U holda B tugunga boruvchi yo'llar orasidan minimumi $\min(4, 2 + 1) = 3$ tanlanadi (2.5-c-rasm).

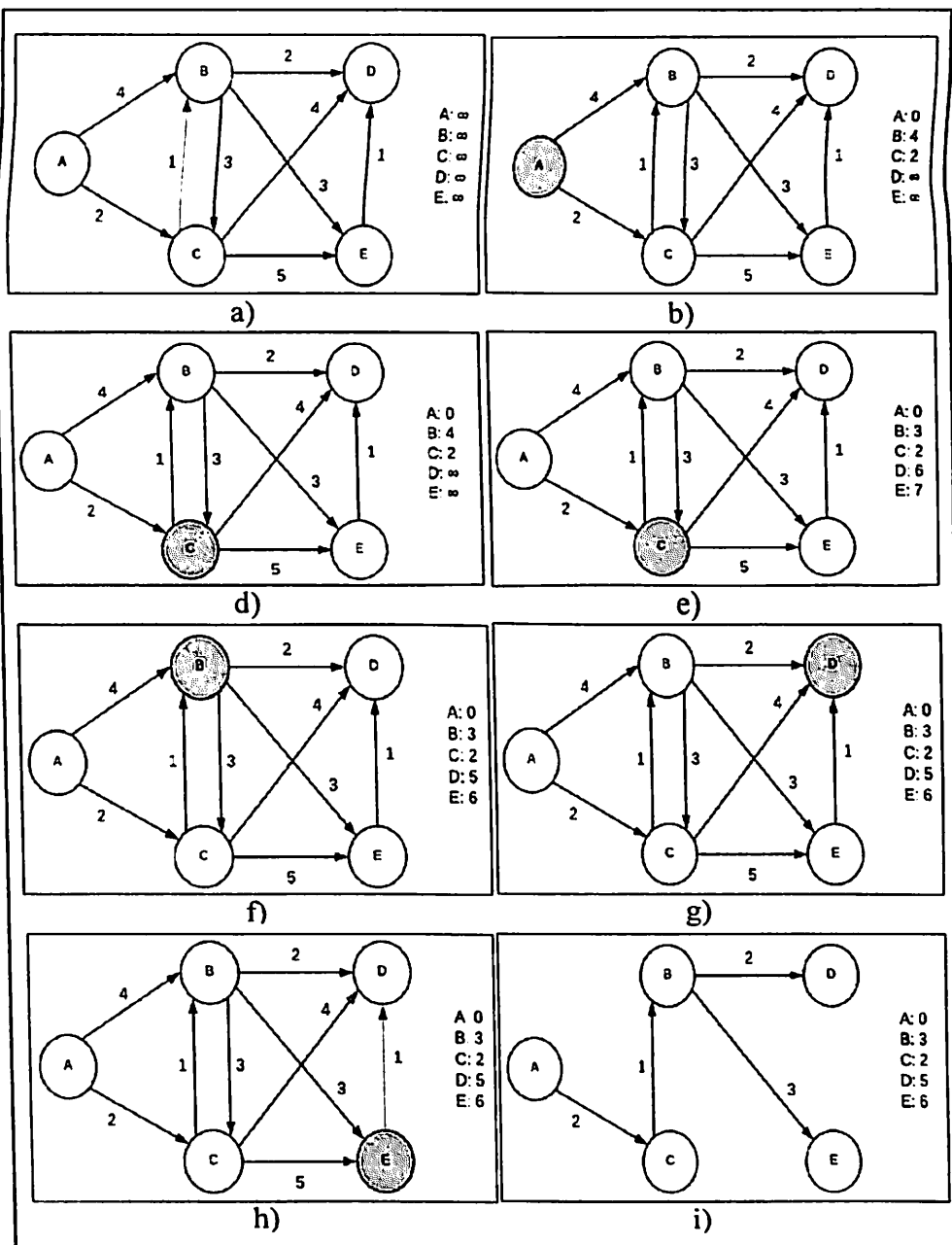
A tugundan C tugun orqali D tugunga, ya'ni ACD yo'l uzunligi 6 , A tugundan C tugun orqali E tugunga, ya'ni ACE yo'l uzunligi 7 ga teng bo'ladi (2.5-d-rasm).

Endi ACB , ACD , ACE lar orasidan eng kichigi tanlanadi, ya'ni B tugun tanlanadi. B tugun orqali boruvchi $ACBD=5$, $ACBE=6$ yo'llar uzunligi 2.5-e-rasmda keltirilgan.

Endi ACB , ACD , ACE lar orasidan eng kichigi tanlanadi, ya'ni B tugun tanlanadi. B tugun orqali boruvchi $ACBD=5$, $ACBE=6$ yo'llar uzunligi 2.5-f-rasmda keltirilgan.

Yuqoridagi protsedura B uchun takrorlanadi va D tugun tanlanadi (2.5-g-rasm).

Endi oxirgi E tugun tanlanadi va E tugun uchun yuqoridagi protsedura takrorlanadi (2.5-h-rasm). Natijada A tugundan har bir keyingi tugungacha bo'lgan qisqa yo'lni 2.5-i-rasmdagidek ko'rsatish mumkin.



2.5-rasm. Deykstr algoritmiga misol.

Xulosa. Ojiz algoritmlar juda tez ishlaydi, lekin hamma vaqt ham eng yaxshi global echimni ta'minlay olmaydi.

3.2. Chuqurligi bo'yicha qidiruv

Graflarda hal qiluvchi yo'llarni qurishga yo'naltirilgan bir qator strategiyalar masalani yechishda baholash funksiyasi (BF) ga asoslanadi [20, 31]. BF grafning tugunlarida aniqlanadi va haqiqiy qiymatlarni qabul qiladi. Ixtiyoriy tugun uchun hosil qilingan BF qiymati ushbu tugundan hal qiluvchi yo'lni davom ettirish kerakligi yoki yo'qligini aniqlaydi

Chuqurligi bo'yicha qidiruvda ixtiyoriy tugunning baholash funksiyasi qiymati ushbu tugundan boshlang'ich tugungacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional bo'ladi. Kengligi bo'yicha qidiruvda bu bog'lanish teskari proporsional bo'ladi. Tugunlarning chuqurligi deganda tugunlarning pog'onalari tartib raqamiga teng bo'lgan son tushuniladi. Chuqurligi bo'yicha qidiruv strategiyasini faqat tugunlar $N = \{n_1, n_2, \dots, n_r\}$ ro'yxati va yoylar $L = \{l_1, l_2, \dots, l_s\}$ ro'yxatidan iborat HF berilganda qo'llash maqsadga muvofiq. Bu yerda $l_k = (n_{ik}, n_{jk})$ qirralar bo'lib, n_{ik} tugundan n_{jk} tugunga yo'naltirilgan bo'ladi.

Chuqurligi bo'yicha qidiruv algoritmining g'oyasi quyidagidan iborat: grafning boshlang'ich tuguni yo'lning bo'shlanish tuguni sifatida qabul qilinadi. Undan keyin boshlang'ich tugundan chiqadigan bir qancha alternativ tugunlardan boshlang'ich tugundan eng uzoqda (uzunligi bo'yicha) joylashgan tugun tanlanadi. Navbatdagi tugunlarni tanlash, xuddi boshlang'ich tugundagidek, o'zidan oldingi tugunga nisbatan eng uzoqda joylashgan tugunni tanlash bilan davom ettiriladi. Tugunlarni tanlash algoritmi bo'yicha maqsadga erishuvchi yo'lni topishgacha davom ettiriladi. Misol sifatida marshrutni tanlash masalasi uchun HFda yechimlarni qidiruvda A, AB, ABC, ABCD, ABCDA optimal marshrutni keltirish mumkin (2.3, 2.4-rasmlar).

Ta'kidlash lozimki, yechimni chuqurligi bo'yicha qidiruvda eng chuqurlikga ega bo'lgan tugunlar bir nechta bo'lsa, u holda ular orasidan *eng chapdagisi* tanlanadi. Agar yechimni qidiruv tupikli holatga kelib qolsa, ya'ni joriy tugun maqsadli yechimga olib kelmasa va uning chuqurroq tugunlar bilan aloqasi bo'lmasa, u holda oldingi tugunga qaytiladi va ushbu tugundan yechimni chuqurligi bo'yicha qidiruv davom ettiriladi.

3.3. Kengligi bo'yicha qidiruv

Kengligi bo'yicha qidiruv algoritmining g'oyasi quyidagidan iborat: grafning boshlang'ich tuguni yo'lning bo'shlanish tuguni sifatida qabul qilinadi. Undan keyin boshlang'ich tugundan chiqadigan bir qancha alternativ tugunlardan boshlang'ich tugunga yaqin (uzunligi bo'yicha) joylashgan tugun tanlanadi. Navbatdagi tugunlarni tanlash, xuddi boshlang'ich tugundagidek, o'zidan oldingi tugunga nisbatan eng yaqin joylashgan tugunni tanlash bilan davom ettiriladi. Tugunlarni tanlash algoritmi bo'yicha maqsadli yechimga erishuvchi yo'lni topishgacha davom ettiriladi.

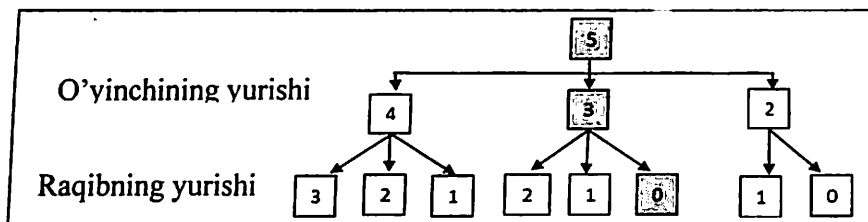
Ta'kidlash lozimki, echimni *kenglik bo'yicha qidiruvda* boshlang'ich tugunga yaqin bo'lgan tugunlar bir nechta bo'lsa, u holda ular orasidan *eng chapdagisi* tanlanadi. Agar echimni qidiruv *tupikli holatga kelib qolsa*, ya'ni joriy tugun maqsadli echimga olib kelmasa va uning chuqurroq tugunlar bilan aloqasi bo'lmasa, u holda oldingi tugunga qaytiladi va ushbu tugundan echimni kengligi bo'yicha qidiruv davom ettiriladi.

4-§. Qarshi ta'sirlanish sharoitida qidiruv

Shunday masalalar sinfi mavjudki, ularda noaniqlik elementlari uchraydi. Bunday masalalar sinfiga barcha o'yin masalalarini keltirish mumkin. Misol sifatida gugurt o'yinini qaraymiz.

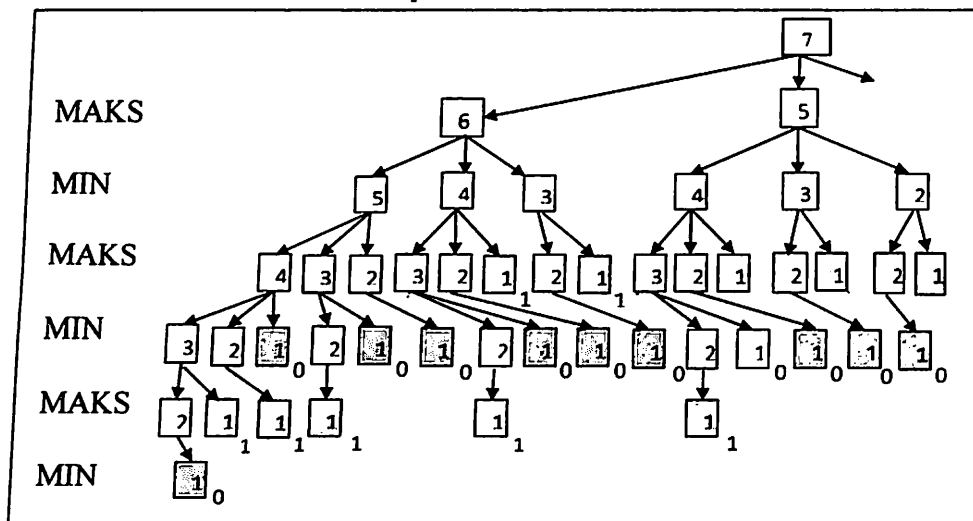
Bir qarashda, bu masala xuddi echimlar daraxtiga o'xshaydi. O'yinchi va uning raqibida har bir bosqichda 3 ta varianta yurish yo'li mavjud. Muammo shundaki, agar biz daraxtning bizni g'alabaga olib boradigan shoxchasini tanlagan bo'lsak, unda bu raqibga hech qanday mos kelmaydi va u bu shoxcha bo'ylab umuman harakat qilmaydi, balki g'alaba qozonishimizga yo'l qo'ymaslik uchun barcha choralarni ko'radi.

Shunday qilib, 2.6-rasmda o'yinlarning "5 - 3 - 0" zanjiri bizga mos keladi (tugunlar harakatdan keyin qolgan gugurtlar sonini bildiradi), ammo raqib hech qachon bunday harakat qilmaydi, balki uchta o'rniga ikkita gugurtni oladi, bu esa bizni yutqazishga olib keladi.



2.6-rasm. «23 ta gugurt» oyinida echimlar daraxtining qismi.

U yoki bu harakatning maqsadga muvofiqligini baholash uchun o'z g'alabamizga 1, raqibning g'alabasiga 0 qiymatini beraylik. Bunday holda bizning strategiyamiz natijani maksimal darajaga ko'tarish, raqibning strategiyasi esa uni minimallashtirishdan iborat bo'ladi. Tushunarli bo'ish uchun raqibni - MIN va o'zimizni - MAX deb



belgilaymiz. Echimlar daraxtidan pastga tushib, har bir tugunni eng past darajada baholashimiz mumkin (2.7-rasm).

2.7-rasm. «23 ta gugurt» oyinida echimlar daraxtining qismi (минимакс algoritmi): □ - МАКСning yutug'i; ■ - МИНning yutug'i.

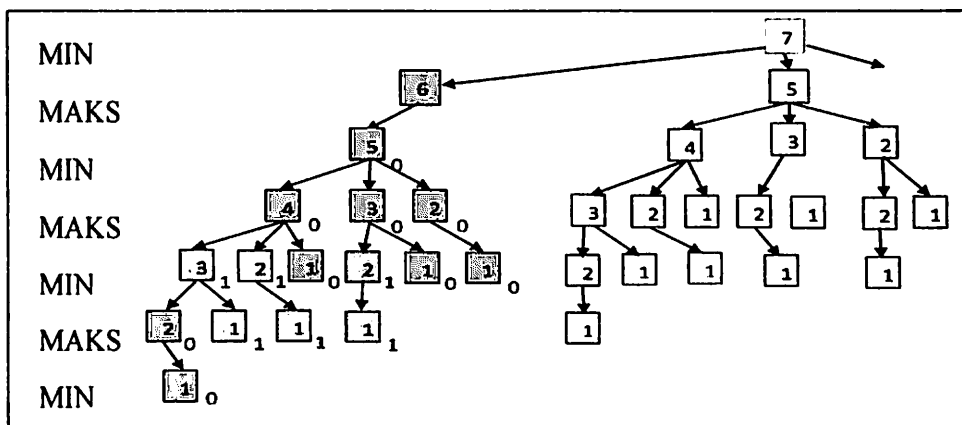
Ikkala o'yinchi ham o'z manfaatlarini yo'lida oqilona harakat qilishini taxmin qilsak, biz har bir qatlamdagi o'yinchilarning har bir harakatini yuqoriroq baholashimiz mumkin, ya'ni: harakatlarning barcha variantlaridan MIN 0 baho berganlarni afzal ko'radi, MAX esa 1 baho beradigan harakatlarni afzal ko'radi. Shunday qilib, MAXning har bir harakatining bahosi MINning javob harakatlarining minimal baholariga teng bo'ladi va aksincha, MINning har bir harakatining bahosi MAXning javob harakatlarining maksimum qiymatiga teng bo'ladi.

Umuman olganda minimaks algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

- 1) o'yin natijalarini baholash shkalasini tanlash;
- 2) daraxt bo'yicha tushish va yakuniy holatlarga baholarni ta'minlash;
- 3) boshlang'ich tugunlariga baholarni ketma-ket ta'minlash: MIN uchun - boshlang'ich tugunlardan maksimalini, MAKS uchun - minimalini;
- 4) boshlang'ich pozitsiyasining qiymatini tayinlagandan so'ng harakatlarni boshlashingiz mumkin.

Ushbu algoritm minimaks algoritmi deb nomlanadi. Korinib turibdiki, minimaks bo'yicha baholar har bir o'yinchi uchun pessimistik (umidsizlik) hisoblanadi va shuning uchun muvaffaqiyatli natijani kafolatlaydi.

Minimaks algoritmining kamchiliklari uning mehnatni ko'p talab qilishidadir, chunki butun daraxtni aylanib o'tish talab qilinadi. Ushbu algoritmning modifikatsiyasi Alfa-beta kesishish algoritmi bo'lib, u bu murakkabliklarni sezilarli darajada qisqartiradi. Yuqoridagi masalani MAKS pozitsiyasi nuqti nazaridan qarab natijani maksimallashtirish maqsadini qarab chiqmiz (2.8-rasm). Daraxtdan chap shoxlar bo'ylab pastga tushgan holda, MAX "7-6" harakat qilganda (ettita gugurt mavjud bo'lganda bitta gugurt olish) MINga "6-5" harakati bilan g'alaba qozonishiga imkon berishiga amin bo'lishimiz mumkin. Bunda MAKS harakatining bahosi MINning mumkin bo'lgan javoblarning minimal baholari bilan aniqlanganligi sababli, qo'shni "6-4" va "6-3" shoxlari bo'ylab tushishning hojati yo'q va siz darhol "7-5" shox



bo'ylab pastga tushishingiz mumkin.

2.8-rasm. Alfa-betta kesishish bilan minimaks algoritmi.

Aksincha, agar MAX "7-5" ning harakatlari 1 ballga ega ekanligini ko'rsak, u holda "7-4" shoxni tekshirishga hojat qolmaydi.

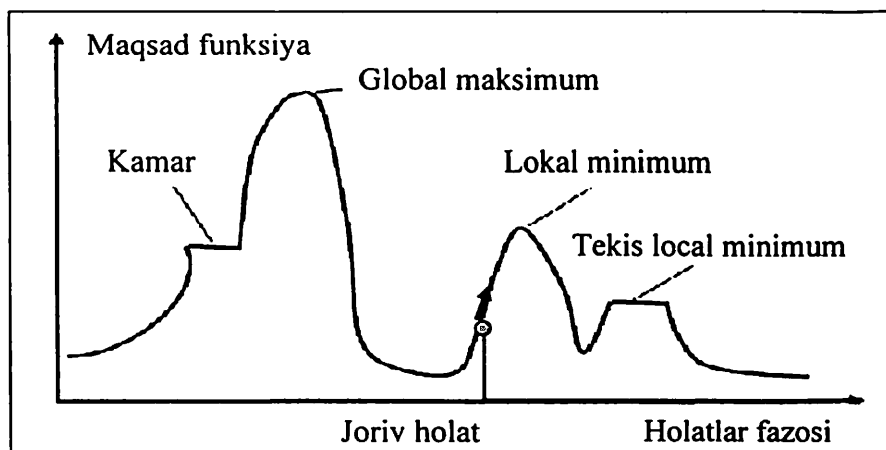
Alfa-beta kesishish algoritmining samaradorligi tugunlarni tekshirish tartibiga juda bog'liq. Agar biz avval "7-5" harakatini tekshirgan bo'lsak, unda "7-6" harakatini tekshirishimiz shart emas edi. Bu shuni anglatadiki, daraxtdan tushishni eng istiqbolli harakatlar bilan boshlash maqsadga muvofiqdir. Albatta, bu faqat kerakli ma'lumotga ega bo'lsa mumkin bo'ladi.

5-§. Lokal qidiruv algoritmlari va optimallashtirish masalalari

Lokal qidiruv algoritmlari bitta joriy holatida ishlaydi (bir nechta yo'l emas) va odatda faqat joriy holatdan qo'shni holatga o'tadi. Qoidaga ko'ra, bunday qidirish paytida bosib o'tgan yo'llar haqida ma'lumot saqlanmaydi. *Lokal qidiruv algoritmlari* HFni muntazam ravishda tadqiq etishni nazarda tutmasa ham (ular tizimli emas), ularning *ikkita muhim afzalligi bor: birinchidan, ular juda kam miqdordagi xotiradan foydalanadi va odatda ular doimiy, ikkinchidan, ular ko'pincha tizimli algoritmlarni qo'llab bo'lmaydigan katta va cheksiz (uzluksiz) HFda maqbul echimlarni topishga imkon beradi.*

Lokal qidiruv algoritmlari maqsad funksiyani qidirishdan tashqari, sof optimallashtirish muammolarini hal qilishda foydali vosita bo'lib, uning maqsadi maqsadli funksiyasi nuqtai nazaridan eng yaxshi holatni topishdan iborat. Chunki ko'plab optimallashtirish muammolari qidiruvning "standart" modeliga mos kelmaydi.

Lokal qidiruvning mohiyatini tushunish uchun HFning grafigini ko'rib chiqish mumkin (2.9-rasm). Ushbu grafik "joylashish" (bu holat bilan belgilanadi) va "balandlik" (evristik xarajatlar funksiyasi yoki maqsad funktsiya qiymati bilan belgilanadi) bilan tavsiflanadi. Agar balandlik baho qiymatiga to'g'ri keladigan bo'lsa, unda masala eng quyi chuqurlikni - global minimumni topish masalasidan iborat bo'ladi va agar balandlik maqsad funksiyaga to'g'ri keladigan bo'lsa, unda eng yuqori cho'qqini - global maksimumni topish masalasidan iborat bo'ladi. (Minimal va maksimal ko'rsatkichlarni qarama-qarshi belgilar bilan olish orqali o'zgartirish mumkin) Lokal qidiruv algoritmlari shunday manzarani o'rganadi. To'liq lokal qidiruv algoritmi har doim maqsad funksiyani global minimum / maksimum ko'rinishda topadi, agarda u mavjud bo'lsa.



2.9-rasm. HFning manzarasi.

2.10-rasmda balandlik maqsad funksiyaga mos keladigan bir o'lchovli

HFning manzarasi berilgan bo'lib, unda global maksimumni topish masalasi

qo'yilgan. Strelka yordamida ko'rsatilgandek, yuqoriga ko'tarilish yordamida qidiruv jarayonida hozirgi holatni yaxshilash uchun uni o'zgartirishga uriniladi.

6-§. Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv

Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv - bu lokal qidiruv algoritmlari oilasiga tegishli bo'lgan matematik optimallashtirish texnikasi. Bu algoritmlar masalani ixtiyoriy echimdan boshlanib, so'ngra echim elementlaridan birini bosqichma-bosqich o'zgartirib, eng yaxshi echimni topishga harakat qiladigan va takrorlanadigan usul hisoblanadi. Agar yechim eng yaxshi echimni beradigan bo'lsa, yangi echimni olish uchun harakat qilinadi va bu harakat echimni yaxshilab bo'lmaydigan darajaga yetguncha davom ettiriladi.

Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv algoritmi maqsad funksiyasining maksimal (yoki minimal) qiymatga erishishini ta'minlaydigan parametrlarning kombinatsiyasini topadi.

Bu algoritmlarni quyidagi hollarda ishlatish mumkin:

1. Holat bir nechta parametrlar to'plami ko'rinishida bo'lsa.
2. Shunday holatni topish kerakki unda maqsad funksiyasi maksimalga (yoki minimalga) erishsin.

Algoritmning asosiy g'oyasi. Algoritm bo'yicha qidiruv tasodifiy nuqtadan boshlanadi. Amaldagi mavjud bo'lgan quyidagi holatlarning ro'yxati har bir parametrlarni ketma-ket o'zgartirish orqali tuziladi. Ya'ni, har bir keyingi holat avvalgisidan faqat bitta parametr bilan farq qiladi. Mavjud bo'lganlar ro'yxatidan keyingi holatda maqsad funksiyasi maksimal bo'lgani tanlanadi. Algoritm maqsad funksiyasining joriy tugundan kattaroq qiymatiga ega bo'lgan qo'shni holatlar mavjud bo'lmaganda to'xtaydi.

Algoritm samarali ishlamasligi yoki hatto ba'zi qidiruv fazolari uchun echimni topa olmasligi mumkin. Masalan, bir nechta lokal maksimumlarga ega bo'lgan holatlar mavjud bo'lishi mumkin (bir necha balandliklar, tepaliklar). Yana bir xavf - bu *yassilik*, shuningdek koordinata o'qlaridan biriga parallel bo'lmagan *qirralar*, *tizmalar* bo'lishi mumkin.

Bunga qarshi kurashish uchun turli xil qo'shimcha vositalardan foydalaniladi, masalan, algoritmni bir necha marta qayta ishlatish mumkin.

Bu algoritm *SI nazariyasida* boshlang'ich nuqtadan maqsad holatiga erishish uchun keng qo'llaniladi. Bir-biri bilan bog'liq qator algoritmlar yordamida keyingi nuqta va boshlang'ich nuqtalarni o'zgartirish mumkin. *Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv* boshqa algoritmlarga qaraganda qidiruvni amalga oshirish vaqti cheklanganda yaxshi natijalar beradi, bu esa real vaqt tizimlarida muhim ahamiyatga ega, chunki oz sonli qadamlar yaxshi echirga (optimalga yoki unga yaqin) yaqinlashtiradi.

Algoritmning matematik tavsifi. Bu algoritm $f(x)$ maqsadli funksiyani maksimallashtirishga (yoki minimallashtirishga) harakat qiladi, bu erda x uzluksiz va/yoki diskret qiymatlar vektori hisoblanadi. Algoritm har bir iteratsiyada x da bitta elementni tuzatadi va kiritilgan tuzatishlar $f(x)$ qiymatni yaxshilayaptimi yoki yo'qligini aniqlaydi. Cho'qqiga chiqishda $f(x)$ ni yaxshilaydigan har qanday o'zgarish qabul qilinadi va bu jarayon $f(x)$ qiymatni yaxshilanib bo'lmaydigan darajaga yetguniha davom ettiriladi. Bu holda x echim "local optimum" deb aytiladi.

Diskret vektorli fazoda x ning har qanday mumkin bo'lgan qiymatini grafda tugun sifatida ifodalash mumkin. Grafda cho'qqiga chiqishda bir tugundan boshqa tugunga o'tiladi va x_m nuqtada lokal

maksimumga (yoki lokal minimumga) erishguncha har doim $f(x)$ ning qiymatini lokal ravishda oshirib (yoki kamaytirib) boriladi.

Cho'qqiga chiqishda faqat global maksimum izlanmaydi, balkim u lokal maksimumga ham olib kelishi mumkin. Agar funksiya qavariq bo'lsa bunday muammo bo'lmaydi. Biroq, barcha funksiyalar qavariq bo'lmaganligi sababli cho'qqiga chiqishda global maksimumni topa olmasligi mumkin. Bu holda ushbu muammoni bartaraf etishda boshqa lokal qidiruv algoritmlaridan, masalan, cho'qqiga chiqishning tasodifiy qidiruv, tasodifiy yurish va otjik imitatsiyali algoritmlardan foydalaniladi.

7-§. Otjig emulyatsiyali qidiruv

Qandaydir tarzda cho'qqiga chiqishni tasodifiy yurish bilan birlashtirishga urinish samaradorlikni va to'liqlikni ta'minlaydi. Ushbu turdagi algoritmi otjig (tavlanish) emulyatsiyasi algoritmi hisoblanadi [20, 31]. Metallurgiyada tavlanish bu materiallarni yuqori haroratgacha qizdirib, so'ngra ularni asta-sekin sovitib, metall va shishani temperatura qilish uchun ishlatiladigan jarayondir, bu esa materialni past energiyali kristal holatiga o'tkazishga imkon beradi. *Otjig emulyatsiyali qidiruv yordamida echimni qidiruv jaryoni shundan iboratki, dastlab kuchli silkitish (yuqori haroratgacha qizdirilishga o'xshash) bo'ladi, shundan so'ng silkitish intensivligi asta-sekin pasayadi (bu haroratning pasayishi bilan taqqoslanishi mumkin).*

Otjig emulyatsiyali qidiruv algoritmining ichki sikli cho'qqiga chiqish algoritmining sikliga to'liq o'xshaydi, ammo eng yaxshi harakat o'rniga tasodifiy tanlangan harakatni amalga oshiradi. Agar bu harakat vaziyatni yaxshilasa, u har doim qabul qilinadi. Aks holda, algoritmi berilgan harakatni 1 dan kam ehtimollik bilan qabul qiladi. Bu ehtimollik harakatning «yomonlashishi» bilan ΔE qiymatga qarab eksponentsial ravishda kamayadi va bunda uning bahosi yomonlashadi. Bundan tashqari, ehtimollik "harorat" pasayishi bilan kamayadi, shuning uchun harorat ko'tarilganda boshida "yomon" harakatlarga yo'l qo'yilishi mumkin. Agar jadvalda T da yetarlicha sekin pasayish nazarda tutilgan bo'lsa, u holda bu algoritmi 1-ga yaqinlashish ehtimoli bilan global optimallashtirishni topishga imkon beradi.

Dastlab, 1980-yillarning boshlarida otjig emulyatsiyali qidiruv algoritmi SBIS muammolarini hal qilish uchun keng qo'llanilgan.

Bundan tashqari, ushbu algoritm ishlab chiqarishni rejalashtirish muammolarini va boshqa keng ko'lamli optimallashtirish muammolarini hal qilishda keng qo'llanildi.

8-§. Evristikli qidiruv

Ko'p hollarda maqsadli hal qiluvchi y'olni topishda tugunlar N va yoylar L ro'yxatidan iborat grafda qidiruvni qisqartirish (vaqtni, hisoblash hajmini) maqsadida ba'zi bir qo'shimcha axborotlardan foydalanish imkoniyatlari mavjud. Shunday qo'shimcha axborotlar *evristikli* deyiladi. Evristikli axborotlar yordamida qidiruv evristikli qidiruv deyiladi. Masala haqidagi evristik axborotlarni hisobga olib alternative tugunlarni tanlash protsedurasi evristike deyiladi

Masala haqidagi qo'shimcha (evristikli) axborotlar ba'zi hollarda tugunlardan iborat HFda, ya'ni tugunlar to'plamida baholash funksiyasi $f(n)$ shaklida sonli ifoda ko'rinishida ifodalanishi mumkin.

HFdagi n -tugundagi baholash funksiya(BF)si $f()$, n - tugunlardan qidiruvni davom ettirishni baholash uchun haqiqiy son $f(n)$ bilan taqqoslanadi. $f(n)$ ning qiymati qanchalik kichik (ba'zi masalalarda qanchalik katta) bo'lsa, ushbu n -tugundan qidiruvni davom ettirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Shuning uchun ham evristik qidiruvni ba'zi hollarda maqsadli qidiruv deb atashadi.

Evristik qidiruvning g'oyasi quyidagidan iborat: yo'lning boshlanish tuguni sifatida nomzod tugunlar orasidan afzalroq tugunni tanlash kerak va ushbi tugun grafdagi hal qiluvchi yo'lning boshlang'ish tuguni sifatida qabul qilinadi. Undan keyin boshlang'ich tugundan boshlanadigan yo'lni davom ettirish uchun boshlang'ich tugundan chiqadigan bir qancha alternativ tugunlardan BFsi kichikroq (ba'zi hollarda kattaroq) qiymatga ega bo'lgan tugun tanlanadi. Yo'lni davom ettirish uchun navbatdagi tugunlarni tanlashda bir qancha alternativ tugunlardan BF kichikroq (ba'zi hollarda kattaroq) qiymatga ega bo'lgan tugunlar tanlanadi. Tugunlarni tanlash algoritm bo'yicha maqsadli yechimga erishuvchi yo'lni topishgacha davom ettiriladi.

BFdan foydalanishga asoslangan ko'plab evristik qidiruv usullari mavjud. Bular qatoriga chiziqli programmashtirishdagi simpleks usuli, A^* algoritmi, sonli tahlildagi ketma-ket yaqinlashish usullari, minimaxli usullar, al'fa-betta algoritm, dinamik programlash, shoxlar va chegaralar usuli, bo'linish va baholash usulilarini kiritish mumkin.

Evristik qidiruvni tasvirlash uchun namuna sifatida A^* algoritmini keltiramiz.

8.1. A^* qidiruv algoritmi

Bu algoritm HF ko'rinishida berilgan tugunlar to'plamida evristik axborotlar baholi funksiya shaklida ifodalanganda evristik qidiruvda qo'llaniladi [49, 78]. Aytaylik, yechiladigan masalaning HFni ifodalovchi grafda $N = \{n_1, n_2, \dots, n_r\}$ - tugunlar to'plami, $L = \{l_1, l_2, \dots, l_s\}$ - yoylar to'plami berilgan bo'lsin. Ushbu grafdagi ixtiyoriy $L = (n_i, n_j) \in L$ yoy uchun ushbu yoyning bahosini ifodalovchi $c(n_i, n_j)$ son aniqlangan bo'lsin. Agar bir nechta maqsadli tugunlar mavjud bo'lsa, u holda boshlang'ich tugunni n_0 , maqsadli tugunni esa t yoki t_i bilan belgilaymiz.

$f(\odot)$ BFning qiymatini shunday aniqlaymizki, uning n tugunlardagi qiymati $f(n)$ ikkita qiymatlar yig'indisi bahosidan iborat bo'ladi:

1) boshlang'ich n_0 tugunlardan n tugungacha bo'lgan yo'lining minimal bahosi;

2) n tugunlardan qaysidir maqsadli t yoki t_i tugungacha bo'lgan yo'lining minimal bahosi;

Agar birinchi bahoni $g^*(n)$ va ikkinchi bahoni $h^*(n)$ bilan belgilasak, u holda $f(n)$ baholsh funksiyasi $f^*(n) = g^*(n) + h^*(n)$ bo'ladi. $g^*(n)$ va $h^*(n)$ funktsiyalarni $c(n_i, n_j)$ lar yordamida quyidagicha aniqlash mumkin:

$$g^*(n) = \min_{\{l_\alpha\}_{n_0}^n} \sum_{l_\alpha \in \{l_\alpha\}_{n_0}^n} c(n_{i_\alpha}, n_{j_\alpha}) ;$$

$$h^*(n) = \min_{l_\alpha} \min_{\{l_\alpha\}_{n_0}^n} \sum_{l_\alpha \in \{l_\alpha\}_{n_0}^n} c(n_{i_\alpha}, n_{j_\alpha})$$

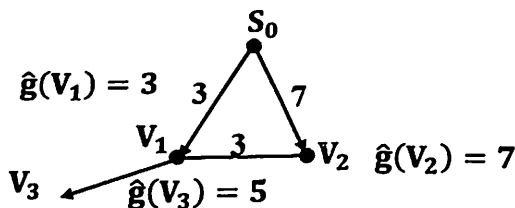
Bu yerda formuladagi $g^*(n)$ uchun minimum boshlang'ich n_0 tugundan n tugungacha bo'lgan barcha $\{l_\alpha\}_{n_0}^n$ yo'llar bo'yicha hisoblanadi. Formuladagi $h^*(n)$ uchun tashqi minimum barcha maqsadli t_i tugunlar bo'yicha, ichki minimum esa boshlang'ich n tugundan tugallanadigan maqsadli t_i tugungacha bo'lgan barcha $\{l_\alpha\}_{n_0}^n$ yo'llar bo'yicha hisoblanadi. $\{l_\alpha\}_m^n$ belgilash boshlang'ich m tugundan n tugallanadigan ixtiyoriy yo'l uchun foydalaniladi.

Umumiy holda sini $f(n) = g(n) + h(n)$ aniqlash mumkin, bu yerda $g(n)$ funksiy - $g^*(n)$ funksiyalarning qandaydir bahosi (yaqinlashish), $h(n)$ funksiya esa - $h^*(n)$ funksiyalarning qandaydir bahosi (yaqinlashish). $g(n)$ funksiyning bahosi sifatida n_0 tugunlardan n tugungacha bo'lgan $\{l_\alpha\}_{n_0}^n$ yo'llardagi yo'ylar bahosining yig'imdisi, ya'ni $g(n) = \sum_{l_\alpha \in \{l_\alpha\}_{n_0}^n} c(n_{l_\alpha}, n_{j_\alpha})$.

Barcha maqsadli bo'lmagan tugunlar uchun $h(n) \leq h^*(n)$ shartni qanoatlantiruvchi $f(n) = g(n) + h(n)$ A* algoritmi deb ataladi. Barcha maqsadli bo'lmagan tugunlar uchun $h(n) \leq h^*(n)$ shat qatnashmasa BF $f(n) = g(n) + h(n)$ A algoritmi deb ataladi.

A va A* algoritmilarida $g(n)$ funksiya $g^*(n)$ funksiyalarning qandaydir bahosi hisoblanadi. Ikkala algoritmda ham tugunlarni qidiruvni davom ettirish uchun alternativ tugunlar orasidan $f(n)$ funksiyaning eng kichik qiymatiga mos keladigan tugun tanlanadi.

Misol. Aitaylik qidiruvning 1-qadamida S_0 tugun ochilgan bo'lsin va undan yo'lning baholash qiymatlari $\hat{g}(V_1) = 3$ va $\hat{g}(V_2) = 7$ ega bo'lgan V_1 va V_2 tugunlar chiqqan bo'lsin. 2-qadamda V_1 tugun ochiladi va undan V_3 va yana V_2 tugun chiqadi, bunda V_1 tugundan V_2 tugunga olib boruvchi yo'lning baholash funksiya qiymati $\hat{g}(V_1) = 3$. Ko'rinib turibdiki, S_0 tugundan V_2 tugungacha bo'lgan qisqa yo'lning bahosi $\hat{g}(V_2) = 6$ (2.11-rasm).



2.11-rasm.

Ta'kidlash joizki, $\hat{g}(V) = 7 \geq g(V) = 6$.

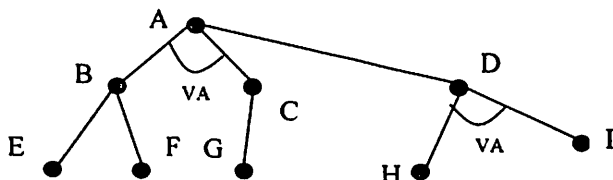
Nazorat savollari

1. HFda echimni qidiruv usullari odatda qanday tiplarga bo'linadi?
2. Holatlar daraxtini qurish qanday amalga oshiriladi ?
3. Ojiz algoritmilarining maqsadi nimadan iborat?
4. Deykstr algoritmi qanday qoidalarga amal qiladi?
5. Chuqurligi bo'yicha qidiruv algoritmining g'oyasi nimadan iborat?

6. Kengligi bo'yicha qidiruv algoritmining g'oyasi nimadan iborat?
7. Qarshi ta'sirlanish sharoitida qidiruvda qanday masalalar qaraladi?
8. Lokal qidiruvning mohiyatini tushuntiring?
9. Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv algoritmini g'oyasi qanday?
10. Otjig emulyatsiyali qidiruv algoritmining mazmunini tushuntiring?
11. Evristik qidiruvning g'oyasi nimadan iborat ?
12. Umumiy holda A* algoritmda baholash funksiyasi qanday ko'rinishda aniqlanadi?

Nazorat testlari

1. Daraxtda masalalar ostilarining o'zaro aloqasi strukturalitiplarda bo'lishi mumkin.
 - a) VA-strukturalar va VA-YOKI-strukturalar;
 - b) VA-strukturalar va VA-U HOLDA-strukturalar;
 - c) VA-strukturalar va U HOLDA-YOKI-strukturalar;
 - e) AGAR -U HOLDA -strukturalar va VA-YOKI-strukturalar.
2. Daraxtda A masala yechiladi, agardamasalalar yechilsa.



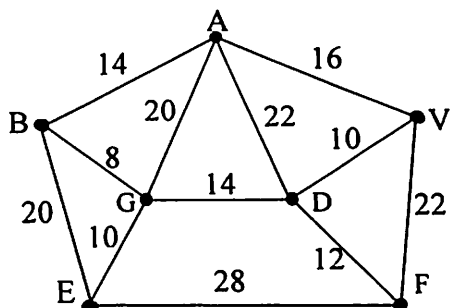
- a) B va C yoki D; b) B yoki E; c) B va C yoki G; e) B va C yoki H.
3. Grafda tugunlarning chuqurligi deganda pog'onalar tartib raqamiga teng bo'lgan son tushuniladi.
 - a) tugunlarning; b) yoylarning;
 - c) tugun va yoylarning; d) qo'shma tugunlarning.
4. Grafda yo'lnibo'yicha qidiruvda ixtiyoriy tugunning baholash funksiyasi qiymati ushbu tugundan boshlang'ich tugungacha bo'lgan masofaga proporsional bo'ladi.
 - a) chuqurligi; to'g'ri; b) kengligi; to'g'ri;
 - c) chuqurligi; teskari; e) ierarxikli; teskari.
5. Grafda yo'lni bo'yicha qidiruvda ixtiyoriy tugunning baholash funksiyasi qiymati ushbu tugundan boshlang'ich tugungacha bo'lgan masofaga proporsional bo'ladi.

- a) kengligi; teskari; b) kengligi; to'g'ri;
c) chuqurligi; teskari; e) ierarxikli; teskari.
6. Ojiz algoritmi - bu qarorlarni qabul qilish jarayonini elementar bosqichlarga bo'lish mumkinligiga asoslanib, qaror qabul qilinadigan optimallashtirish muammolarini hal qilish usuli.
a) har bir tugunda alohida; b) faqat oxirgi tugunda;
c) faqat boshlang'ich tugunda; d) boshlang'ich va oxirgi tugunlarda.
7. Deykstr algoritmi grafdagi tugundan tugunlarga bo'lgan eng yo'lni topadi.
a) alohida; barcha boshqa; qisqa; b) faqat boshlang'ich; oxirgi; qisqa;
c) alohida; barcha boshqa; uzun; d) alohida; barcha boshqa; uzun.
8. To'liq lokal qidiruv algoritmi har doim maqsad funksiyani topadi, agarda
u mavjud bo'lsa va optimal algoritmi har doim minimumni / maksimumni
a) global; topadi; b) globalmas; topadi;
c) lokal; topmaydi; d) global; topmaydi.
9. Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv algoritmi masalani ixtiyoriy echimidan boshlanib, so'ngra echim elementlaridan birini o'zgartirib, eng yaxshi echimni topishga harakat qiladigan va usul.
a) bosqichma-bosqich; iteratsiyali; b) aralash; parallel;
c) kombinatsiyali; takrorlanmaydigan; d) aniq; uzluksiz.
10. A* algoritmda baholash funksiyasi umumiy holda qanday beriladi ?
a) $f(n) = g(n) + h(n)$; b) $f(n) = h(n)$; c) $f(n) = g(n)$; e) $f(n) = g(n) + h(n) + 1$.

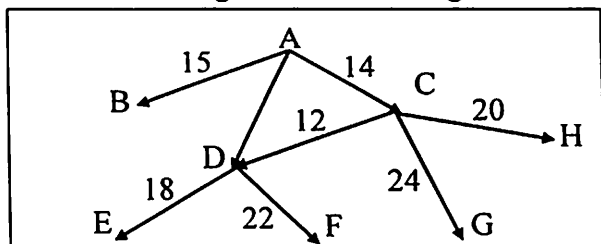
Masala va topshiriqlar

1. A boshlang'ich tugunli 3 va 5 qatlamli "va-yoki" tipli daraxtni quring.
2. "Agar B va C yoki D va K masalalar yechilsa, u holda A va E yoki F va G masalalar yechiladi" mulohazani graf ko'rinishda tasvirlang.
3. $((E \rightarrow F) \rightarrow B) \wedge (G \rightarrow C) \vee ((H \rightarrow I) \vee D) \rightarrow A$ mantiqiy formulani graf ko'rinishda tasvirlang.
4. O'zbekiston Respublikasi kartasidan foydalanib, viloyatlarni bog'lovchi transport harakati marshrutini chuqurligi, kengligi va A* qidiruv algoritmlari asosida aniqlang va graf ko'rinishda tasvirlang.

5. Robot o'z harakatini n punktlarning ixtiyoriy bittasidan boshlab, har birida faqat bir martadan bo'lib, yana boshlang'ich punktiga qaytib kelishi kerak. Quyidagi grafda berilgan $A \rightarrow E, A \rightarrow F, B \rightarrow V, V \rightarrow E$ marshrutlar uchun eng qisqa yo'lni toping. Ushbu marshrutlarni daraxt ko'rinishda tasvirlang.



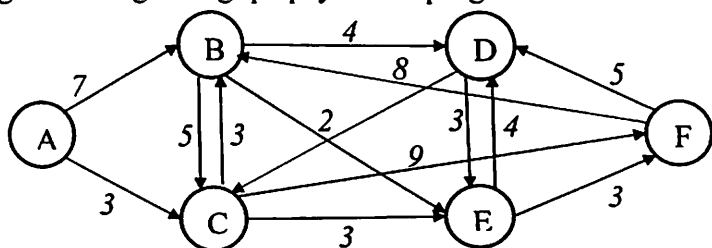
6. Aytaylik zavodlar orasidagi masofalar berilgan bo'lsin.



Zavodlar orasidagi masofa biryoqlama, ya'ni harakat bir tomonga yo'naltirilgan bo'lishi mumkin. Zavodlar orasidagi masofaning yig'indi qiymati va maksimal qiymatini aniqlang:

1) A-E; 2) A-F; 3) A-H; 4) A-G;

7. Deykstr algoritmidan foydalanib alohida tugundan barcha boshqa tugunlarga bo'lgan eng qisqa yo'lni toping.



1) A-D; 2) A-F; 3) A-E; 4) C-F; 5) F-B; 7) E-C; 8) F-E.

3-BOB. SUN'IY INTELLEKTDAGI BILIMLARNI TAQDIM ETISH

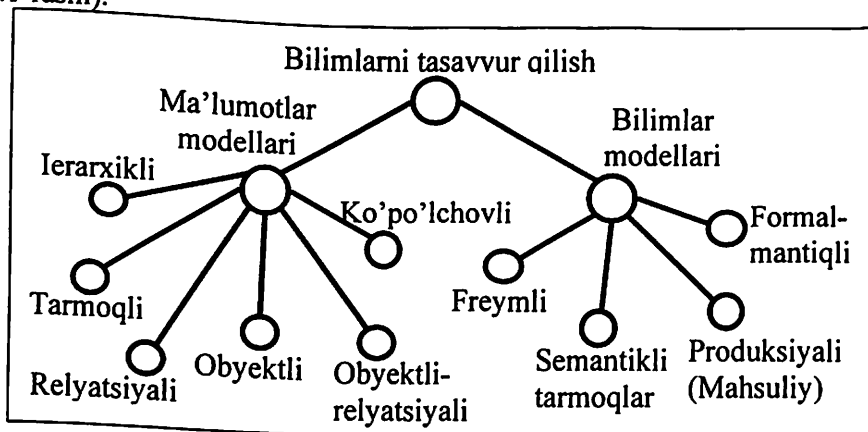
1-§. Sun'iy intellekt rakursida tasavvur va idrok

1.1. Tasavvur

Tasavvur - bu qandaydir tushunchani figura, yozuv, til yoki formal shaklda qabul qilinadigan amal hisoblanadi.

Bilimlarni tasavvur qilish - bu figuralar, yozuvlar va tillar asosida chin mulohazalarni formallashtirishdir. Bilimlarni tasavvur qilishga taalluqli passiv aspektga kitob, jadval, ma'lumot bilan to'ldirilgan xotira kiradi. Sida tasavvur qilishning quyidagi aspektlari belgilanadi, ya'ni bilish faol operatsiyalardan biri bo'lib, nafaqat bilimlarni saqlash, balki olingan bilimlar asosida fikr yuritish imkonini beradi. Shuningdek, bilimlarni tasavvur qilish manbai - fanda anglashni, uning oxirgi maqsadi esa - informatikaning dasturiy vositalari hisoblanadi. Bilimlarni tasavvur qilishga taalluqli ko'pgina holatlar juda ham chegaralangan sohalarga qarashli bo'ladi, *masalan*, inson holatini tasvirlab berish, o'yindagi holatlarni tasavvur qilish (masalan, shaxmatda figuralarning joylashishi), korxona ishchilarining joylashishini tasavvur qilish, manzarani tasavvur qilish.

Bilimlarni tasavvur qilishning ko'plab formal tizimlari mavjud bo'lib, ular bilimlarni tasavvur qilish modellari yoki tillari deb yuritiladi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Bilimlarni tasavvur qilish modellari.

Bilimlarni tasavvur qilish tillari orasida *strukturalashgan* va *strukturalashmagan* ma'lumotlar modellarini ajratish mumkin.

Strukturalashmagan ma'lumotlar haqidagi bilimlarni formallashtirish ikki bosqichdan iborat [41]:

1. Bilimlarni tabiiy-tilli belgili tizimlar asosida formallashtirish. Masalan, turli janrlardan matnlarni hosil qilish;

2. Matnlarni indeksatsiylash, sahifa va lug'at tuzish.

Strukturalashmagan ma'lumotlar modellari sifatida indeksirlashning formal tillari qaraladi. Strukturalashgan ma'lumotlarni (deklarativ bilimlarni) MBda saqlash uchun ko'p hollarda ierarxikli, tarmoqli, relyatsionli, obyektli, obyektli-relyatsionli va ko'p o'lchovli modellardan foydalaniladi.

Protsedurali bilimlarni tasavvur qilish uchun formal-mantiqiy, produksiyali, freymli va semantik tarmoqlar modellaridan foydalaniladi.

1.2. Idrok

Idrok -bu his-tuyg'ularda bo'lgani kabi, uning his-tuyg'ulariga bevosita ta'sir qiladigan narsalar va hodisalarning his-tuyg'ulariga ta'sir qiladigan odamning ongida aks ettirishning aqliy bilim jarayonidir.

Idrokning asosiy va muhim sharti - bu obyektiv dunyodagi obyektlar va hodisalarning hissiy organlarga ta'siri. Oddiy so'zlar bilan idrok nima? Hayot jarayonida inson dunyoni bilishni to'xtatmaydi. Misol uchun, do'konda siz biror narsaga qiziqasiz: siz uni to'qimalar, vazn, zichlik, rang, hid, ta'm va shunga o'xshash narsalarni tushunish uchun qo'lingizga olasiz, ya'ni kerakli sezgi organlarni (oziq - ovqat - ta'm, kitob-ko'rish) ishlatasiz. Bu xususiyatlarning barchasi turli xil his-tuyg'ularga olib keladi, ular birgalikda obyektning tasvirini yaratadi. Shunday qilib, bilish jarayoni idrok etishdan iborat bo'ladi.

Idrok qilish pog'onalari. Ushbu jarayon 4 pog'onani o'z ichiga oladi:

1. *Aniqlash* - bu erda tashqaridan ma'lum bir rag'bat borligini tushunamiz (quloq ma'lum bir signalni sezadi).

2. *Ajratish* - bu stimulning haqiqiy hissi (inson bu ovoz ekanligini tushunadi).

3. *Identifikatsiyalash* - ruhiy tajribada mavjud bo'lganlar orasida tasvirni qidirish (u tanishlardan qaysi biriga o'xshash?).

4. *Tanib olish* - tasvirni muayyan toifaga tegishli ekanligini aniqlash (bu derazadan tashqarida bolalarning kulgisi).

Idrok qilish xususiyatlariga quyidagilar kiradi.

1. *Tanlash (Selektivlik)* - bir vaqtning o'zida bosqalarning fonida bir obyekttni imtiyozli ravishda ajratish. Kitob do'konida siz keyingi o'qish uchun qaysi birini sotib olish kerakligini aniqlash uchun kitoblarni birma-bir ko'rib chiqasiz.

2. *Idrok qilishning predmeti* - bu obyektning atrof-muhit obyektlarining muayyan toifasiga kiritishdir. Misol uchun, yashil, dumaloq, qattiq va shirin - bu olma, meva va yashil, uzun va jingalak - bu timsoh, hayvon.

3. *Apperseptsiya (idrokning tajribaga va bilimga bog'liqligi)* tasvirning shakllanishiga aqliy tajribaga, shaxsning shaxsiy xususiyatlariga qarab ifodalanadi. Qisqacha aytganda, odamlar o'z e'tiqodlari, nuqtai nazarlari, qadriyatlari va ehtiyojlariga tayanib, bir xil narsalarni boshqacha qabul qilishadi.

4. *Yaxlitlik (butunlik)* - bu tasvir har doim olingan his-tuyg'ularning kombinatsiyasi asosida butun sifatida qabul qilinishini ko'rsatadigan xususiyatdir. Ya'ni, u faqat rang yoki ovozni yaratolmaydi. Misol uchun, qurbaqa chivinni chivin deb hisoblamaydi, agar u harakatsiz qolsa, u ov qilmaydi.

5. *Strukturaviylik* shundan iboratki, idrok shaxsiy his-tuyg'ularning yig'indisi emas. Tasvir faqat ularning o'zaro munosabatlari tufayli tug'iladi. Har bir element butun bilan bog'liq holda mazmunli bo'ladi. Misol uchun, katta, temir va suvda suzadi - bu paroxod, temir yo'lda katta va temir - bu poezd. Ko'rinib turibdiki bitta elementni almashtirish tasvirni o'zgartiradi.

6. *Barqarorlik* - bu atrof-dagi narsalarning nisbiy barqarorligi. Nima uchun nisbiy? Kun davomida sizning uyingiz ko'k rangga ega ekanligini aniq ko'rasiz, lekin tunning boshlanishi bilan u kul rangga aylanadi. Shu bilan birga, siz uyingiz sizniki ekanligini aniq bilasiz, chunki siz vizual idrokning o'zgarishi haqiqatiga ahamiyat bermaysiz.

7. *Zehnlik* - bu atrof-dagi olamning obyektlari va hodisalarining anglab olinishi. Misol uchun, agar biz qoshiqni ko'rsak, unda nima uchun va uni qanday ishlatishni darhol tushunamiz. Bu tushuncha tug'ma emasligini tasdiqlaydi: biz uni hayot davomida o'rganamiz.

Idrok qilish turlarini sinflash. Idrok qilish turlarining bir nechta sinflari mavjud:

Modallik bo'yicha: 1) *Vizual* - vizual tasvirni yaratish; 2) *Eshitish* - tovushlarni qabul qilish; 3) *Sezuvchanlik bilan idrok qilish* - dokunsal hislar orqali atrof-muhit haqida ma'lumotni o'qish; 4) *Hid sezish organi* - hidlarni ajratish; 5) *Ta'm sezish organlari* - ta'm sezgilari yordamida timsolni yaratish.

Etakchi analizator bo'yicha:

1) *Oddiy ko'rinish* - bu ko'rish, eshitish va teginish. Bunday idrok etishlar barcha sog'lom odamlarda mavjud. Bir kishi tez-tez

foydalanadigan analizatorga qarab, u tegishli turdagi idrokchilar bilan bir guruh odamlar deb ataladi;

2) *Kinestetikli* (his-tuyg'ular, harakat) - inson (u kinestetik deb ataladi), bu narsalarning harakatiga, bu narsalarning paydo bo'lishiga asoslangan ma'lumotlarni hisoblaydi. Uning nutqida doimo "qabul qilish", "ushlab olish", "sinash", "his qilish", "his qilish" so'zlari bor;

3) *Audialli* (ovozli) - dunyoni idrok qilishning aksariyati eshitish orqali amalga oshiriladi. Bunday odamlar tez-tez "men eshitaman", "eshiting", "tinglang", "tovushlar" va boshqalarni aytadilar;

4) *Vizualli* (ko'rishli) - etakchi qabul qiluvchi ko'zlar: "men ko'rayapman", "qarayman", "tasavvur qilaman" kabilar hisoblanadi.

2-§. Bilim va mulohaza

2.1. Bilim

Ma'lumotlar - bu alohida faktlar bo'lib, PrSdagi obyektlar, jarayonlar va hodisalarni hamda ularning xossalarini tavsiflaydi.

Bilimlar - bu PrSdagi obyektiv qonuniyatlar (prinsiplar, aloqalar, qonunlar) bo'lib, ular amaliy faoliyat va professional tajribalar natijasida olinadi va mutaxassislariga ushbu sohada masalalarni qo'yish va yechishga imkoniyat yaratadi.

Bilim - bu tashqi olamdan tirik mavjudod (subyekt) yordamida idrok etilgan axborotlar. Bilimning ma'lumotdan farqli tomoni uning subyektivligidadir. Bilim subyektning hayotiy tajribalariga, uning tashqi olam bilan o'zaro aloqalar tarixiga, ya'ni uning o'rganish va o'zini-o'zi o'rganish jarayonlariga asoslanadi.

SI bo'yicha yaratilgan adabiyotlarga asoslangan holda bilimning ma'lumotlardan farqli tomonlarini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

- bilimlar ko'proq strukturalashgan bo'ladi;
- bilimlarda ma'lumotlarga o'xshab bilimlarning alohida elementlari emas, balki ular orasidagi o'zaro bog'liqlik muhim ahamiyatga ega;
- bilimlar ma'lumotlarga nisbatan o'zini-o'zi izohlovchi bo'ladi, ya'ni bilimlarda ulardan qanday foydalanish haqidagi axborotlar mavjud bo'ladi;
- bilimlar ma'lumotlarga nisbatan faolroq bo'ladi, ya'ni bilimlar ulardan foydalanayotgan tizim harakatiga ta'sir etishi mumkin.

EHMda bilimlar ma'lumotlar kabi belgili ko'rinishda - formulalar, matnlar, fayllar, axborot massivlar va sh.k. ko'rinishida tasvirlanadi.

2.1.1. Bilimlarning xususiyatlari

Bilimlar quyidagi xususiyatlarga ega [7]:

1. *Ichki izohlanuvchanlik*. Har bir axborot birlik yagona nomga ega bo'lishi lozim. IT bu nomga ko'ra axborotni topadi, hamda bu nom zikr etilgan so'rovlarga javob beradi. Xotirada saqlanuvchi ma'lumotlar nomlardan forig' qilinsa, ularni tizim tomonidan identifikatsiya qilish imkoniyati bo'lmaydi. Ma'lumotlarni faqatgina dasturni yozgan dasturchi ko'rsatmasiga ko'ra xotiradan oladigan dastur identifikatsiya qila olardi.

2. *Strukturaviylik*. Axborot birliklar qat'iy strukturaga ega bo'lishi va ular uchun «ichma-ichlik» prinsipi bajarilishi zarur. Har bir axborot birlik boshqa ixtiyoriy birining tarkibiga kiritilishi mumkin va har bir axborot birlikdan uni tashkil etadigan qandaydir axborot birlikni ajratish mumkin. Boshqacha aytganda alohida axborot birliklar orasida «qism-butun», «tur-xil» yoki «element-sinf» kabi munosabatlarni ixtiyoriy o'rnatish imkoniyati mavjud bo'lishi kerak.

3. *Bog'langanlik*. Axborot bazada axborot birliklar orasida har xil turdagi bog'lanishlarni o'rnatish imkoniyati ko'rilgan bo'lishi kerak. Avvalo bu bog'lanishlar axborot birliklar orasidagi munosabatlarni xarakterlashi mumkin. Munosabatlar semantikasi deklarativ yoki protsedurali xarakterga ega bo'lishi mumkin. Masalan ikki yoki undan ortiq axborot birliklar «bir vaqtning o'zida» munosabati orqali, ikkita axborot birliklar «sabab-natija» yoki «yonma-yon bo'lish» munosabatlari orqali bog'langan bo'lishi mumkin.

4. *Semantik metrika*. Ba'zi hollarda axborot birliklar to'plamida axborot birliklarning holatliy yaqinligini xarakterlovchi munosabatini, ya'ni axborot birliklar orasidagi assotsiativ bog'lanish kuchini berish foydali. Uni axborot birliklar uchun relevantlik munosabati deyish mumkin. Bunday munosabat axborot bazada qandaydir namunaviy vaziyatni ajratish imkonini beradi (masalan, «harid», «chorrahada harakatni boshqarish»). Relevantlik munosabatlari axborot birliklar bilan ishlaganda topilgan bilimlarga yaqin bilimlarni topishga imkon beradi.

5. *Faollik*. EHMlarning paydo bo'lishi va ularda ishlatiladigan axborot birliklarning ma'lumotlarga va buyruqlarga ajratilishidan boshlab ma'lumotlar passiv, buyruqlar esa faol vaziyatda yuzaga keldi. EHMda sodir bo'ladigan barcha jarayonlar buyruqlar yordamida amalga oshiriladi, ma'lumotlar esa bu buyruqlar tomonidan kerak bo'lganda foydalaniladi.

Bilimlarning sanab o'tilgan beshta xususiyatlari shunday qirralarni aniqlaydiki, qaysikim ma'lumotlar bilimlarga va MB esa BBga aylanadi.

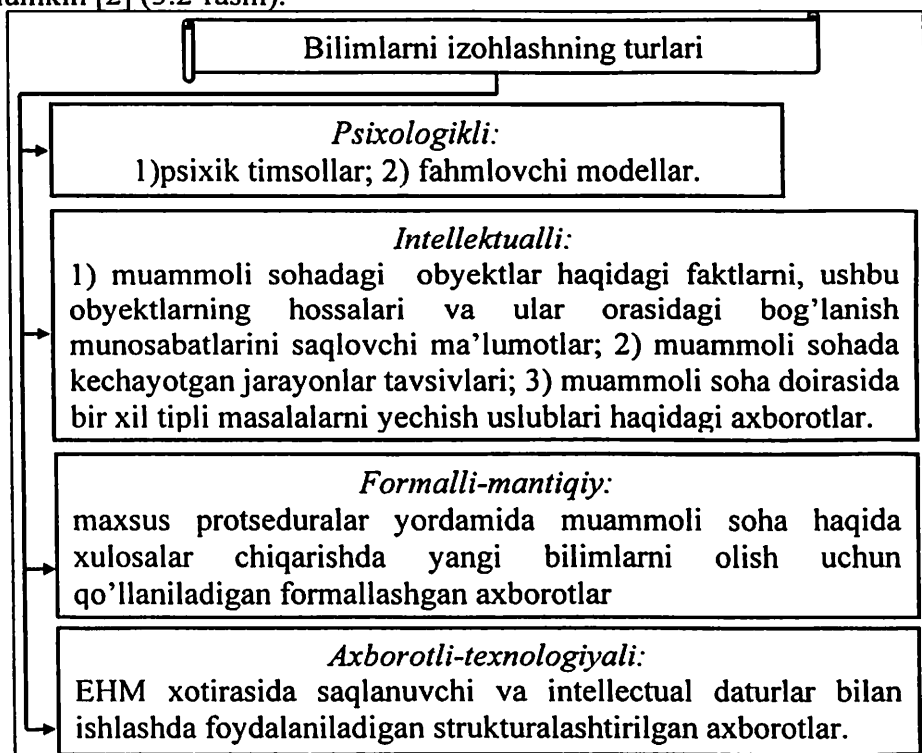
2.1.2. Bilimlarning tiplari va bilimlarni sinflash

Bilimlarning izohlarini hisobga olib, ularni ikkita: *obyektiv* va *subyektiv* (inson bilimlari) bilimlarga ajratish mumkin [2].

Obyektiv bilimlar aniq obyekt yoki obyektlar sinfini (narsalar, jarayonlar, hodisalar va h.k.) tavsiflash bilan bo'g'liq.

Subyektiv bilimlar inson, insonlar guruhi yoki sun'iy bilimlar manbalaridan (kitob, o'quv kursi, gazeta, ilmiy jurnal, videofilm va boshqalar) olinadi.

Ko'p hollarda bilimlar sifatida - predmetlar, hodisalar, ularning hossalari va ular orasidagi munosabatlarni ifodalovchi fahmlovchi dinamik modellar qaraladi. Psixologik jihatdan bilimlar sezuvchu, tasvirli va belgili modellar shaklida mavjud bo'ladi. Bilimlarni yuqorida keltirilgan *izohlashlar nuqtai-nazaridan* to'rtta guruhga birlashtirish mumkin [2] (3.2-rasm).

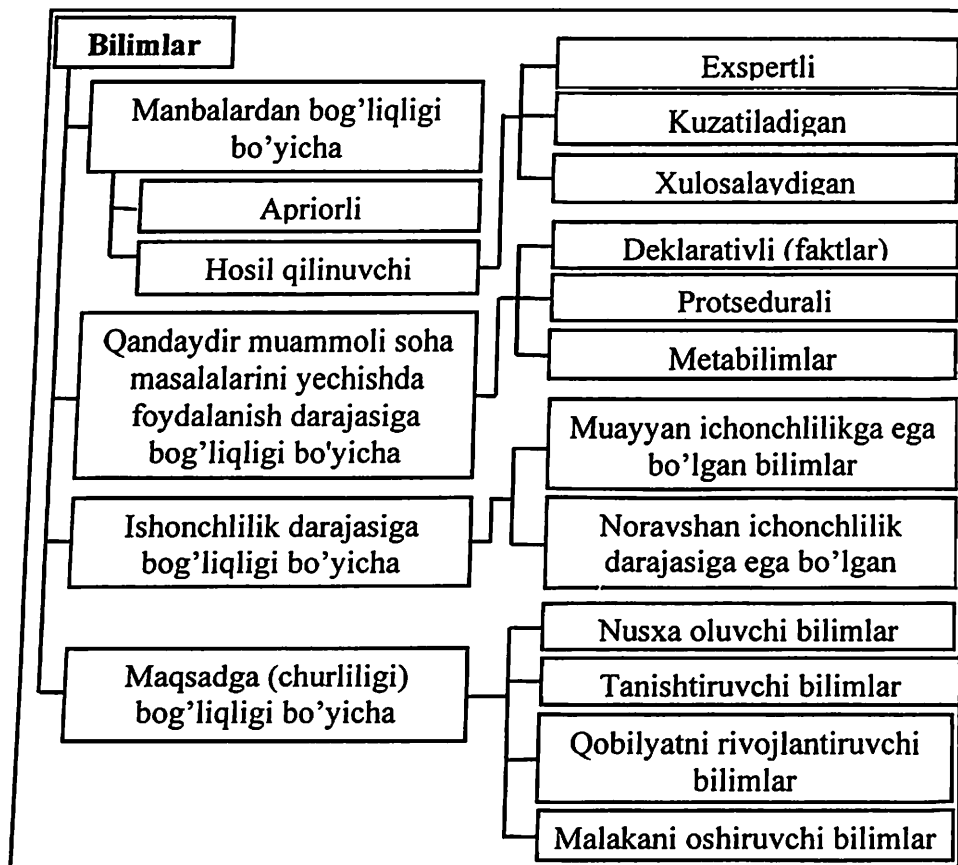


3.2-rasm. Bilimlarni izohlash nuqtai-nazaridan sinflash.

3.2-rasmda:

- psixologikli - bilimlarni psixologlar izohlaydi;
- intellektualli - bilimlarni SI sohasidagi mutaxassislar izohlaydi;
- formalli-mantiqli - bilimlarni mantiqchilar izohlaydi;
- axborotli-texnologikli - bilimlarni pragmatik-daturchilar va axborot tizimlarni yaratuvchilar izohlaydi.

Bilimlarni manbalardan olish xarakterlariga, foydalanish hamda ishonchlilik darajalari va maqsadga bog'liqligiga qarab sinflash 3.3-rasmda keltirilgan [2].



3.3-rasm. Bilimlarni sinflash.

Bilimlarni olishning *manbalariga qarab* ular *aprior* va *hosil qilinadigan* bilimlarga bo'linadi. *Aprior bilimlar* MBni o'z ichiga olgan ITlar o'z faoliyatini boshlanguncha undagi MBda aniqlanadi va

to'planadi. *Hosil qilinuvchi bilimlar* MBdan foydalanish jarayonida shakllantiriladi.

Ushbu bilimlarning manbalari sifatida ekspertlar, tashqi sun'iy kuzatuvchi qurilmalar (turli xildagi datchiklar, timsollarni anglash mexanizmlari va h.k) hamda IT doirasida bilimlarni hosil qilish va xulosalash qoidalari hamda protseduralari bo'lishi mumkin.

Bilimlardan *foydalanish aspektlariga qarab* ularni *deklarativli* (faktlar, ma'lumotlarning tavsifiy tipi), *protsedurali* (qandaydir muammoli sohada bir xil tipdagi masalalarni yechish uslublari haqidagi axborotlar) va *metabilimlarga* (bilimlar haqidagi bilimlar) *ajratish mumkin [2]*.

Deklarativ bilimlar obyektlarni va ular orasidagi munosabatlarni tavsivlash uchun qo'llanildi.

Protsedurali bilimlar -o'zini-o'zi izohlovchi bilimlardan iborat bo'lib, protseduralarni tavsiflashda qo'llaniladi. Bu protseduralarda PrSning hamda uning MBdagi modellari o'zgarishi bilan bog'liq harakatlari dasturlashtirilgan bo'lishi mumkin. Bunda BBning ba'zi qismlarini qayta ishlovchi maxsus protseduralar nabori joriy holatni ifodalaydi.

Metabilimlar ko'p hollarda bilimlar haqidagi bilimlar shaklida aniqlanadi va bilimlardan foydalanish prinsiplari haqidagi umumiy ma'lumotlardan iborat bo'ladi.

Bundan tashqari bilimlarni quyidagi tiplarga ajratishadi:

- interfeysli - atrof-muhit bilan aloqa qiluvchi bilimlar;
- muammoli- PrS haqidagi bilimlar;
- protsedurali - masalarni yechish usullari haqidagi bilimlar;
- strukturali - operatsion tizimlar haqidagi bilimlar;
- metabilimlar - bilimlarning hossalari haqidagi bilimlar.

Maqsadga yo'naltirilganlik nuqtai-nazaridan bilimlarni extensionalli (aniq, tashqi) va intensionalli (abstraktli, maqsadli) tiplarga ajratish mumkin. *Extensionalli bilimlar* haqiqiy olamdagi obyektlar haqidagi faktlarni ifodalaydi. Ushbu bilimlarga misollar sifatida relyatsion bazalarni keltirish mumkin:

1) Axmedov avtomobilga ega; 2) To'rtburchak-bu geometrik shakl. 3) Yerdan quyoshgacha bo'lgan masofa 150 mlrd. km;

Intensionalli bilimlar faktlarni bir-biri bilan bog'lovchi qoidalar yoki haqiqiy olam qonuniyatlarini ifodalaydi. Ushbu bilimlarga misollar sifatida mahsuliy bazalarni keltirish mumkin:

1) Inson shaxsiy mulkga ega bo'lishi mumkin, masalan, avtomobil;

2) Agar geometrik shaklning to'rtida burchagi bo'lsa, u holda bu to'rtburchak;

2) Planetada hayot bo'lishi uchun, u yerdan 100-300 mlrd.km masofada bo'lishi kerak.

2.2. Mulohaza

Mulohaza - bu mantiqiy izchil shaklda bayon etilgan muayyan mavzu doirasida izchil fikr va xulosalardir. Mantiqda mulohaza ikki xil ma'noga ega - *umumiy* va *maxsus*. *Umumiy ma'noda* mulohazalash deb aqlning faoliyatiga aytiladi, ba'zida mulohazalash fikrlash tushunchasi bilan sinonimdir. *Maxsus ma'noda*, mulohaza tushunchasi tahlilni ifodalash uchun ishlatiladi, argumentlarni har qanday holat foydasiga aqliy yondashish va bu argumentlar izchil va metodik tarzda ifodalanishi kerak, shuning uchun ular isbotlanadigan tasdiqlarni keltirib chiqarish uchun yetarli asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Har qanday mulohaza tabiiy ravishda bir necha qismga bo'linadi:

➤ birinchidan - boshlang'ich nuqtani tashkil etuvchi va dalilning yakuniy maqsadini ifodalovchi mavzu yoki holatning aniq ta'rifining mavjudligi;

➤ ikkinchidan - isbotlanadigan holat foydasiga hizmat qiladigan dalillarni o'tkazish va tahlil qilish. Mulohazalashning keng qamrovli bo'lishi uchun nafaqat argumentlarni hisobga olish, balki tekshirish kerak, ya'ni tasdiqlangan holatga qarshi bo'ladigan barcha faktlar va qoidalar faqat aniq ma'noga ega ekanligini va bu holat bilan kelishilganligini ko'rsatish kerak.

➤ Uchinchidan - har qanday mulohazaning oxirgi holati uning xulosasi yoki yakuniy natijasidir. Har qanday mulohazaning tortishish markazi ijobiy va salbiy tomonlarni topish va ularni tahlil qilish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak.

Mulohazaning mazmuni obyekt yoki hodisaning mohiyatini aniqlashdan iborat. Mulohazada tushunchalar aniqlanishi mumkin, umumiy tushunchalar uning turlari bo'yicha ajralib chiqadi, bir xil umumiy kontseptsiyani to'playdi, bir-biriga o'xshash narsalar va hodisalarni o'xshashlik yoki farqni ko'rsatish uchun taqqoslaydi, hodisalarning sabablari va oqibatlari ko'rsatiladi, bu yoki boshqa fikrlar rad etilishi yoki tasdiqlanishi mumkin.

Mulohaza - og'zaki taqdimot, tushuntirish, muayyan fikrni tasdiqlasdir. Mulohazada ma'lum bir fikr mantiqan asoslanadi va isbotlanadi, asosli xulosalar chiqariladi. Isbotlarni ketma-ketligi taqdim etish mulohazaning asosiy fikrini rivojlantirishning asosiy shartidir. Tahlilning birinchi bosqichida mulohazada odatda uch qism ajratiladi: 1) tezis (bir fikr ifodalanadi); 2) bu fikrning isboti yoki rad etilishi (argumentlar va misollar); 3) xulosa. Tezis aniq ifodalangan va isbotlanadigan bo'lishi kerak. Argumentlar ishonchli va yetarli bo'lishi kerak. Argumentlar sifatida dalillar keltiriladi. Dalil eng jiddiy va eng aniq isbot hisoblanadi.

Mulohazalash turlari. Amalda turli xil mulohazalash turlari mavjud: *Mulohazalash-isbotlash, mulohazalash-tushuntirish, mulohazalash-fikrlash.* Ushbu turlarning har biri o'z xususiyatlariga ega.

Mulohazalash-isbotlash-bu monologik bayonot bo'lib, uning maqsadi tezisning chinligini yoki yolg'onligini isbotlashdir. Uning odatiy sxemasi quyidagicha: savolga munosabat - savol-tezis (savolga javob) - tezisning isboti - xulosalar. Tezisdan keyin har doim "Nima uchun shunday?"» degan savolni qo'yish kerak.

Mulohazalash - tushuntirishda tezisning chinligini yoki yolg'onligini isbotlashning hojati yo'q. *Mulohazalash - tushuntirishning* asosiy vazifasi tezisning mazmunini iloji boricha aniqroq ochishdir.

Mulohazalash-fikrlash, odatda, savol-javob shaklida, savollarni matnda aks etadimi yoki yo'qmi degan savolga asoslanadi. Mulohazalash-fikrlash misollar berish, taqqoslash yoki qarama-qarshilik ko'rsatish, sabab-oqibat munosabatlarini ko'rsatish, ajratish, kengaytirish yoki umumlashtirish zarur bo'lgan tushuntirish va isbotlarni o'z ichiga oladi.

Mulohazalashning barcha turlari uchun o'ziga xos xatoliklar sifatida isbotning yo'qligi yoki yetarli dalillarning yo'qligi, tezisni, dalillarni, qoidalar va dalillash uslublarini, dalillarning ishonchligini almashtirish kabilarni keltirish mumkin.

3-§. Mantiqiy agentlar

Odamlar juda ko'p narsani bilishadi va fikrlash qobiliyatiga ega ekanligi ravshan. Bundan tashqari, bilim va fikrlash sun'iy agentlar uchun juda muhimdir, chunki ular muvaffaqiyatli xatti-harakatlarning shakllanishini ta'minlaydi. Harakat natijalari haqidagi bilim, muammolarni hal qiluvchi agentlarga murakkab muhit variantlarida

muvaffaqiyatli harakat qilish imkonini beradi. Biroq, muammolarni hal qiluvchi agentlarning bilimlari juda aniq va yetarlicha moslashuvchan emas. *Bilimlarga asoslangan agentlar* juda ko'p umumiy shakllarda ifodalangan bilimlardan foydalanishlari, axborotni ko'plab tashqi sharoitlarga mos ravishda birlashtirib, qayta tiklashlari mumkin.

Bundan tashqari, bilim va fikrlash atrof-muhitning qisman kuzatilgan variantlarida harakat qilish kerak bo'lganda hal qiluvchi rol o'ynaydi. *Bilimga asoslangan agent*, umumiy bilimlarni hozirgi idrok qilishning natijalari bilan birlashtirib, harakatni tanlashdan oldin hozirgi holatning yashirin tomonlarini aniqlashga qodir. Misol uchun, terapevt bemorni davolash usulini tanlashdan oldin unga tashxis qo'yadi, ya'ni to'g'ridan-to'g'ri kuzatish mumkin bo'lmagan og'riqli holatni aniqlaydi. Terapevt tomonidan qo'llaniladigan bilimlarning ba'zilari darsliklar va o'qituvchilar tomonidan olingan qoidalar shaklida bo'ladi va yana bir qismi terapevt har doim so'z bilan ta'riflay olmaydigan birlashtiruvchi tasvirlar shaklida taqdim etiladi. Ammo, agar bu birlashtiruvchi tasvirlar terapevtning miyasida paydo bo'lsa, ular ham bilim sohasiga kiradi.

Fikrlash bizni kundalik bilimlarning yakuniy zaxirasidan foydalanib, deyarli cheksiz fikr ifoda shakllari bilan kurashishga imkon beradi. Bunday turdagi noaniqliklarga duch kelganda muammolarni hal qiladigan agentlar qiyinchiliklarga duch kelishadi, chunki ular kutilmagan vaziyatlar bilan bog'liq muammolarni taqdim etishning qo'llaniladigan usuli ko'rib chiqilayotgan variantlar sonining eksponentsional o'sishiga olib keladi.

Bilimlarga asoslangan agentlarni o'rganish bilan shug'ullanishning muhim sababi shundaki, bunday agentlar katta moslashuvchanlik bilan ajralib turadi. Ular aniq belgilangan maqsadlar shaklida ifodalangan yangi vazifalarni bajarishga qodir, ular tezda vakolatga ega bo'lishlari, ko'rsatmalar olishlari yoki o'z muhitidan olingan yangi bilimlarni o'zlashtirishlari mumkin, bundan tashqari ular o'zlarining muhitidagi o'zgarishlarga moslasha oladi, tegishli bilimlarni yangilaydi.

Mantiqiy agentlarning bilimlari har doim aniq bo'ladi, ya'ni agent ba'zi mulohazalarning mavjudligini bilmasligi mumkin, lekin bu dunyodagi har bir mulohaza chin yoki yolg'ondir.

Mantiqiy bilimga asoslangan agentlar uchun tasavvur qilishning oddiy usullaridan biri bo'lib xizmat qiladigan afzalliklarga ega, ammo mantiq ba'zi jiddiy cheklavlarga ham egadir. Shubhasiz, insonlar va boshqa agentlar tomonidan qisman kuzatilgan atrof-muhit variantlarida

olib borilgan mulohaning katta qismi noaniq bo'lgan bilimlarga asoslangan. Mantiq bunday noaniqlikni to'g'ri taqdim etishga imkon bermaydi.

4-§. Predikatlar mantiqi

Predikatlar mantiqi(PM)da quyidagi *simvollar*dan foydalanamiz [31, 39]:

1. $\rho, q, r...$ simvollar – 1 (chin) va 0 (yolg'on) qiymatlar qabul qiluvchi o'zgaruvchi mulohazalar.

2. $x, y, z, ...$ -qandaydir M to'plamdan qiymat oluvchi predmet o'zgaruvchilar; $x_0, y_0, z_0, ...$ -predmet konstantalar, ya'ni predmet o'zgaruvchilarning qiymatlari.

3. $P(\cdot), F(\cdot)$ - bir joyli o'zgaruvchi predikatlar; $Q(\cdot, \cdot, ..., \cdot)$, $R(\cdot, \cdot, ..., \cdot)$ - n joyli o'zgaruvchi predikatlar.

4. $P^o(\cdot), Q^o(\cdot, \cdot, ..., \cdot)$ - o'zgaras predikatlar simvoli.

5. $\wedge, \vee, -, \rightarrow$ - mantiqiy amallar simvollar.

6. $\forall x, \exists x$ - kvantorli amallar simvollar.

7. $(,)$ (qavs, vergul) – qo'shimcha simvollar.

Predikat tushunchasi. Mantiq algebrasida mulohazalar faqatgina chin yoki yolg'on qiymat olishi nuqtai nazaridan qaraladi. Bunda mulohazalarning strukturasi va mazmuni qaralmaydi. Ammo fanda va amaliyotda mulohazalarning strukturasi va mazmunidan kelib chiqadigan xulosalardan foydalaniladi.

Masalan, "Axmad-inson; demak, Axmad-sutemizuvchi». Asos (shart) va xulosa MMning elementar mulohazalari bo'ladi va ularni bu mantiq nuqtai nazaridan bo'linmas, bir butun deb va ularning ichki strukturasi hisobga olmasdan qaraladi. Shunday qilib, mantiq algebrasi mantiqning muhim qismi bo'lishiga qaramasdan, ko'pgina fikrlarni tahlil qilishga qodir (yetarli) emas.

Shuning uchun ham MMni kengaytirish masalasi vujudga keldi, ya'ni elementar mulohazalarning ichki strukturasi ham tadqiq etiladigan mantiqiy sistemani yaratish muammosi paydo bo'ldi.

Bunday sistema MMni o'zining bir qismi sifatida butunlayiga o'z ichiga oladigan PMdir.

PM an'anaviy formal mantiq singari elementar mulohazani *subyekt* va *predikat* qismlarga bo'ladi.



Subyekt - bu mulohazada biror narsa haqida nimadir tasdiqlaydi; *predikat* - bu subyektni tasdiqlash.

Masalan, «Zarrux-talaba» mulohazasida «Zarrux» - subyekt, «talaba» - predikat. Bu mulohazada «Zarrux» «talaba bo'lish» xususiyatiga ega ekanligi tasdiqlanadi.

Agar keltirilgan mulohazada ma'lum Zarruxni odamlar to'plami S dagi x o'zgaruvchi bilan almashtirsak, u holda « x -talaba» ko'rinishidagi mulohazaga ega bo'lamiz. x o'zgaruvchining bir xil qiymatlari uchun bu shakl chin mulohazalar va x o'zgaruvchining boshqa qiymatlari uchun bu shakl yolg'on mulohazalar beradi.

Aniqlik, bu forma bir x argumentli funktsiyani aniqlaydi. Bu funktsiyaning aniqlash sohasi natural sonlar to'plami N va qiymatlar sohasi $\{1, 0\}$ to'plam bo'ladi.

Biror M to'plamda aniqlangan va $\{1, 0\}$ to'plamdan qiymat qabul qiluvchi bir argumentli $P(x)$ funktsiyaga bir joyli (bir o'rinli) predikat deb aytiladi [61, 100]. M to'plamga $P(x)$ predikatning aniqlanish sohasi deb aytamiz.

$P(x)$ predikat chin qiymat qabul qiluvchi hamma $x \in M$ elementlar to'plamiga $P(x)$ predikatning *chinlik to'plami* deb aytiladi, ya'ni $P(x)$ predikatning chinlik to'plami - $I_P = \{x : x \in M, P(x) = 1\}$ to'plamdir.

Masalan, « x -bakalavr» - $P(x)$ predikati S talabalar to'plamida aniqlangan va uning *chinlik to'plami* hamma bakalavrlar to'plamidan iborat. Bir joyli predikatlarga yuqorida keltirilgan misollar *predmetlarning xususiyatlarini* ifodalaydi.

Agar $P(x)$ predikat barcha $x \in M$ to'plamda chin (yolg'on) qiymat qabul qilsa, u holda u *aynan chin (aynan yolg'on)* deb aytiladi [61, 100].

Endi *ko'p joyli predikat* tushunchasini aniqlaymiz. *Ko'p joyli predikat predmetlar orasidagi munosabatni aniqlaydi.*

«Kichik» munosabati ikki predmet orasidagi binar munosabatni ifodalaydi. « $x < y$ » (bu yerda $x, y \in Z$) binar munosabat ikki argumentli $P(x, y)$ funktsiyani ifodalaydi. Bu funktsiya $Z \times Z$ to'plamda aniqlangan va qiymatlar sohasi $\{1, 0\}$ to'plam bo'ladi.

Ikki joyli predikat deb $M = M_1 \times M_2$ to'plamda aniqlangan va $\{1, 0\}$ to'plamdan qiymat oluvchi ikki argumentli [61, 100].

Masalan, « x, y -talaba» uchun $P(x, y)$ predikati $M = M_1 \times M_2$ talabalar to'plamida aniqlangan bo'lsin. «Teng» munosabati ikki talaba

orasidagi binar munosabatni ifodalaydi. « $x = y$ » (bu yerda $x, y \in M$) binar munosabat ikki argumentli $P(x, y)$ funksiyani ifodalaydi. Bu funksiya $M = M_1 \times M_2$ to'plamda aniqlangan va qiymatlar sohasi $\{1, 0\}$ to'plam bo'ladi.

n - joyli predikat ham xuddi shunday aniqlanadi.

Umumiy holda PMda faktlar n -joyli $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ predikatlar bilan belgilanadi. Bu yerda P -predikat (funktor) va x_i -predikatning argumentlari. Argumentlar predikatlat nomi yoki $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ funksiyalar bo'lishi mumkin. Bu yerda f -funksiya nomi, $x_1, x_2, \dots, x_n$ -xuddi predikatlar argumentlari kabi PrS o'zgaruvchilari yoki o'zgarmlari hisoblanadi. Predikatni izohlash natijasida funktoirlar va argumentlar PrSdan (*qatorlar, sonlar, strukturalar va h.k.*) o'zgarmlar qiymatlar qabul qiladi.

$(n > 1)$ -joyli predikatdan bilimlar muxandisida n ta mohiyatlar (obyektlar)-predikat argumentlarni bir-biri bilan o'zaro bog'laydigan n -joyli munosabatlarni tasvirlash uchun foydalaniladi.

Misol. Ota ("Farrux", "Zarrux Farruxovich") predikat "Farrux" va "Zarrux Farruxovich" mohiyatlar qarindoshlik munosabatlari bilan bog'langanligini anglatadi, chunonchi, Farrux Zarruxning otasi yoki Zarrux Farruxning o'g'li hisoblanadi.

$(n = 1)$ -joyli predikat predikat nomi bilan belgilangan obyektning argumenti yoki xarakteristikasini belgilovchi mohiyat (obyekt) xususiyatini ifodalaydi.

Misol. Uy-g'ishtli, 5-baho, "Amir Temur"-ko'cha, "20 noyabr 1958 y."- tug'ilgan kun, "Sun'iy intellekt"-imtihon.

$(n = 0)$ - joyli predikat (argumentlarsiz) barcha PrSga taalluqli hodisa, belgi yoki xususiyatni anglatishi mumkin. Masalan, "ishning tugashi", "darsning boshlanishi", "daryoning oqishi", "soatning yurishi".

Predikatlar ustida mantiqiy amallar. Predikatlar ham mulohazalar singari faqatgina chin (1) va yolg'on (0) qiymat qabul qilganliklari tufayli ular ustida MMdagi hamma mantiqiy amallarni bajarish mumkin.

Bir joyli predikatlar misolida MMdagi mantiqiy amallarning predikatlarga tatbiq etilishini keltiramiz.

M to'plamda $A(x)$ va $B(x)$ predikatlar aniqlangan bo'lsin. $A(x)$ va $B(x)$ predikatlar uchun mantiqiy amallar chinlik jadvali yordamida aniqlanadi (3.4 -jadval).

3.4 -jadval. Predikatlar uchun mantiqiy amallarning chinlik jadvali.

$A(x)$	$B(x)$	$\overline{A(x)}$	$\overline{B(x)}$	$A(x) \wedge B(x)$	$A(x) \vee B(x)$	$A(x) \rightarrow B(x)$	$A(x) \leftrightarrow B(x)$
1	1	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1

Misol. N natural sonlar to'plamida $A(x)$: « x - toq son» va $B(x)$: « x - 5 ga karrali» predikatlar uchun « x - toq son va x - 5 ga karrali» predikatlar konyunksiyasi $A(x) \wedge B(x)$ mos keladi va uning chinlik sohasi $M_a \cap M_b = \emptyset$ - bo'sh to'plamdan iborat bo'ladi. Bu holda $A(x) \wedge B(x)$ formulaning aynan yolg'on ekanligini aniqlaymiz.

Misol. M bakalavrlar to'plamida $P(x)$: « x - bakalavr» va $Q(x)$: « x - stipendiya sovrindori» predikatlar uchun « x -bakalavr yoki x - stipendiya sovrindori» predikatlar dizyunksiyasi $A(x) \vee B(x)$ mos keladi va uning chinlik sohasi $M_a \cap M_b \neq \emptyset$ - bo'shmas to'plamdan iborat bo'ladi. Bu holda $A(x) \vee B(x)$ formulaning aynan chin ekanligini aniqlaymiz.

Umumiylik va mavjudlik kvantorlari [31, 39]. M to'plamda aniqlangan $A(x)$ predikat berilgan bo'lsin. Agar $a \in M$ ni $A(x)$ predikatning x argumenti o'rniga qo'ysak, u holda bu predikat $A(a)$ mulohazaga aylanadi.

PMda yana ikkita amal mavjudki, ular bir joyli predikatni mulohazaga aylantiradi.

Umumiylik kvantori. M to'plamda aniqlangan $A(x)$ predikat berilgan

bo'lsin. Har qanday $x \in M$ uchun $A(x)$ chin va aks holda yolg'on qiymat qabul qiluvchi mulohaza ifodasini $\forall x A(x)$ shaklda yozamiz. Bu mulohaza endi x ga bog'liq bo'lmay qoladi va u quyidagicha o'qiladi: «Har qanday x uchun $A(x)$ chin». $\forall$ simvol umumiylik kvantori deb aytiladi. Aytilgan fikrlarni matematik tilda quyidagicha yozish mumkin:

$$\forall x A(x) = \begin{cases} 1, & \text{agar xamma } x \in M \text{ uchun } A(x) = 1 \text{ bo'lsa,} \\ 0, & \text{aks xolda.} \end{cases}$$

$A(x)$ predikatda x ni erkin (ozod) o'zgaruvchi va $\forall x A(x)$ mulohazada x ni umumiylik kvantori $\forall$ bilan bog'langan o'zgaruvchi deb aytiladi.

Mavjudlik kvantori. $A(x)$ predikat M to'plamda aniqlangan bo'lsin. Hech bo'lmaganda birorta $x \in M$ uchun $A(x)$ predikat chin va aks holda yolg'on qiymat qabul qiluvchi mulohaza ifodasini $\exists x A(x)$ shaklda yozamiz. Bu mulohaza x ga bog'liq emas va uni quyidagicha o'qish mumkin: «Shunday x mavjudki, $A(x) = 1$ », ya'ni

$$\exists x A(x) = \begin{cases} 1, & \text{agar birorta } x \in M \text{ uchun } A(x) = 1 \text{ bo'lsa,} \\ 0, & \text{aks xolda.} \end{cases}$$

$\exists$ simvol mavjudlik kvantori deb ataladi. $\exists x P(x)$ mulohazada x o'zgaruvchi $\exists$ kvantori bilan bog'langan bo'ladi.

Misol. M talabalar to'plamida $A(x)$ predikat berilgan bo'lsin: « x - stipendiya sovrindori». Kvantorlardan foydalanib ushbu predikatdan quyidagi mulohazalarni hosil qilish mumkin: $\forall x A(x)$ - «Barcha talabalar stipendiya sovrindori bo'ladi»; $\exists x A(x)$ - «Shunday talabalar mavjudki, ular stipendiya sovrindori bo'ladi». Ravshanki, birinchi mulohaza yolg'on va ikkinchi mulohaza chin bo'ladi.

Kvantorli amallar ko'p joyli predikatlarga ham qo'llaniladi. Masalan, M to'plamda ikki joyli $A(x, y)$ predikat berilgan bo'lsin. $A(x, y)$ predikatni kvantorli amallardan foydalanib quyidagi ko'rinishlarda ifodalash mumkin:

$$\forall x \forall y A(x, y), \exists x \forall y A(x, y), \forall x \exists y A(x, y), \exists x \exists y A(x, y).$$

Misol. Talabalar to'plamida aniqlangan $A(x, y)$: « x o'xshash y » predikatni quyidagi shakllarda berish mumkin:

1. $\forall x \forall y A(x, y)$ - «Har qanday x talaba har qanday y talabaga o'xshash».

2. $\exists x \forall y A(x, y)$ - «Shunday x talaba mavjudki, u har qanday y talabaga o'xshashdir».

3. $\forall x \exists y A(x, y)$ - «Har qanday x talabaga uchun shunday y talaba mavjudki, x talaba y talabaga o'xshash».

4. $\exists x \exists y A(x, y)$ - «Shunday x talaba uchun shunday y talaba mavjudki, x talaba y talabaga o'xshash».

Bu misollardan ko'rinib turibdiki, umumiy holda kvantorlar tartibi o'zgarishi bilan mulohazaning mazmuni va demak, uning mantiqiy qiymati ham o'zgaradi.

Misol. 3-joyli x, y, z qiymatlar uchun quyidagi tasdiq berilgan:

"Agar x ning otasi- y va onasi- z bo'lsa, u holda y va z - x ning ota-onasi bo'ladi;

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz: $A(x, y)$ - x ning otasi- y ; $B(x, z)$ - x ning onasi- z ; $D(x, y, z)$ - y va z - x ning ota-onasi. U holda berilgan tasdiq 3-joyli predikat $\forall(x, y, z)(A(x, y) \wedge B(x, z) \rightarrow D(x, y, z))$ ko'rinishda ifodalanadi.

Chekli son elementlari bo'lgan $M = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ to'plamda aniqlangan $A(x)$ predikat berilgan bo'lsin. Agar $A(x)$ predikat aynan chin bo'lsa, u vaqtda $A(a_1), A(a_2), \dots, A(a_n)$ mulohazalar ham chin bo'ladi. Bu holda $\forall x A(x)$ mulohaza va $A(a_1) \wedge A(a_2) \wedge \dots \wedge A(a_n)$ konyunksiya ham chin bo'ladi.

Agar hech bo'lmaganda birorta $a_k \in M$ element uchun $A(a_k)$ yolg'on bo'lsa, u holda $\forall x A(x)$ mulohaza va $A(a_1) \wedge A(a_2) \wedge \dots \wedge A(a_n)$ konyunksiya ham yolg'on bo'ladi. Demak, $\forall x A(x) = A(a_1) \wedge A(a_2) \wedge \dots \wedge A(a_n)$ tengkuchli ifoda to'g'ri bo'ladi. Yuqoridagidek fikr yuritish yo'li bilan $\exists x A(x) = A(a_1) \vee A(a_2) \vee \dots \vee A(a_n)$ tengkuchli ifodaning mavjudligini ko'rsatish mumkin.

Bu yerdan kvantorli amallarni cheksiz sohalarda konyunksiya va dizyunksiya amallarining umumlashmasi sifatida qarash mumkinligi kelib chiqadi.

Predikatlar mantiqi formulasining qiymati tushunchasi. Endi PM formulasining qiymati tushunchasini aniqlaylik [31, 39].

PM formulasining mantiqiy qiymati uch xil o'zgaruvchilar: 1) formulaga kiruvchi o'zgaruvchi mulohazalarning; 2) M to'plamdagi erkin predmet o'zgaruvchilarning; 3) predikat o'zgaruvchilarning qiymatlariga bog'liq bo'ladi.

Uch xil o'zgaruvchilardan har birining ma'lum qiymatlarida PMning formulasi chin yoki yolg'on qiymat qabul qiluvchi mulohazaga aylanadi.

Misol. Bemorlar to'plami M da $A(x), B(x), C(x)$ va $D(x)$ predikatlar berilgan bo'lsin:

$A(x)$: « x bemorning harorati 40^0 dan yuqori»;

$B(x)$: « x bemorning boshida og'riq bor»; $C(x)$: « x bemorda yo'tal bor»;

$D(x)$: « x bemor gripp».

Berilgan predikatlardan quyidagi mulohaza tuzish mumkin - «Agar x bemorning harorati 40^0 dan yuqori, boshida og'riq va yo'tal bor bo'lsa, u holda x bemor gripp».

Ushbu mulohazaga mos PM formulasi $\forall x(A(x) \wedge B(x) \wedge C(x) \rightarrow D(x))$ quriladi va qiymati hisoblandi.

Predikatlar mantiqining tengkuchli formulalari. Predikatlar mantiqining tengkuchli formulalari. PMda ham tengkuchli formulalar tushunchasi mavjud. PMning ikkita A va B formulalari o'z tarkibiga kiruvchi M sohaga oid hamma o'zgaruvchilarning qiymatlarida bir xil mantiqiy qiymat qabul qilsalar, ular M sohada tengkuchli formulalar deb hisoblanadi va $A \equiv B$ ko'rinishda yoziladi. Agarda mulohazalar algebrasidagi hamma tengkuchli formulalar ifodasidagi o'zgaruvchi mulohazalar o'rniga PMdagi formulalar qo'yilsa, u holda ular PMning tengkuchli formulalariga aylanadi. Ammo, PM ham o'ziga xos asosiy tengkuchli formularga ega. Bu tengkuchli formulalarning asosiylarini keltiraylik. $A(x)$ va $B(x)$ - o'zgaruvchi predikatlar va C - o'zgaruvchi mulohaza bo'lsin. U holda PMda murakkab formulalarni normal shaklga keltirishda (soddalashtirishda) quyidagi asosiy tengkuchli formulalardan foydalaniladi [31, 39]:

$$1) \overline{\forall x A(x)} \equiv \exists x \overline{A(x)}; \quad 2) \overline{\exists x A(x)} \equiv \forall x \overline{A(x)}; \quad 3) \overline{\forall x A(x)} \equiv \overline{\exists x \overline{A(x)}};$$

$$4) \exists x A(x) \equiv \overline{\forall x \overline{A(x)}}; \quad 5) \forall x A(x) \wedge \forall x B(x) \equiv \forall x [A(x) \wedge B(x)];$$

$$6) C \wedge \forall x B(x) \equiv \forall x [C \wedge B(x)]; \quad 7) C \vee \forall x B(x) \equiv \forall x [C \vee B(x)];$$

$$8) C \rightarrow \forall x B(x) \equiv \forall x [C \rightarrow B(x)]; \quad 9) \forall x [B(x) \rightarrow C] \equiv \exists x B(x) \rightarrow C;$$

$$10) \quad \exists x [A(x) \vee B(x)] \equiv \exists x A(x) \vee \exists x B(x); \quad 11)$$

$$\exists x [C \vee B(x)] \equiv C \vee \exists x B(x);$$

$$12) \quad \exists x [C \wedge B(x)] \equiv C \wedge \exists x B(x); \quad 13)$$

$$\exists x A(x) \wedge \exists y B(y) \equiv \exists x \exists y [A(x) \wedge B(y)];$$

$$14) \exists x [C \rightarrow B(x)] \equiv C \rightarrow \exists x B(x); \quad 15) \exists x [B(x) \rightarrow C] \equiv \forall x B(x) \rightarrow C;$$

$$16) \forall x A(x) \equiv \forall y A(y); \quad 17) \exists x A(x) \equiv \exists y A(y).$$

Predikatlar mantiqi formulasining normal shakli. PM formulasini normal shaklida faqat inkor, konyunksiya, dizyunksiya ($\neg$, $\wedge$, $\vee$) amallari va kvantorli amallar ($\forall$, $\exists$) qatnashib, inkor amali elementar formulalarga (predmet o'zgaruvchilar va o'zgaruvchi predikatlarga) tegishli bo'ladi.

Ravshanki, mulohazalar algebrasi va PMdagi asosiy tengkuchliliklardan foydalanib, PMning har bir formulasini *deyarli normal shaklga* keltirish mumkin.

Misol. $(\exists xA(x) \leftrightarrow \forall yB(y)) \rightarrow D(z)$ formulani *deyarli normal shaklga* keltiraylik.

$$\begin{aligned} & (\exists xA(x) \leftrightarrow \forall yB(y)) \rightarrow D(z) = (\exists xA(x) \rightarrow \forall yB(y)) \wedge (\forall yB(y) \rightarrow \exists xA(x)) \rightarrow D(z) = \\ & = (\overline{\exists xA(x)} \vee \forall yB(y)) \wedge (\overline{\forall yB(y)} \vee \exists xA(x)) \rightarrow D(z) = (\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \vee \overline{\exists xA(x)} \wedge \exists xA(x) \vee \\ & \vee \forall yB(y) \wedge \overline{\forall yB(y)} \vee \forall yB(y) \wedge \exists xA(x)) \rightarrow D(z) = (\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \vee 0 \vee 0 \vee \forall yB(y) \wedge \\ & \wedge \exists xA(x)) \rightarrow D(z) = (\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \vee \forall yB(y) \wedge \exists xA(x)) \rightarrow D(z) = \\ & = (\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \vee \forall yB(y) \wedge \exists xA(x)) \vee D(z) = (\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \wedge \overline{\forall yB(y) \wedge \exists xA(x)}) \vee \\ & \vee D(z) = \overline{\overline{\exists xA(x)} \wedge \overline{\forall yB(y)} \wedge \overline{\forall yB(y) \wedge \exists xA(x)}} \vee D(z) = \\ & = (\exists xA(x) \vee \forall yB(y)) \wedge (\exists y\overline{B(y)} \vee \forall x\overline{A(x)}) \vee D(z). \end{aligned}$$

Demak,

$$(\exists xA(x) \leftrightarrow \forall yB(y)) \rightarrow D(z) = (\exists xA(x) \vee \forall yB(y)) \wedge (\exists y\overline{B(y)} \vee \forall x\overline{A(x)}) \vee D(z)$$

PMning *deyarli normal shakldagi* formulalari orasida *normal shakldagi formulalari* muhim ro'l o'ynaydi.

Bu formulalarda kvantorli amallar yoki butunlay qatnashmaydi, yoki ular mulohazalar algebrasining hamma amallaridan keyin bajariladi, ya'ni normal shakldagi formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$(\sigma x_1) (\sigma x_2) \dots (\sigma x_n) A(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad n \leq m,$$

bunda (σx_i) simvoli o'rniga $\forall x_i$ yoki $\exists x_i$ kvantorlarning biri tushuniladi va A formula ifodasida kvantorlar bo'lmaydi.

Misol. $S \equiv \forall x \exists y A(x, y) \wedge \exists x \forall y B(x, y)$ formulani normal shaklga keltirish talab etilsin. A formulada tengkuchli almashtirishlarni o'tkazib, uni normal shaklga keltiramiz:

$$\begin{aligned} S & \equiv \forall x \exists y A(x, y) \wedge \forall x \exists y \overline{B(x, y)} \equiv \forall x (\exists y A(x, y) \wedge \exists z \overline{B(x, z)}) \equiv \\ & \equiv \forall x \exists y (A(x, y) \wedge \exists z \overline{B(x, z)}) \equiv \forall x \exists y \exists z (A(x, y) \wedge \overline{B(x, y)}). \end{aligned}$$

Bajariluvchi va umumqiyimatli formulalar. Agar PMning S formulasi M to'plamdagi ba'zi o'zgaruvchilarning qiymatlarida chin qiymat qabul qilsa, u holda S formula M sohada bajariluvchi formula deyiladi [31, 39].

S formula M sohada aynan chin (yolg'n) formula deyiladi, agarda M to'plamdagi barcha o'zgaruvchining qiymatlarida chin

(yolg'on) qiymat qabul qilsa. Aynan chin formulani umumqiyamatli formula yoki mantiq qonuni deb ham atashadi.

Misol. $S = \forall x[A(x) \vee \overline{P(x)}]$ formula istalgan ixtiyoriy M sohada aynan chin bo'ladi. Demak, u umumqiyamatli formula, ya'ni mantiqiy qonundir.

4.1. Birinchi tartibli predikatlar mantiqi

1- tartibli mantiqiy predikatlarning yuqori tartibli predikatlardan farqi shundaki, ular da predikatlar argumenti sifatida ifodalardan (formulalardan) foydalanish ta'qiqlanadi.

PMda masalani yechish ma'lum tasdiqlar (formulalar) yoki aksiomalardan foydalanib formulalar yoki predikatlar ko'rinishidagi maqsadli tasdiqlarni isbotlashga keltiriladi.

1960-yillarning oxirida PMda *Robinson* tomonidan "teskaridan" isbotlashga asoslangan *rezolyutsiyalar usuli* taklif qilindi. Bunga ko'ra maqsadli tasdiq aksiga qarama-qarshisiga (teskarisiga) aylantiriladi va aksiomalar to'plamiga qo'shiladi, ushbu yo'l bilan hosil qilingan tasdiqlar to'plamining birgalikdamasligi (qarama-qarshi ekanligi) isbotlanadi. Rezolyutsiyalar usuli bilan isbotlashni bajarish uchun tasdiqlar to'plami ustuda ba'zi almashtirishlarni bajarish talab etiladi, xususan, ular TKNSH ga keltiriladi.

Formulalarni EHMDa yengil ifodalanadigan TKNSH ga keltirish quyidagi bosqichlardan iborat [31,39]:

1. Implikatsiyalar qatnashgan formulalarni inkor va dizyunksiy qatnashadigan formulalarga hamda kvantorli formulalar ustida kelgan inkorlardan kvantor amallarini ozod qilish tengkuchliliklari yordamida almashtirishlar amalga oshiriladi:

$$1) x \rightarrow y = \overline{x} \vee y; \quad 2) \overline{x \wedge y} = \overline{x} \vee \overline{y}; \quad 3) \overline{x \vee y} = \overline{x} \wedge \overline{y};$$

$$4) \overline{\forall x A(x)} \equiv \exists x \overline{A(x)}; \quad 5) \overline{\exists x A(x)} \equiv \forall x \overline{A(x)}.$$

2. O'zgaruvchilarni standartlashtirish yoki o'zgaruvchilarni ajratish amalga oshiriladi:

$$6) ((\forall x A(x)) \vee B) \equiv (\forall y (A(y) \vee B));$$

$$7) ((\exists x A(x)) \vee B) \equiv (\exists y (A(y) \vee B));$$

$$8) ((\forall x A(x)) \wedge B) \equiv (\forall y (A(y) \wedge B));$$

$$9) ((\exists x A(x)) \wedge B) \equiv (\exists y (A(y) \wedge B)).$$

Bu yerda y o'zgaruvchi B formulaga taalluqli emas deb qaraladi.

$$10) ((\forall x A(x)) \vee (\forall x B(x))) \equiv (\forall x \forall y (A(x) \vee B(y))),$$

bu yerda y o'zgaruvchi $A(x)$ va $B(x)$ formulalarga taalluqli emas,

$$11) (\exists x A(x)) \vee (\exists x B(x)) \equiv (\exists x (A(x) \vee B(x)));$$

$$12) (\forall x A(x)) \wedge (\forall x B(x)) \equiv (\forall x (A(x) \wedge B(x)));$$

$$13) ((\exists x A(x)) \wedge (\exists x B(x))) \equiv (\exists x \exists y (A(x) \wedge B(y))).$$

bu yerda y o'zgaruvchi $A(x)$ va $B(x)$ formulalarga taalluqli emas.

Bu bosqichda har bir formulada bog'liq o'zgaruvchilar shunday qayta nomlanadiki, kvantorlar bilan bog'langan o'zgaruvchilar har bir kvantor uchun yagona o'zgaruvchilarga aylanadi. Bu shunday fakt asosida amalga oshiriladiki, bunda bog'liq o'zgaruvchilar kvantor doirasida formulaning chinligini o'zgartimaydigan va formulada qatnashmagan boshqa o'zgaruvchiga almashtiriladi.

Masalan, $(\forall x) (A(x) \vee B(y)) \wedge (\forall x) (F(x))$ ifoda

$$(\forall x) (A(x) \vee B(y)) \wedge (\forall z) (F(z))$$

ifodaga

almashtiriladi.

3. Mavjudlik kvantorlarini yo'qotish. Bu bosqichda mavjudlik kvantorlari $g(x)$ deb ataladigan *Skolema funksiyasi* yoki argumentli predkatlarni o'tkazish (hisoblash), ya'ni o'zgaruvchi-argumentning aniqlanish sohasidagi o'zgarmaslar bilan almashtiriladi.

6-10 tengkuchliliklar PMning ixtiyoriy formulasini quyidagi ko'rinishga almashtiradi:

$$(Q_1 x_1) (Q_2 x_2) \dots (Q_n x_n) F(1, x_2, \dots, x_n),$$

bu yerda ixtiyoriy Q - bu umumiylik kvantori yoki mavjudlik kvantori, $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - kvantorlarni saqlamovchi formula. Bunday ko'rinishdagi formulaga *skolemli o'zgarmaslarni* va *funksiyalarni* kiritish bilan barcha mavjudlik kvantorlarini yo'qotish mumkin. Buning uchun PMning quyidagi qonunlaridan foydalanish mumkin:

$$14) (\forall x) (Q_1 y_1) \dots (Q_m y_m) F(y_1, y_2, \dots, y_m) \equiv$$

$$\equiv (Q_1 y_1) \dots (Q_m y_m) F(a, y_1, \dots, y_m),$$

bu yerda $Q_1, \dots, Q_m$ - ixtiyoriy kvantorlar, a - o'zgarmas simvol formulaning boshida turgan $(\forall x)$ ifodasiga mos keluvchi shunday o'zgarmaslar sifatida alfavitga kiritiladi va a - o'zgarmas simvol *skolemli o'zgarmas deb ataladi*.

$$15) (\forall x_1) (\forall x_2) \dots (\forall x_k) (\exists y) (Q_1 z_1) \dots (Q_m z_m)$$

$$F(x_1, x_2, \dots, x_k, y, z_1, \dots, z_m) \equiv (\forall x_1) (\forall x_2) \dots (\forall x_k) (Q_1 z_1) \dots (Q_m z_m)$$

$$F(x_1, x_2, \dots, x_k, f(x_1, x_2, \dots, x_k), z_1, \dots, z_m),$$

bu yerda $Q_1, \dots, Q_m$ - ixtiyoriy kvantorlar, k -joyli funksionalli simvol f formulaning boshida turgan $(\forall x_1) (\forall x_2) \dots (\forall x_k) (\exists y)$ ifodasiga mos keluvchi shunday funksiya sifatida alfavitga kiritiladi va $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ - funksiya skolemli fuksiya deb ataladi.

16) $\exists x A(x) \equiv A(a)$, bu yerda a - skolemli o'zgarmas.

Almashtirishlarga misollar:

Boshlang'ich formula	Natijaviy formula
$(\forall x) y$	$g(x)$
$(\forall x)(\forall y) z$	$g(x, y)$
$(\exists x)(F(x))$	$F(a), F(b)$

bu yerda a va b - o'zgarmaslar. Skolema funksiyasi mavjudlik kvantori bilan bog'langan o'zgaruvchilarning aniqlanish sohasini boshqa o'zgaruvchilarning aniqlanish sohasiga akslantirishni amalga oshiradi.

4. Umumiylik kvantorlarini formulaning boshiga chiqarish. 6-16 qonunlar skolemli shakldagi ixtiyoriy PM formulalarini almashtirishni ta'minlaydi. Quyidagi ko'rinshdagi formula shunday ataladi.

$$\forall x_1, \forall x_2, \dots, \forall x_n, A.$$

Bu yerda A formula o'zida umuman kvantorlarni saqlamaydi, faqat o'zgaruvchilar, o'zgarmaslar, skolema o'zgarmaslari va funksiyalarni saqlaydi. A formula KNF dan iborat $\forall x_1, \forall x_2, \dots, \forall x_n, A$ skolema shakli kauzal shakl deyiladi. Kauzal shakl quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$\forall x_1, \forall x_2, \dots, \forall x_n (D_1 \wedge D_2 \wedge \dots \wedge D_m).$$

Bu yerda $D_1, D_2, \dots, D_m$ - diyunktlarni klauzalar yoki gaplar deb atashadi.

5. Umumiylik kvantorlarini yo'qotish. Agar formulada biror x o'zgaruvchi bo'lsa, u holda uning aniqlanish sohasidagi barcha qiymatlarida formulalar o'rinli degan nuqtai-nazaridan kvantorlarni olib tahlash orqali amalga oshiriladi.

6. Distributivlik qonunidan foydalanib formulani TKNSH ko'rinishga keltirish

$$A \vee (B \& C) = (A \vee B) \& (A \vee C).$$

7. $\wedge$ -simvolni yo'qotish. Bu $(A \wedge B)$ ko'rinishdagi formulani $\{A, B\}$ formulalar to'plamiga almashtirish hisobiga amalga oshiriladi.

Misol. Aytaylik formulani TKNSH ko'rinishga keltirish kerak [60]:

$$(\forall x) \left\{ A(x) \rightarrow \left\{ (\forall y) [A(y) \rightarrow A(f(x, y))] \wedge \overline{(\forall y) [B(x, y) \rightarrow A(y)]} \right\} \right\}.$$

Implikatsiyalarni $\vee$ va $" - "$ amallari orqali ifodala, quyidaginin hosil qilamiz

$$(\forall x) \{ \overline{A(x)} \vee \{ (\forall y) [\overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge (\forall y) [\overline{B(x, y)} \vee A(y)] \} \}$$

Inkorni ichkariga siljitib, quyidaginin hosil qilamiz

$$(\forall x) \{ (\overline{A(x)} \vee \{ (\forall y) [\overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge (\exists y) [B(x, y) \wedge \overline{A(y)}] \} \}$$

O'zgaruvchilarni almashtirib, quyidaginin hosil qilamiz

$$(\forall x) \{ (\overline{A(x)} \vee \{ (\forall y) [\overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge (\exists z) [Q(x, z) \wedge \overline{P(z)}] \} \}$$

z o'zgaruvchi $g(x)$ Skolemli funksiyaga almashtirib, mavjudlik kvantorini yo'qotib, quyidaginin hosil qilamiz

$$(\forall x) \{ (\overline{A(x)} \vee \{ (\forall y) [\overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge [B(x, g(x)) \wedge \overline{A(g(x))}] \} \}$$

Umumiylik kvantorini formula boshiga chiqarib, quyidagini hosil qilamiz: $(\forall x)(\forall y) \{ (\overline{A(x)} \vee \{ [\overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge [B(x, g(x)) \wedge \overline{A(g(x))}] \} \}$

Distributivlik qonunini qo'llab, quyidagini hosil qilamiz:

$$(\forall x)(\forall y) \{ [\overline{A(x)} \vee \overline{A(y)} \vee A(f(x, y))] \wedge [\overline{A(x)} \vee B(x, g(x))] \wedge [\overline{A(x)} \vee \overline{A(g(x))}] \}$$

Umumiylik kvantorlarini yo'qotib va konyunksiy formulasini ularning to'plamari bilan almashtirib, quyidagi formulalar (gaplar) to'plamini hosil qilamiz:

$$K_1 : \overline{A(x)} \vee \overline{A(y)} \vee A(f(x, y));$$

$$K_2 : \overline{A(x)} \vee B(x, g(x));$$

$$K_3 : \overline{A(x)} \vee \overline{A(g(x))}.$$

1-tartibli PM formulalarini programmashtirishda eng keng tarqalgani Prolog tili hisoblanadi.

1-tartibli PM bilimlarni tasvirlash usuli sifatida quyidagi kamchiliklarga ega:

- mantiqiy xulosalashning monotonligi, ya'ni olingan oraliq ma'lumotlar natijalarini qayta ko'rish imkoniyati yo'qligi (ular gipotezalar emas, balki faktlar sifatida qaraladi);

- predikatlarining parametrlari sifatida boshqa predikatlarini qo'llash mumkin emasligi, ya'ni bilimlar haqidagi bilimlarni (metabilimlarni) ifodalashning mumkin emasligi;

- mantiqiy xulosalashning determinallashtirilganligi, ya'ni noravshan bilimlar bilan ishlash imkoniyatining yo'qligi.

4.2. Sun'iy intellektda mantiqiy xulosalashlar

Deduktiv mantiqiy xulosalash. Aytaylik masala predikatlar hisobi tilida tavsiflangan bo'lsin. Agar F_0 orqali boshlang'ich tasdiqlarni, F_g orqli maqsadli tasdiqlarni belgilasak, u holda teoremlar shaklida berilgan masalani formal ko'rinishda $F_0 \rightarrow F_g$ yozish mumkin [31].

Boshqacha so'z bilan aytganda, F_0 to'plamdan mantiqiy ravishda F_g formula kelib chiqishini isbotlash zarur. F_g formula F_0 to'plamdan mantiqiy ravishda kelib chiqadi, agarda F_0 to'plamni qanoqlantiruvchi har bir izohlash F_g formulani ham qanoqlantirsa. Agarda F_0 to'plam $F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n \rightarrow F_g$ formula bilan tasvirlangan bo'lsa, u holda predikatlar hisobining deduktiv xulosalash masalasi formulalarning umumqiymatlilikini aniqlashga keltiriladi:

$$F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n \rightarrow F_g$$

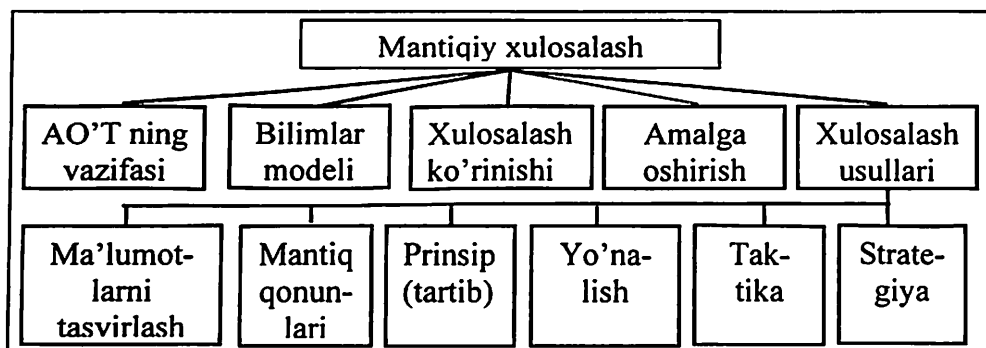
Xulosalash jarayonida ko'p hollarda teskaridan isbotlash usulidan foydalaniladi, ya'ni yuqorida keltirilgan formulaning umumqiymatliliigi emas, balki formulaning bajariluvchi emasligi aniqlanadi:

$$-(F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n \rightarrow F_g) \text{ yoki } F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n \wedge -F_g$$

Boshqacha so'z bilan aytganda, birlashmaning bajarilmasligi isborlanadi. Ba'zi formulalar to'plamining bajarilmasligini aniqlash rad etish deyiladi.

SITlarining mahsuliy masalalarini yechishda deduktiv xulosalashning asosan ikkita: *teskari va to'g'ri xuloslash* usullari mavjud (bu xulosalashlar ma'ruzaning mahsuliy modellar mavzusida to'liq keltirilgan).

Hozirgi vaqtgacha SITlari sohasida ko'plab mantiqiy xulosalash tizimlari ma'lum (3.4-rasm) [20, 31, 37].



3.4-rasm. Mantiqiy xulosalash tizimlarining xarakteristikasi.

Bu yerda AO'T-axboritli - o'lchov tizim. Bu tizimning barchasi bir-biridan foydalaniladigan modellari, mantiqiy xulosalash ko'rinishlari, ifodalanish uslublari, mantiqiy xulosalash usullari bilan farq qiladi (3.4-rasm).

Fikrlash va deduktiv xulosalash prinsipi. Sining ajralmas qismlaridan biri-bu gipotezalar generatori, teoremlarni isbotlash va hisoblagichlardan tashkil topgan fikrlaydigan ITlar hisoblanadi.

Fikrlash deganda - qandaydir tasdiqlarni qabul qilishga olib keladigan (majbur qiladigan) argument(fakt)lar ketma-ketligi tushuniladi.

Deduksiya - bu fikrlashning yuqori darajadagi ideallashtirilgan va chegaralangan shakli hisoblanadi. Agar biz inson fikrlashining ba'zi aspektlarini (axborotlarning to'griligi, noaniqligi, qarama-qarshiligi va h.k) modellashtirmoqchi bo'lsak, u holda *deduksiya* aniq yetarli bo'lmaydi va bu holda fikrlashning boshqa shakllaridan, ya'ni *abduksiya* va *induksiya*dan foydalanish mumkin.

Deduksiya (inglizchadan deducere - chiqarmoq) - zamonaviy mantiq termini bo'lib, mantiqiy qonunlar asosida biror mazmunni boshqasidan chiqarishni bildiradi.

Deduksiya tushunchasi *Aristotel* ishlarida ham uchraydi [20, 31, 37]. *Fikrlar to'plamidan aqlli xulosalarni olishni ta'minlovchi qoidalar to'plamini Aristotel sillogizm deb atagan.*

Ushbu holatda fikr deganda-tabiiy tilda to'rtta shakldan biri bilan ifodalanadigan tugallangan mulohaza tushuniladi:

- 1) barcha x lar uchun A bajariladi - $(\forall x)A(x)$;
- 2) birorta x lar uchun A bajarilmaydi - $(\forall x)\overline{P(x)}$;
- 3) ba'zi x lar uchun A bajariladi - $(\exists x)A(x)$;
- 4) ba'zi x lar uchun A bajarilmaydi - $(\exists x)\overline{P(x)}$.

Aristotelning davomchilari *sillogizmga* asoslanib, fikrlashga nisbatan yuqori pog'onadagi abstraktsiyada turgan mulohazalar uchun deduktiv xulosalash prinsipini formallashtirdilar. Ushbu xulosalash qoidalaridan eng mashhurlari quyidagilar hisoblanadi [20, 31, 37].

1. *Modus Ponendo Ponens*: $\frac{x \rightarrow y, x}{y}$ - «Agar implikasiya $x \rightarrow y$ va x chin bo'lsa, u holda y chin bo'ladi».

2. *Modus Tollendo Tollens*: $\frac{x \rightarrow y, \bar{y}}{\bar{x}}$ - «Agar implikasiya $x \rightarrow y$ va y yolg'on bo'lsa, u holda x yolg'on bo'ladi».

3. *Modus Ponendo Tollens*: $\frac{x \wedge y, x}{y}$ - «Agar x chin va konyunksiya $x \wedge y$ yo'g'on natijaga ega bo'lsa, u holda y yolg'on bo'ladi».

4. *Modus Tollendo Ponens*: $\frac{x \vee y, \bar{x}}{y}$ - «Agar x yolg'on va disyunksiya $x \vee y$ chin bo'lsa, u holda y chin bo'ladi».

Bu qoidalar yordamida mulohazalar hisobi tizimida xulosalash uchun juda qulay bo'lgan «zanjirli xulosa» qoidasi formallashtirildi.

Zanjirli xulosa: «Agar implikasiya $x \rightarrow y$ chin va implikasiya $y \rightarrow z$ chin bo'lsa, u holda implikasiya $x \rightarrow z$ chin bo'ladi».

Abduktiv mantiqiy xulosalash. *Abduksiya* - bu tushuntiruvchi gipotezalarni shakllantirish jarayoni. Aniqrog'i, taklif qilingan tushuntirishlar uchun berilgan nazariyalar va kuzatuvlar asosida abduktiv xulosalash tushuntirishlar orasidan bitta yoki ko'proq eng yaxshi tushuntirishlarni aniqlashi lozim.

Abduktiv xulosalash kuzatilayotgan hodisa va faktorlarni tushuntirish yoki sababini aniqlash uchun qo'llaniladi.

Abduktiv xulosalash quyidagi sxema bo'yicha tasvirlanadi: qoida va natijalar berilgan bo'ladi, *xususiy holat-sababni* aniqlash talab etiladi. Sida abduktiv xulosalash deganda eng yaxshi abduktiv tushuntirish tushuniladi.

Misol. Quyidagi qoida mavjud: «*Ushbu qutidagi barcha mevalar olmalar*»; Kuzatish natijasi quyidagicha: «*Bu mevalar olmalar*»; U holda abduksiya bo'yicha quyidagi xulosaga kelinadi: «*Bu olmalar ushbu qutidan olingan*» (sabab-tushuntirish);

Ko'p hollarda abduktiv xulosalashdan kuzatilayotgan tizimlarning noto'g'ri harakatlarini tashxislashda foydalaniladi. SITlarining amaliy

sohalarida abduktiv xulosalash tabiiy tilni tushunish, rejalashtirish, rejani anglab olish hamda bilimlarni to'plash va o'zlashtirish kabi masalalarni yechishda qo'llaniladi [31, 37]. Shuningdek, abduktiv xulosalash fanda va kunlik hayotimizda korxonaning xo'jalik faoliyatini tahlil qilish, kosmik nurlanishlarni o'rganish kabi masalalarni yechishda ham keng qo'llaniladi.

Induktiv mantiqiy xulosalash. Slda abduktiv va deduktiv xulosalashdan tashqari xulosalashning induktiv sxemalaridan ham foydalaniladi. Xulosalashning bunday sxemalari mavjud xususiy tasdiqlarning umumlashmasini hosil qilishga imkoniyat yaratadi. Umumlashtirish qobilyati tabiiy intellektning muhim funksiyasi hisoblanadi va ulardan yangi bilimlarni hosil qilishda foydalaniladi. Shuning uchun xulosalashning induktiv sxemasi SIning o'rganuvchi tizimostilari elementi hisoblanadi. Chunki, o'rganish jarayonida mavjud faktlar majmuidan umumlashtirish yo'li bilan yangi tushunchalar va faktlar shakllantiriladi. Xulosalashning induktiv sxemalari bilimlarni hosil qilish jarayonini avtomatlashtirishda keng qo'llaniladi.

Induktiv xulosalashning umumiy muammosi-bu «tabiatning ba'zi bir muntazamligini ifodalovchi faktlardan qonunlarga o'tganda biz nimaga asoslanamiz» degan prinsipni tushuntirishdan iborat.

Misol. Berilgan: x; y. Topish kerak: R.

x: Axmedov - abituriyent; y: Axmedov - xujjat topshirishga haqli;

R: Barcha abituriyentlar xujjat topshirishga haqli.

Nazorat savollari

1. Tasavvur nima va bilimlar qanday tasavvur qilinadi?
2. Idrok nima va idrok qilish qanday pog'onalardan iborat?
3. Bilimlarning qanday turlari va xususiyatlari mavjud?
4. Subyekt va predikat tushunchalarini izohlang?
5. Bir joyli, ikki joyli va ko'p joyli predikatlarning ta'riflarini keltiring?
6. Umumiylik va mavjudlik kvantorlari amallarini tushuntiring?
7. PMning qanday tengkuchli formulalarini bilasiz?
8. PM formulasini normal shaklga keltirishning qanday algorimlarini bilasiz?
9. Deduktivli, induktivli va abduktivli mantiqiy xulosalashlarni izohlang?

Nazorat testlari

1. - bu qandaydir tushunchani figura, yozuv, til yoki formal shaklda qabul qilinadigan amal hisoblanadi.
a) Tasavvur; b) Idrok; c) Bilim; d) Mulohaza.
2. bu dunyoning sub'ektiv rasmini shakllantiradigan bilim jarayonidir.
a) Idrok; b) Tasavvur; c) Bilim; d) Mulohaza.
3. Idrok qilish pog'onalarini to'g'ri ko'rsating?
a) Aniqlash, Ajratish, Identifikatsiya, Tanish;
b) Tasavvur, Aniqlash, Ajratish, Identifikatsiya;
c) Bilim, Ajratish, Identifikatsiya, Tanish;
d) Mulohaza, Identifikatsiya, Sinflash, Tanish.
4. Bilimlar nima?
a) obyektiv qonuniyatlar; b) obyektlar to'plami;
c) ekspertlar to'plami; e) predmet soha.
5. Umumiy ma'noda mulohazalash deb aqlning aytiladi, ba'zida mulohazalash fikrlash tushunchasi bilan.....
a) faoliyatiga; sinonimdir; b) faoliyatiga; teskaridir;
c) Bilimiga; teskaridir; e) Tasavvuriga; sinonimdir.
6. Mulohazalash turlari to'g'ri ko'rinishda ifodalangan javobni ko'rsating.
a) Mulohazalash-isbotlash, mulohazalash-tushuntirish, mulohazalash-fikrlash;
b) Mulohazalash-isbotlash, mulohazalash-tasdiqlash, mulohazalash-o'rganish;
c) Mulohazalash-o'qitish, mulohazalash-tushuntirish, mulohazalash-sinflash;
e) Mulohazalash-sinflash, mulohazalash-tushuntirish, mulohazalash-tanish.
7. Fikrning hususiylikdan umumiylikga, qator faktorlardan qonunga harakat jarayoni-bu.....
a) induksiya; b) tahlil; c) sintez; e) deduksiya.
8. Fikrning umumiylikdan hususiylikga, qonundan alohidalikning namoyon bo'lishiga harakat jarayoni-bu.....
a) deduksiya; b) tahlil; c) sintez; e) abstraktlashtirish.
10. N mevalar to'plamida $P(x)$, $Q(x)$ va $R(x)$ predikatlar berilgan bo'lsin: « x -olma», $P(x)$: « x -olma pishgan», $Q(x)$: « x -olma qizil»,

$R(x)$: « x - olma shirin»;

Ushbu predikatlardan foydalanib $\exists x(P(x) \wedge Q(x) \rightarrow R(x))$ formulaning qiymatini aniqlang?

- a) $\exists x(P(x) \wedge Q(x) \rightarrow R(x))=1$; b) $\exists x(P(x) \wedge Q(x) \rightarrow R(x))=0$;
c) $\exists x(P(x) \wedge Q(x) \rightarrow R(x))=1,5$; e) $\exists x(P(x) \wedge Q(x) \rightarrow R(x))=\bar{1}$;

11. Berilgan: x ; y .

x : Fariza - talaba; y : Fariza - a'lo baho olishga haqli;

Induktiv xulosalash to'g'ri ko'rsatilgan javobni toping?

- a) Barcha talabalar a'lo baho olishga haqli;
b) Barcha talabalar a'lo baho olishga haqli emas;
c) Barcha a'lo bahoga o'qiydiganlar-talaba;
e) A'lo bahoga o'qiydiganlarning barchasi-talaba.

Masala va topshiriqlar

1. Agar A =« $Axmad$ - abituriyent» va V =« $Axmad$ hujjat topshirishga haqli».

«Ixtiyoriy abituriyent hujjat topshirishga haqli» mulohazaga mos mantiqiy

formulani quring.

2. Quyidagi PM formulalarini deyarli normal shaklga keltiring:

- 1) $\forall x \exists y F(x, y) \leftrightarrow (\exists x P_1(x) \rightarrow \exists x P_2(x))$,
- 2) $\forall x [F(x) \vee \overline{\forall y B(x, y)}] \vee (\exists x P_1(x) \rightarrow \exists x P_2(x))$,
- 3) $\exists x A(x, z) \wedge \exists x \forall y B(x, y) \rightarrow \forall x \forall y \overline{C(x, y, z)}$,
- 4) $\exists x (P_1(x) \wedge P_2(x)) \rightarrow (\exists x P_1(x) \wedge \exists x P_2(x))$;
- 5) $(\forall x P_1(x) \vee \forall x P_2(x)) \rightarrow \forall x (P_1(x) \vee P_2(x))$;
- 6) $\forall x (q \rightarrow P_1(x)) \leftrightarrow (q \rightarrow \forall x P_1(x))$;
- 7) $\exists x (A_1(x) \rightarrow A_2(x)) \leftrightarrow (\forall x A_1(x) \rightarrow \forall x A_2(x))$;
- 8) $\forall x P(x) \vee \forall x Q(x) \leftrightarrow \forall x (P(x) \vee Q(x))$;
- 9) $\exists x P(x) \vee \exists x Q(x) \leftrightarrow \exists x (P(x) \vee Q(x))$.
- 10) $\overline{\exists x (A(x) \wedge B(x))} \wedge (\forall (A(x) \rightarrow B(x)))$.
- 11) $\exists x (P_1(x) \wedge P_2(x)) \leftrightarrow (\exists x P_1(x) \wedge \exists x P_2(x))$;
- 12) $(\forall x P_1(x) \vee \forall x P_2(x)) \leftrightarrow \forall x (P_1(x) \vee P_2(x))$;

$$13) \forall x(P(x_1) \rightarrow P_2(x)) \leftrightarrow (\forall xP_1(x) \rightarrow \forall xP_2(x));$$

$$14) \forall x(A(x) \rightarrow B(x)) \wedge \exists x(D(x) \wedge \overline{R(x)});$$

$$15) \forall x\exists y\forall z(P(x, y, z) \rightarrow Q(x, y, z));$$

3. Quyidagi keltirilgan mulohazalarni birinchi tartibli predikatlar ko'rinishiga keltiring:

1) Filialning har talabasi ingliz yoki nemis yoki fransuz tilini o'rganadi.

2) Filialning barcha talabalari o'zbek, ingliz va rus tillarini o'rganadi.

3) Ba'zi qurilmalar ossillograflar bilan jihozlangan.

4) Har bir odam yoki ba'zi odamlar dam oladi.

5) Bironta odam dam olmaydi.

6) Topshiriqlarni bajargan ba'zi bir talabalarga imtihonga kirishga ruxsat berildi.

7) Topshiriqlarni bajarmagan birorta talabaga imtihonga kirishga ruxsat berilmadi.

8) Ba'zi bir talabalar 2020 yilda ingliz tilidan imtihonda qatnashdi..

9) Ingliz tilidagi imtihonda qatnashgan har bir talaba uni topshiradi.

10) Birorta ham olma shirin emas.

11) Barcha srmlar orasida manfiy sonlar mavjud.

12) Ixtiyoriy aksiya qimmatli qog'oz hisoblanadi.

13) Barcha sut emizuvchilar hayvon yoki inson hisoblanadi.

14) Maktabni yoki kollejni yoki liseyni bitirgan har bir inson oliy ta'lim

muassasiga xujjat topshirishga haqli.

15) Har bir silindrning ustida kub turibdi.

4. Quyidagi mantiqiy mulohazalar berilgan:

1) Umumiy fakt: $(\forall m) \text{ Inson}(m) \Rightarrow \text{Abituriyent}(m)$.

2) Xususiy fakt: $\text{Inson}(\text{Axmad})$.

3) Xulosa: $\text{Abituriyent}(\text{Axmad})$.

Quyidagi mantiqiy xulosa qanday qiymat qabul qiladi:

$((\forall m) \text{ Inson}(m) \Rightarrow \text{Abituriyent}(m)) \wedge \text{Inson}(\text{Axmad}) \Rightarrow \text{Abituriyent}(\text{Axmad})$.

5. Aytaylik M - odamlar to'plami. Quyidagi predikatlar berilgan bo'lsin: Otasi (m_1, m_2) chin bo'ladi, qachonki agar m_1 shaxs m_2 shaxsning otasi bo'lsa va Erkak (m) chin bo'ladi, qachonki m - erkak bo'lsa, va Erkak (m) yolg'on bo'ladi, qachonki m - ayol bo'lsa. Quyidagi predikatlarining chinligini aniqlang:

- 1) $(\forall m_1, m_2) (O_{tasi}(m_1, m_2) \wedge E_{rkak}(m_1) \Leftrightarrow O_{ta}(m_1, m_2))$.
- 2) $(\forall m_1, m_2) (O_{tasi}(m_1, m_2) \wedge \neg E_{rkak}(m_1) \Leftrightarrow O_{na}(m_1, m_2))$.
- 3) $(\forall m_1, m_2) ((\exists m_3) O_{tasi}(m_1, m_3) \wedge O_{tasi}(m_3, m_2) \wedge E_{rkak}(m_1) \Leftrightarrow N_{abira}(m_2, m_1))$.
6. Quyidagi qoida mavjud: «*Axmedov sutemizuvchi*»;
Kuzatish natijasi quyidagicha: «*Barcha odamlar sutemizuvchi*»;
Abduktiv xulosalashdan foydalanib Y xususiy holat sababni aniqlang?
7. Berilgan X; Y. X: Axmedov -talaba; Y: Axmedov -o'qiydi;
Induktiv xulosalashdan foydalanib R ni toping?
8. Berilgan X; Y. X: odam -sutemizuvchi; Y: Axmedov -odam;
Deduktiv xulosalashdan foydalanib R ni toping?

4 - BOB. EKSPERT TIZIMLAR

1-§. Ekspert tizimlarning xususiyatlari, muhimligi va afzalliklari

Ekspert tizimlarning xususiyatlari, muhimligi va afzalliklari.
80-yillarning boshlarida SI sohasidagi ilmiy izlanishlar jarayonida «Ekspert tizimlar» nomini olgan mustaqil yo'nalish shakllandi [7].

ET bo'yicha izlanishlarning maqsadi - shunday dasturlar yaratish kerakki, nafaqat inson – ekspert uchun qiyin bo'lgan masalalarni yechsin, balkim ekspert oladigan natijalardan sifati va samaraliligi bo'yicha kam bo'lmagan natijalarni bersin.

ETlari - bu kompyuter yordamida ishlaydigan, turli faoliyat sohalarida qarorlar qabul qilishning maxsus yaratilgan murakkab tuzilmali modeldir. Mazkur modelning ish prinsipi shundayki, u xuddi ekspertlar kengashi kabi mulohaza yuritib, yechimi izlab topilishi kutilayotgan qiyin vaziyatdan chiqib ketish yo'llarini taklif etishga moslashtirilgan.

ETlarning asosiy xususiyatlari :

- ET masalani yechish uchun yuqori sifatli tajribalar va bilimlarni qabul qiladi;
- ETdagi bilimlar doim to'planib va yangilanib boriladi;
- ET bashorat qilish qobiliyatiga ega bo'ladi.
- ET ishchilarga va mutaxassislarga o'quv qo'llanmasi sifatida foydalanilishi mumkin.

ETni *loyihalashda va ishlab chiqish jarayonida* ETni loyihalashning instrumental muhitini ishlab chiquvchilar, ETni yaratishdagi instrumental muhit, ETning o'zi, ekspert, bilimlar muxandisi(BM) va BB administratori va foydalanuvchi qatnashadi.

ETning muhimligi quyidagilardan iborat:

- ET texnologiyalari kompyuterda yechiladigan va yechimi iqtisodiy samara olib keladigan amaliy masalalar ko'lamini oshiradi;
- ET texnologiyalari murakkab sohalarini qayta ishlashda yuqori sifat va uzoq muddatlilikga erishishni ta'minlaydi;
- bir necha marta qayta ishlashlar sifatini boshqaruvchi murakkab tizimlar sifatining yuqoriligi va dasturlarni qayta ishlatish darajasining pastligi;

▪ ET texnologiyalari bilan an'anaviy dasturlashtirish texnologiyalarini birlashtirganda: dasturchi tomonidan emas, foydalanuvchi tomonidan sohaning dinamik modifikatsiyalarini

ta'minlash; sohalarining yanada «silliqligi»; yaxshi grafika, interfeys va o'zaro ta'sir hisobiga dasturiy mahsulotga yangi sifatlar qo'yiladi.

ETning asosiy afzalliklari jumlasiga quyidagilarni kiritish mumkin:

- har qanday tashkilotda ekspertlar tizimi nihoyatda asqotadi, chunki ushbu tizimdan foydalanish tufayli korxona rahbariyati eng avvalo, ratsional tarzda xodimlar shtatini qayta tuzish, vaqtni tejash, byurokratiya ko'lamini ancha cheklash, qog'ozbozlikka chek qo'yish imkoniyatini qo'lga kiritadi;

- tegishli mavzuga(muammoga) daxldor bo'lgan barcha ma'lumotlar, ularni izlab topish va foydalanish qoidalarining hammasi kompyuter xotirasida saqlanadi. Bundan tashqari, SI qabul qilgan qarorlari qandaydir taxmin va farazlarga asoslangan bo'lmaydi.

Hozirgi vaqtda ETlari va ularning alohida elementlari loyihalashtirish, rejalashtirish, tashxis qo'yish, tarjimonlik, referentlik, taftish, tavsiyanomalar ishlab chiqish, buxgalteriya hisoblarini olib borish, hisobotlarni tayyorlashda, bank faoliyatida, xodimlarni boshqarish sohasida keng qo'llanilmoqda.

Yetakchi *mutaxassislar* fikricha, keyingi izlanishlarda ET quyidagicha qo'llanilishi mumkin:

- ET loyihalashtirish, qayta ishlash, ishlab chiqarish, taqsimlash, sotish, qo'llab - quvvatlash va xizmat ko'rsatishning barcha sohalarida asosiy o'rinni egallaydi;

- savdo sohasidagi ET texnologiyalari o'zaro ta'sir etuvchi tayyor intellektual modullar sohalarini integratsiyasida revolyutsion kuchayishni ta'minlaydi.

ET faqat murakkab amaliy masalalarni yechishda qo'llaniladi. Yechimning sifati va samaradorligi borasida ET yechimlari inson - ekspert yechimlaridan qolishmaydi. ET yechimi «shaffofligi» bilan ajralib turadi, ya'ni foydalanuvchiga yechim sifatli darajada tushuntiriladi. ETning bu xususiyati o'z bilimlari asosida biror xulosaga kelish qobiliyatining mavjudligi bilan xarakterlanadi. ET o'z bilimlarini ekspert bilan munosabatlari vaqtida to'ldirib boradi.

Ta'kidlash lozimki, hozirgi vaqtda ET texnologiyasi moliya, neft va gaz sanoati, energetika, transport, farmatsevtika, ishlab chiqarish, kosmos, metallurgiya, tog'-kon ishlari, kimyo, ta'lim, sellyuza-qog'oz sanoati, telekommunikatsiya va aloqa hamda boshqa turli muammoli sohalarining turli xil tipdagi masalalarini (izohlash, oldindan aytish-bashorat qilish tashxis, loyihalashtirish, konstruksiyalash, boshqarish,

tushuntirish) yechishda ishlatiladi.

2-§. Bilimlarni taqdim etish: tamoyil va usullari

2.1. Bilimlarni taqdim etishning tarmoqli modellari

«Semantik tarmoq» (ST) termini 1968-69 yillarda R.Kullian ishlarida paydo bo'lgan [41].

Semantika – bu biror ma'noni anglatuvchi simvollar va obyektlar o'rtasida munosabatlarni o'rnatuvchi fan hisoblanadi.

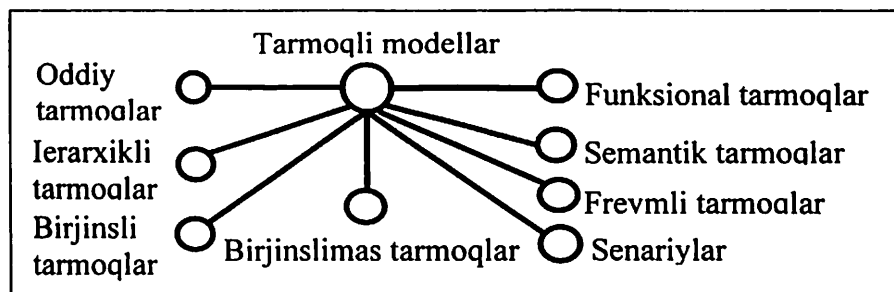
Semantik tarmoq - bu yo'naltirilgan graf bo'lib, uning tugunlari - tushunchalarga, yoylari esa -tugunlar orasidagi munosabatlarga mos keladi.

Tarmoqli modellar strukturasi. Bu turdagi model asosida ST deb nomlangan konstruktsiya yotadi. TMLarni formal ko'rinishda quyidagicha berish mumkin:

$$H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, G \rangle.$$

Bu erda I axborot birliklar to'plami; $C_1, C_2, \dots, C_n$ - axborot birliklar orasidagi bog'lanish turlari to'plami. G berilgan bog'lanish turlari to'plamidan I ga kiradigan axborot birliklar orasidagi bog'lanishlarni beradi.

Tarmoqli model(TM)larning sinflari. TMLarni sinflashning umumiy sxemasi 4.1-rasmda keltirilgan.



4.1-rasm.TMLarninig sinflari.

Tarmoqda tugunlarga qo'yilgan chegaralar va ular orasidagi aloqalarga qarab tarmoqlar quyidagi turlarga bo'linadi (4.1-rasm) [41]:

- oddiy tarmoqlar - tugunlari ichki strukturaga ega bo'lmaydi;
- ierarxikli tarmoqlar- tugunlari tarmoqli strukturaga ega bo'ladi;

- birjinsli tarmoqlar - tugunlar orasidagi munosabatlar bir xil bo'ladi;

- birjinslimas tarmoqlar- tugunlar orasidagi munosabatlar turli xil bo'ladi.

Munosabatlar turiga qarab tarmoqlar quyidagilarga bo'linadi:

- binarli (ikkili) (faqat ikkita obyekt o'rtasidagi munosabatlar qaraladi).

- N - arli (N - joyli) (ikkitadan ortiq obyektlar o'rtasidagi maxsus munosabatlar qaraladi).

PrSdagi obyektlar, jarayonlar o'rtasidagi munosabatlarga qarab tarmoqlar quyidagi turlarga bo'linadi (4.1-rasm):

- *sinflovchi tarmoqlar* - bunda strukturalashtirish munosabatlaridan foydalanadi (tarmoqlar BBda axborot birliklar o'rtasida turli ierarxik munosabatlarni kiritish imkoniyatini yaratadi);

- *funksionalli tarmoqlar* - funksional munosabatlarning qatnashishi bilan tavsiflanadi. Ularni ba'zida hisoblash modellari ham deb atashadi, chunki ular bir axborot birliklarni boshqasi bilan ifodalashga imkon beradi;

- *semantikli tarmoqlar*- obyektlar, tushunvhalar o'rtasida turli turdagi munosabatlardan foydalanish imkonini beradi;

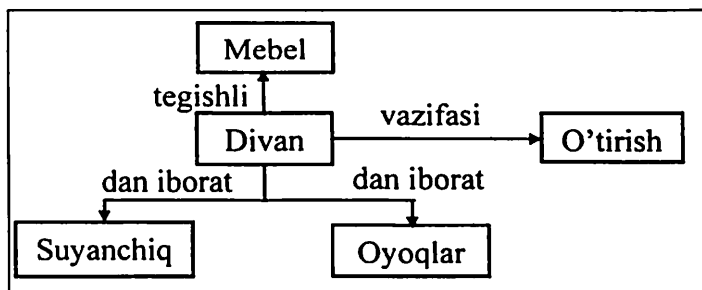
- *freymli tarmoqlar*- bu barcha xususiyatlarga ega bo'lgan pretmer sohadagi obyektlarni (holatlarni) tavsiflash uchun qo'llaniladigan STlarning qismidan iborat;

- *senariylar (senariyli tarmoqlar)*-bunda kauzalli (sabab-oqibat) munosabatlar hamda «vosita-natija», «asbob(aslaha, qurol)-harakat» va boshqa munosabatlardan foydalaniladi.

Semantik tarmoqlar va tavsifi. Agar TMda turli xil bog'lanishlarga ruxsat etilsa, u holda ularni odatda *semantik tarmoqlar* deb atashadi.

Semantik tarmoq - bu graf bo'lib, uning tugunlari obyektlarga yoki tushunchalarga, tugunlarni bog'lovchi yo'ylari esa-tugunlar o'rtasidagi munosabatlarga mos keladi.

Umumiy holda STlar strukturasini formal ko'rinishda quyidagicha taqdim etish mumkin $S = \{O, R\}$, bu yerda $O = \{O_i, i = \overline{1, n}\}$ - obyektlar to'plami; $R = \{R_j, j = \overline{1, k}\}$ - obyektlar o'rtasidagi munosabatlar to'plami (4.2-rasm.).



4.2-rasm.Semantik tarmoqqa misol.

Semantik tarmoqlarda munosabatlarning turlari. STlarda eng ko'p tarqalgan munosabatlar turi ierarxikli tur hisoblanib, ular elementlar, to'plamlar va obyektlar orasidagi munosabatlarni tavsiflaydi. Ularga quyidagilar kiradi:

1) *Sinflash munosabati ISA* (inglizchada "is a"). Ba'zan bu munosabat "member of" deb nomlanadi. Member of" o'zbek tilida «bu» (birlikda) yoki «mazmun» (ko'plikda) kabilarni bildiradi, masalan, "Axmad - bu odam".

2) *To'plam va to'plamostilari o'rtasidagi munosabat AKO* ("a kind of"), masalan, «Magistrlar talabalar to'plamosti». AKO munosabatining ISA munosabatlaridan farqli tomoni shundaki, sinflashda-«bitta ko'pga» munosabatidan, to'plamostida esa - «ko'p ko'pga» munosabatidan foydalaniladi.

3) *Butun va qism munosabati.* Meronimiya munosabati - "butun-qism" munosabati ("has part"). Meronim - bu biror obyekt boshqa obyektning qismi hisoblanadi. Xolonimiya munosabati - "qism-butun" munosabati ("is a part").

Misol. Qo'l -tana uchun xolonim ("qism-butun" munosabati). Tana -qo'l uchun mironim ("butun-qism").

Shunday qilib, ierarxik turli munosabatlarni qo'llashdan qanday obyektlar sinflar va qanday obyektlar sinflarning ekzemplarlari ekanligi kelib chiqadi.

STlarda ierarxik munosabatlardan tashqari ko'p hollarda quyidagi munosabatlarning turlaridan foydalaniladi (ikkinchi qavsda tugunlar turi ko'rsatilgan):

1) funksional munosabatlar («kelib chiqadi», «ta'sir etadi», ...) (obyekt - obyekt);

2) sonli munosabatlar («katta», «kichchik», «teng», ...) (obyekt - obyekt yoki obyekt - xususiyat);

3) fazoli munosabatlar («dan uzoq», «ga yaqin», «orqasida», «ustida», «tagida», «yuqorida», ...) (obyekt - obyekt);

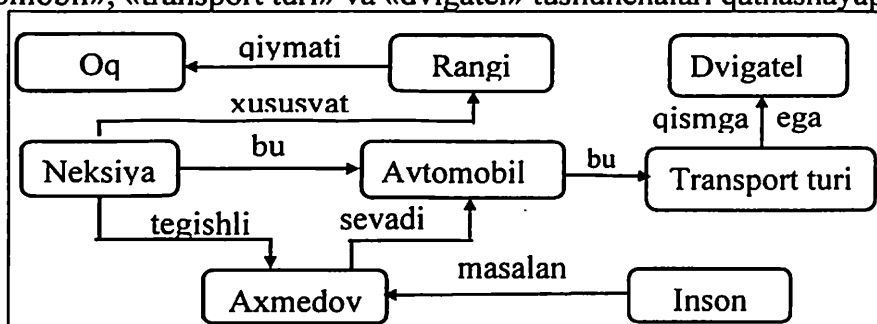
4) vaqtli munosabatlar («oldin», «keyin», «bilan birvaqtda», ...) (obyekt - obyekt);

5) atributli munosabatlar («xususiyatga ega», «qiymatga ega»,...) (obyekt - xususiyat yoki xususiyat - qiymat);

6) Mantiqiy munosabatlar («va», «yoki», «emas») (obyekt - obyekt yoki xususiyat - xususiyat);

7) lingvistik munosabatlar.

Misol. 4.3-rasmda «Avtomobil» uchun ST grafi keltirilgan bo'lib, ushbu grafda tugunlar sifatida «inson», «Axmedov», «Neksiya», «avtomobil», «transport turi» va «dvigatel» tushunchalari qatnashayapti.



4.3-rasm. «Avtomobil» semantik tarmog'iga misol.

TMlarning yutuq va kamchiliklari. Bilimlarni taqdim etishni TMlarning *yutuqlari* - bu ularda tushuncha(obyekt)larning bir-biriga bo'g'lanishlari va ichma-ich joylashishlarini belgilovchi munosabatlarning berilish mexanizmlarining mavjudligi va yuqori darajada strukturalashganligi bo'lib, ular bazaviy tushunchalar va munosabatlar asosida ixtiyoriy tushunchalarni (shu jumladan makroholatlarni) samarali tavsiflashni ta'minlaydi. *Asosiy kamchiligi* esa -mantiqiy modellarga nisbatan mantiqiy hulosalash protseduralarining murakkabligi.

2.2. Bilimlarni taqdim etishning mahsuliy modellari

Mahsuliy model tuzilmasi. Umumiy holda mahsuliy qoida deganda yidagi ifoda tushuniladi [7]:

$$(i); Q; P; A \Rightarrow B; N.$$

Bu yerda *i*-mahsulot nomi bo'lib, bu nom yordamida mazkur mahsulot mahsulotlar to'plamidan ajratib olinadi. Nom sifatida mahsulotning mazmunini aks ettiruvchi qandaydir leksema (masalan, «kitoblar haridi» yoki «qulfning kodlari to'plami») yoki tizim xotirasida saqlanuvchi mahsulotlar to'plamidagi mahsulotning tartib raqami olinishi mumkin.

Q element mahsulotning qo'llanilish sohasini xarakterlaydi. Bunday sohalar inson kongnitiv strukturalaridan oson ajratiladi.

Mahsuliy qoidaning asosiy elementi uning yadrosi $A \Rightarrow B$ hisoblanadi. Mahsuliy qoida yadrosini o'zgartirish $\Rightarrow$ sekvensiya (implikasiya) ishorasining chap va o'ng tomonida nima turganligiga bog'liq holda turli xil bo'lishi mumkin. Mahsuliy qoida yadrosini oddiy o'qish quyidagi ko'rinishda bo'ladi: IF A THEN B. Yadroneing murakkabroq konstruksiyalarida o'ng tomonda alternativ holatlarga ruxsat etiladi. Masalan, IF A THEN V_1 ELSE V_2 . Sekvensiya oddiy mantiqiy ma'noda A ning rostligidan V kelib chiqishiga o'xshash mantiqiy ishora sifatida izohlanishi mumkin. Mahsuliy qoida yadrosi boshqa ko'rinishda ham izohlanishi mumkin. Masalan, A, V harakatni amalga oshirish uchun kerak bo'ladigan biror bir shartni tavsiflashi mumkin.

P element mahsuliy qoida yadrosining qo'llanilish sharti hisoblanadi. Odatda *P* mantiqiy ifoda bo'ladi (qoidaga ko'ra predikat). *R* «rost» qiymat qabul qilganda mahsuliy qoida yadrosi faollashadi. Agar *R* yolg'on bo'lsa mahsuliy qoida yadrosini ishlatib bo'lmaydi.

N element mahsuliy qoidaning keyingi shartini tavsiflaydi. Ular faqat mahsuliy qoida yadrosi amalga oshgandagina faollashadi. *N* element mahsuliy qoidaning keyingi sharti *V* ni amalga oshirgandan keyin bajarish kerak bo'ladigan harakat va protseduralarni tavsiflaydi. Masalan, magazinda biror mahsulot xarid qilingandan keyin mahsulotlar ro'yxatidan shunday turdagi mahsulotning sonini bittaga kamaytirish amalga oshiriladi.

Misol. *i* - xarid qilish; *Q*-savdo markaziga borish; *P*- pulning borligi; $A \rightarrow B$ - agar *X* byum sotib olmoqchi bo'lsang, u holda uning narxini kassaga to'la va chekni sotuvchiga ber; *N*- magazinda mavjud bo'lgan mahsulotlar ro'yxati bo'lib, ushbu mahsulot soni bittaga kamayadi.

Misol. Берилган:

1. Boshlang'ich qiymatlar: МБ: A, F ;

2. Qoidalar : Qoida 1: $A \wedge A \rightarrow C \rightarrow D$; Qoida 2: $C \wedge F \rightarrow G$;

Qoida 3: $A \rightarrow C$; Qoida 4: $C \rightarrow D$; Qoida 5: $G \rightarrow D$.

Aytaylik, maqsad D ning chinligini keltirib chiqarishdan iborat bo'lsin. Birinchi navbatda D ning MBsida bor yoki yo'qligi tekshiriladi. Qaralayotgan misolda D o'zgaruvchi MB da yo'q, shuning uchun sistema D ning chinligini hosil qilish uchun berilgan qoidalar orasidan o'ng tomonida D mavjud bo'lgan qoidalaridan foydalanadi. O'ng tomonida D mavjud bo'lgan qoidalar 1, 4, 5-qoidalar kiradi. Masalan, 5-qoidada D ning chinligi G ning chinligidan kelib chiqadi. Buning uchun G ning MB sida borligi tekshiriladi. G o'zgaruvchi MB sida yo'q. Demak qoidalar orasidan o'ng tomonida G mavjud bo'lgan qoidalar tanlanadi. Bunday qoida 2: $CAF \rightarrow G$. Bu qoidada F o'zgaruvchi MB sida bor va C o'zgaruvchi yo'q. Shuning uchun qoidalar orasidan o'ng tomonida C mavjud bo'lgan qoidalar tanlanadi. Bu qoida 3: $A \rightarrow C$. Bu qoidada A o'zgaruvchi MB sida bor bo'lganligi uchun C o'zgaruvchi chin bo'ladi.

Demak Qoida 3: $A \rightarrow C$; Qoida 2: $CAF \rightarrow G$; Qoida 5: $G \rightarrow D$ larning ketma-ket bajarilishidan D ning chinligi kelib chiqadi. Shunday qilib maqsadga erishildi.

To'g'ri va teskari xulosalash. MTlarda xulosalashning ikkita turi, ya'ni to'g'ri va teskari xulosalaslar mavjud [2]:

1) to'g'ri xulosalashda izlash mahsulotning chap tomonidan boshlanadi, ya'ni A shart tekshiriladi va A ning bajarilishidan bo'g'liq bo'lgan mahsulotlar faollashadi;

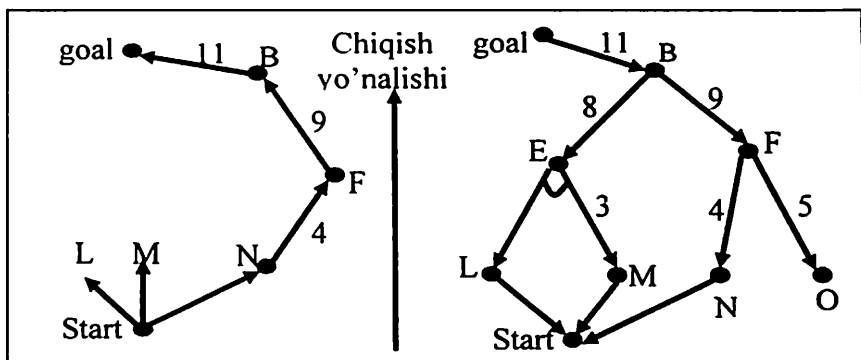
2) teskari xulosalashda izlash mahsulotning o'ng tomonidan boshlanadi, ya'ni B shartning bajarilishi uchun zarur bo'lgan A ning qiymatlari izlanadi;

To'g'ri xulosalash. To'g'ri xulosalash masalani yechish uchun tizimning ishchi xotirasida faktlar sifatida saqlanadigan boshlang'ich ma'lumotlarning berilishi bilan boshlanadi. Boshlang'ich ma'lumotlarga qo'llaniladigan qoidalar yangi faktlarni hosil qiladi va ularni ishchi xotiraga saqlaydi. Ushbu jarayon ishchi xotirada maqsadli funksiyani hosil qilguncha davom ettiriladi.

Misol. Qoidalar-mahsulotlar to'plami berilgan bo'lsin: 1) $G \wedge H \rightarrow C$; 2) $I \wedge K \rightarrow D$; 3) $L \wedge M \rightarrow E$; 4) $N \rightarrow F$; 5) $O \rightarrow F$; 6) $C \rightarrow A$; 7) $D \rightarrow A$; 8) $E \rightarrow B$; 9) $F \rightarrow B$; 10) $A \rightarrow goal$; 11) $B \rightarrow goal$.

Boshlang'ich qiymatlar: $START = \{L; M; N\}$.

Masalaning daraxtli yechim 4.4 - rasmda tasvirlangan.



4.4-rasm. Masalaning daraxtli yechimi.

Daraxtning tugunlari mulohazalarga, yoylari esa chiqish qoidalariga mos qo'yilgan. Chiqish jarayoni L, M, N boshlang'ich faktlar to'plamini ishchi xotiraga joylashtirish bilan boshlanadi va Goal maqsadli tugunni ishchi xotiraga joylashtirish bilan tugallanadi. Chiqish yo'nalishi daraxt yonida keltirilgan bo'lib, uning harakati boshlanish tugundan (L, M, N mulohazalar) maqsadli tugunga (Goal) mos keladi. Shuning uchun bunday xulosalash *ma'lumotlar bilan boshqariladigan xulosalash* deb ataladi. Ta'kidlaymizki, bunday xulosalashlar ekspert tizimlarda ko'proq qo'llaniladi.

Teskari xulosalash. MTlarda teskari xulosalash ishchi xotirada saqlanadigan maqsadli tasdiqlardan boshlanadi. Undan keyin maqsad bilan taqqoslanuvchi xulosani ta'minlovchi qoida-mahsulot izlanadi. Ushbu qoidaning shartlari ishchi xotiraga joylashtiriladi va u yangi maqsad ostiga aylanadi. Ushbu jarayon maqsadli tasdiqni hosil qiluvchi faktlarni ishchi xotirada hosil qilguncha davom ettiriladi. Teskari fikrlash zanjiri 4.4 - rasmning o'ng tomonida keltirilgan.

MTlarning yutuqlari va kamchiliklari. MTlarning keng qo'llanilishining asosiy *yutuqlari* quyidagilardan iborat:

- 1) Mahsuliy qoidalar inson tomonidan oson qabul qilinadi.
- 2) Alohida mahsuliy qoidalar boshqa qoidalarga bog'liq bo'lmagan holda BBga qo'shilishi, olib tashlanilishi yoki o'zgartirilishi mumkin va bu hollarda barcha tizimlarni qaytadan dasturlash talab etilmaydi. Bundan kelib chiqadiki, kata hajmli bilimlarni taqdim etish qiyinchilik tug'dirmaydi.

- 3) Mahsuliy qoidalar yordamida deklarativ hamda protsedurali bilimlar ifodalanadi.

MTlarning *kamchiliklari* sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

- 1) Insonga xos bilimlar strukturasiidan farqliligi;

- 2) Qoidalarining o'zaro munosabatlarining tushunarsizligi;
- 3) Bilimlar timsolining butunligini baholashning murakkabligi;
- 4) Bilimlarni ishlash samaradorligining pastligi.

Uncha katta bo'lmagan (o'nlab qoidalar) tizimlarni yaratishda mahsuliy qoidalar o'zining yaxshi tomonini ko'rsatsa, bilimlar hajmining oshishi bilan mahsuliy qoidalarining kuchsiz tomonlari ham seziladi.

2.3. Bilimlarni taqdim etishning freymli modellari

"Freym" so'zi ingliz tilidan olingan bo'lib, paycha, panjara, ichki skelet kabi mazmunlarda ishlatiladi. Freymlar nazariyasining mohiyati quyidagicha. Inson yangi holatga tushib qolgan paytda, u o'zining xotirasidagi freymlar deb nomlanuvchi asosiy strukturasiga murojaat qiladi. Ya'ni bunday holatda to'g'ri yechimni qabul qilish uchun namunalarga murojat qilish kerakligini eslaydi.

Freym va freymli model. Slda freymlarning turli ta'riflari mavjud.

Quyida ularning bazi birlarini keltiramiz [7, 21, 31]:

Freym - bu Slda haqiqiy vaziyatlarning harakat sxemasini o'zida aks

ettiruvchi bilimlarni taqdim etish ulubi.

Freym -bu slotlar(maydon)dan iborat ma'lumotlar strukturasini.

Slot (inglizcha - slot- (teshik, kovak, tirqish, yoriq) terminalli (ierarxiyaning beti) bo'lishi yoki freymning quyi bosqichini o'zida namoyon qilishi mumkin.

Freymli model haqiqiy olam obyektlarining ierarxiyasini yaxshi tizimlashtirishga imkoniyat yaratadi.

Freymli modellar strukturalashgan semantik tarmoqlar hisoblanadi. Bunday tarmoqlarda obyektlar va hodisalar freymlar ko'rinishida tavsiflanadi. Boshqa turdagi modellardan farqli ravishda freymli modellarda axborot birliklarning qat'iy strukturasini qayd qilinadi. Bu yerda slotning qiymati (strukturasini) bo'lishi mumkin. Slotning qiymati sifatida freymni taqdim etishda ichkima - ichki tamoyilini amalga oshirishga imkon beradi, freymni aniqlashtirishda unga va slotlarga aniq nom beradi va slotlarni to'ldirish sodir bo'ladi.

Freymli modellarning *yutuqlari* ularning kompaktiligi, ko'rgazmaliligi, egiluvchanligi, modulliligi va axborot birliklarni

yo'zishda birxilligi bilan xarakterlanadi. Freymli modellarning asosiy *kamchiliklari* ularda xulosalashni boshqarish mexanizmlarining etishmasligi hisoblanadi.

Freymning tuzilmasi. Rasmiy ravishda freym - bu ma'lumot turi [7]:

$$F = \langle N, S_1, S_2, S_3 \rangle.$$

Buda N - obyektning nomi; S_1 - freymning deklarativ semantikasini aniqlovchi faktlardan iborat slotlar to'plami; S_2 - boshqa freymlar bilan bog'lanishlarni (kauzal, semantik va h.k.) ta'minlovchi slotlar to'plami; S_3 - freymning protsedurali semantikasini aniqlashda almshtirishlarni ta'minlovchi slotlar to'plami.

Freymlarni quyidagi konstruksiya bilan ham ifodalash mumkin:

$$F = [\langle r_1, b_1 \rangle, \langle r_2, b_2 \rangle, \dots, \langle r_n, b_n \rangle],$$

bu yerda, F - freym nomi, r_i - slot nomi, b_i - slotning qiymati.

Misol. 4.5-rasmda tushunchalarni freymlar ko'rinishda taqdim etishga namunalar keltirilgan.

Mobil telefon
1. <i>Vazifasi:</i> nutqni uzatish va qabul qilish.
2. <i>Tarkibi:</i> radioblok, raqam tergich, koder, ...
3. <i>Maqsadi:</i> Nutqiy so'zlashish.
4. <i>Aloqa:</i> WAP, GPRS, 3G

4.5-rasm. Tushunchalarni freymlar ko'rinishda taqdim etish.

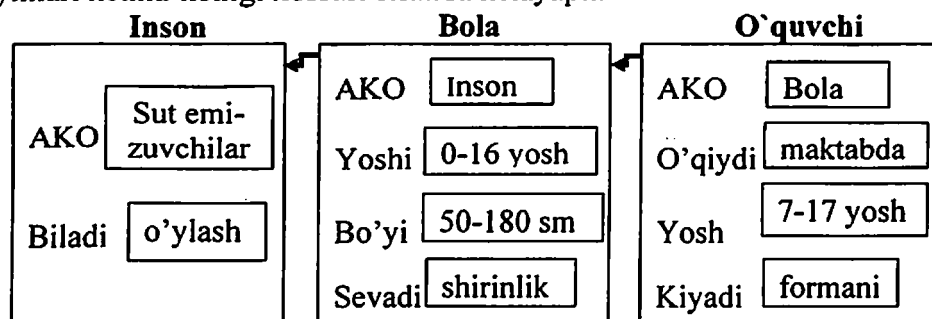
Freymlarning turlari. Freym modeli yetarlicha universal hisoblanadi, chunki u dunyo haqidagi turli xildagi bilimlarning hammasini quyida keltirilgan freymli modellarning turlari orqali ko'rsatib berish imkonini beradi:

- *freymlar-strukturalar* - obyektlar va tushunchalarni (kiritma (zayem), garov, veksel) belgilash uchun foydalaniladi
- *freymlar - rollar* (menedjer, kassir, mijoz);
- *freymlar - senariylar* (inqiroz, yig'ilish, aktsionerlar, bayramlarni o'qkazish, ovqatlanish);
- *freymlar - vaziyatlar* (trevoga, halokat, qurilmaning ishchi rejimi).
- *freym-экземпляр* - PrSning joriy holatini tavsivlovchi aniq freymdan foydalanish;
- *freym - namuna* - PrSning yetarli holatlarini yoki obyektlarni tavsiflash uchun shablondan foydalanish;

- freym-sinf - namunalar freymlarining majmuasini taqdim etish uchun yuqori darajadagi freymlardan foydalanish;

Freymlar o'rasidagi aloqalarning turlari. Freymli modellarda freymlar o'rtasida «dan iborat», «qism-butun», fazoli («dan uzoq», «ga yaqin», «orqasida», «ustida», «tagida», «yuqorida», ...), vaqtli («oldin», «keyin», «bilan birvaqtda», ...), atributli («xususiyatga ega», «qiymatga ega»,...), «sabab-oqibat», AKO-alloqalar, IS-A-alloqalar kabi munosabatlardan foydalaniladi.

AKO-alloqalar. Obyekt yoki jarayon haqidagi ma'lumotlarni strukturlashgan holda bitta freymda ifodalash, fikriy jarayonlarini boshqa freymlar bilan slotlar yoki AKO (a kind of-bu) belgilari yordamida bog'lash orqali ifodalash mumkin (4.6-rasm). Bu yerda "O'quvchi" tushunchasi yuqori qismda joylashgan "Bola" va "Inson" freymlari ketma-ketligi xossasi sifatida kelayapti.

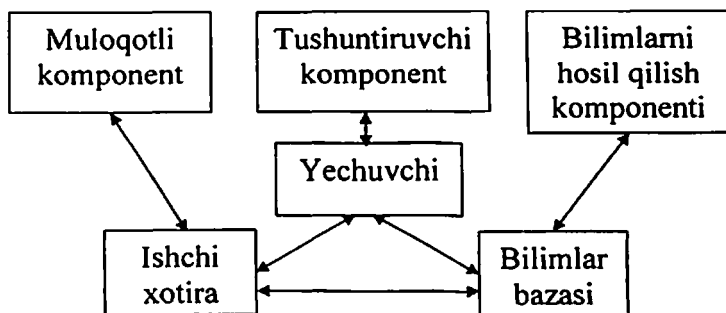


4.6-rasm. AKO-alloqali freymli tarmoqlar.

3-§. Ekspert tizimlarning tarkibi

Statik strukturali tipdagi ET masalaning yechilishi vaqtida atrof-olamdagi ro'y berayotgan o'zgarishlarni hisobga olmagan holda ishlatiladi. Amaliyotda qo'llanilgan birinchi ETlar statik bo'lgan.

Tipik statik ET quyidagi asosiy komponentlardan iborat [7] (4.7-rasm):



4.7-rasm. Statik ETning strukturasi.

Ishchi xotira joriy vaqtdagi yechilayotgan masalada boshlang'ich va oraliq ma'lumotlarni saqlashga mo'ljallangan.

Ishchi xotira (BB) ETda qaralayotgan sohani tasvirlovchi uzoq muddatli ma'lumotlarni saqlash uchun mo'ljallangan.

Yechuvchi ishchi xotiradagi boshlang'ich ma'lumotlar va MBdagi bilimlaridan foydalanib, shunday qoidalar ketma-ketligini shakllantiradiki, ularni boshlang'ich ma'lumotlarda qo'llaganda masalaning yechimiga olib keladi.

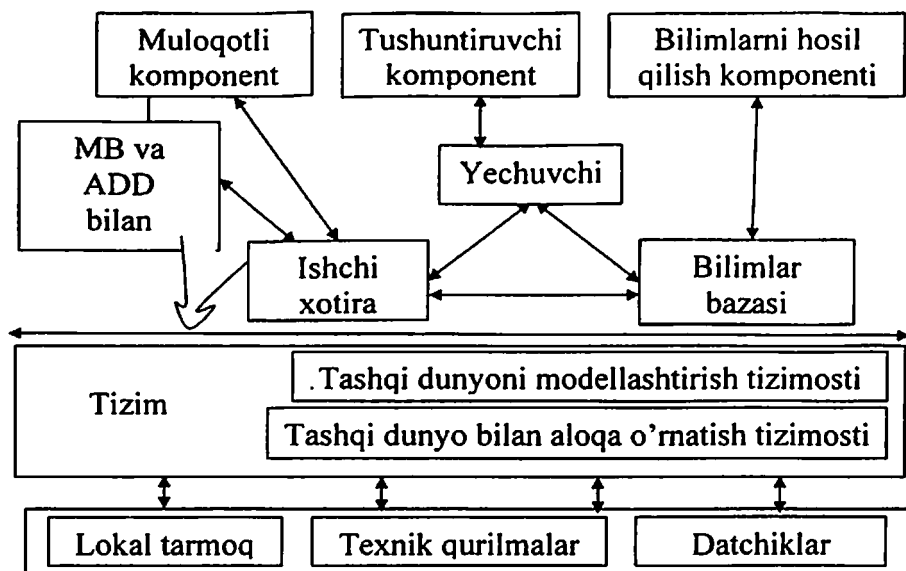
Bilimlarni hosil qilish (to'plash) komponenti foydalanuvchi - ekspert

tomonidan amalga oshiriluvchi bilimlar bilan ETni to'ldirish jarayonini avtomatlashtiradi.

Tushuntirish komponenti tizim qanday qilib yechimga ega bo'lganligi (yoki nima sababdan tizim yechimga ega emasligi)ni va ekspertga tizimni sinovdan o'tkazish va olingan natijaga foydalanuvchining ishonchini oshirishda yordam beradigan qanday bilimlardan foydalanganligini tushuntiradi.

Mulqot komponenti masalasini yechish mobaynida bilimlarni hosil qilish va ishning natijalarini tushuntirish jarayonida foydalanuvchi bilan do'stona muloqotni tashkillashtirishga mo'ljallangan.

4.8-rasmda ko'rsatilganidek, dinamik ET arxitekturasini statik ET arxiteturasi bilan taqqoslaganda, unga 2 ta komponent kiritilgan: tashqi dunyoni modellashtirish tizim osti va tashqi olam bilan bog'liq tizim osti. Oxirgisi tashqi olam bilan bog'liq holda datchiklar va tekshiruvchilar (kontroller) orqali amalga oshiriladi.



4.8-rasm. Dinamik ETning strukturasi.

Ta'kidlaymizki, 4.7 va 4.8-rasmlarda ko'rsatilgan ETlar strukturalari faqatgina komponentlarni(funksiyalarni) aks ettiradi va ko'pgina narsalar «kadr ortida» qolib ketadi.

4-§. Ekspert tizimni yaratishning bosqichlari

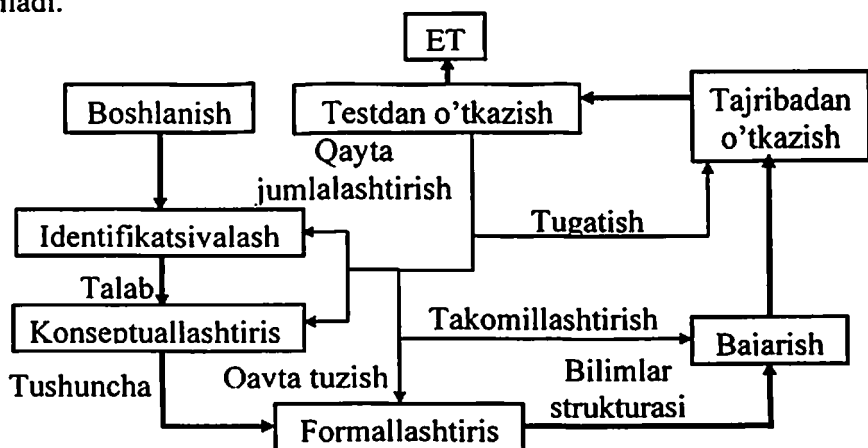
ET ni yaratish ishlari davomida quyidagi 6 pog'onani o'z ichiga oluvchi ishlab chiqarishning aniq texnologiyasi yuzaga keladi (4.9-rasm).

Idenfikatsiyalash bosqichida yechimini kutayotgan masalalar aniqlanadi, ETni ishlab chiqishning maqsadi, ekspertlar va foydalanuvchi tiplari aniqlanadi.

Kontseptuallashtirish bosqichida muammo sohasining tarkibiy tahlili o'tkaziladi, o'llaniluvchi tushunchalar va ularning o'zaro aloqasi aniqlanadi, masalaning yechilish usuli belgilanadi.

Formallashtirish bosqichida texnik vositalar tanlanadi va barcha ko'rinishdagi bilimlarni tasvirlash usullari aniqlanadi, asosiy tushunchalar shakllantiriladi, bilimlarni izohlash usullari aniqlanadi, tizimning ishi modellashtiriladi, tizimning maqsadiga ko'ra tushunchalarning adekvatligi, yechish usullari, tasvirlash vositalari va bilimlarning manipulyatsiyasi baholanadi.

Bajarish bosqichida ekspert tomonidan BBni to'ldirish amalga oshiriladi.



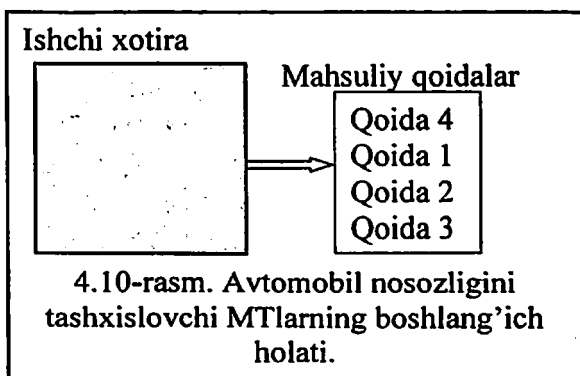
4.9-rasm. ETni yaratish texnologiyasi.

5-§. Qoidalarga asoslangan ekspert tizimlar

Qoidalarga asoslangan ETlarida muammolarni hal qilish bo'yicha bilimlar *"Agar...., u holda"* qoidalari shaklida taqdim etiladi. Ushbu yondashuv, ETidagi PrS haqidagi bilimlarni taqdim etishning eng qadimgi usullaridan biri bo'lib, uning tuzilmasi 4.10-rasmda ko'rsatilgan. Eng tabiiy usul sifatida tijorat va eksperimental ETlarda keng ishlatiladi.

Maqsadga qaratilgan mahsuliy tizim (MT) va masalalarni echish. Qoidalarga asoslangan ETning arxitekturasida muammolarni hal qilish uchun MT modeli nuqtai nazaridan ko'rib chiqilishi mumkin.

Agar 4.10-rasmda keltirilgan ET mahsulot sifatida qaralsa, u holda PrS haqidagi BB mahsulot qoidalari to'plami sifatida qaralishi mumkin. Qoidalarga asoslangan tizimda "shart-harakat" juftligi *"Agar...., u holda"* qoidalari bilan ifodalansa, u holda sabab shartga va oqibat xulosaga mos keladi. Agar shart qondirilsa, ET xulosaning



4.10-rasm. Avtomobil nosozligini tashxislovchi MTlarning boshlang'ich holati.

haqiqatini anglatuvchi harakatni amalga oshiradi. Bu xususiy holatlarni ishchi xotirada saqlash mumkin. Chiqish mexanizmi "tanib olish-harakat" MT siklini amalga oshiradi. Bunday holda boshqaruv ma'lumotlar asosida yoki maqsadga asoslangan holda amalga oshirilishi mumkin.

Ko'pgina PrSlar to'g'ridan-to'g'ri qidiruvga mos keladi. ETda maqsadga asoslangan holda, maqsadli ifoda ish xotirasiga joylashtiriladi. Tizim qoidalar xulosalarini maqsadli ifoda bilan taqqoslaydi va ularning old shartlarini ishchi xotirasiga qo'yadi. Bu muammo oddiy qism maqsadlarga ajratish bilan mos keladi. Mahsulliy tizimning keyingi iteratsiyasida jarayon davom etadi va bu shartlar xulosala qoidalari bilan taqqoslanadigan yangi maqsadlarga aylanadi. Tizim ishchi xotirasidagi barcha qism maqsadlar gipotezasi chin bo'lguncha ishlaydi. Shunday qilib, ETda teskari qidiruv inson muammolarini hal qilishda gipotezani sinash jarayoniga yaqin keladi.

Xulosalashni tushuntirish. Xulosalashni tushuntirishni shakllantirish prinsiplarini mahsulliy tipdagi ekspert tizimlarda qaraymiz. ITlarda xulosalashni tushuntirishni shakllantirish quyidagi sabablarga ko'ra muhim hisoblanadi:

- birinchidan, agar oxirgi foydalanuvchi fikrlashlarning aniq bajarilganligiga ishonmasa, u holda tizimning ko'rsatmalariga ishonch hosil qilmaydi;

- ikkinchidan, BM barcha tizimlarning ishlashi haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lishi kerak;

- uchinchidan, PrS ekspertlari ekspert bilimlarining to'g'ri qo'llanilayotganligiga ishonch hosil qilish uchun tizimlarning fikrlash jarayonini tekshirishga muxtoj bo'lsa.

Xulosalarni tushuntirishni o'rganish uchun tizim foydalanuvchilari ikki tipdagi savollarni berishi kerak:

- 1) Nima uchun tizim foydalanuvchiga ushbu savolni berish kerak deb hisoblaydi?

- 2) Tizim qanday qilib ushbu xulosaga keldi?

Ushbu savollarga javoblarni shakllantirish mexanizmini teskari xulosalash misolida tushuntiramiz.

Misol. Foydalanuvchiga so'rovlar bilan maqsadga asoslangan muammolarni hal qilishning misoli sifatida, biz avtomobilning kichik diagnostika tizimini ko'rib chiqamiz (4.11-rasm). Bu to'liq diagnostika tizimi emas, chunki unda faqat to'rtta oddiy qoida qaraladi. Bu qoidalar

zanjirlarini shakllantirish, yangi ma'lumotlarni integratsiya qilish va tushuntirish imkoniyatlaridan foydalanishni ko'rsatadigan misoldir.

Aytaylik, avtomobilni tashxislovchi qoidalar berilgan bo'lsin:

Qoida 1:

Agar yoqilg'i kelsa = «ha» va dvigatel holati = «notekis ishlasa»,

u holda sabab = «svechada».

Qoida 2:

Agar dvigatel holati = «yurmasa» va yoritish holati = «ishlamasa»,

u holda sabab = «akkumulyatorda» yoki «ulagichlarda».

Qoida 3:

Agar dvigatel holati = «yurmasa» va yoritish holati = «ishlasa», u holda sabab = «starterda».

Qoida 4:

Agar bakda yoqilg'i mavjud = «ha» va karbyuratorda yoqilg'i mavjud = «ha», u holda yoqi'lg'i keladi = «ha».

Xulosalash jarayoni ishchi xotiraga maqsadni kiritish bilan boshlanadi:

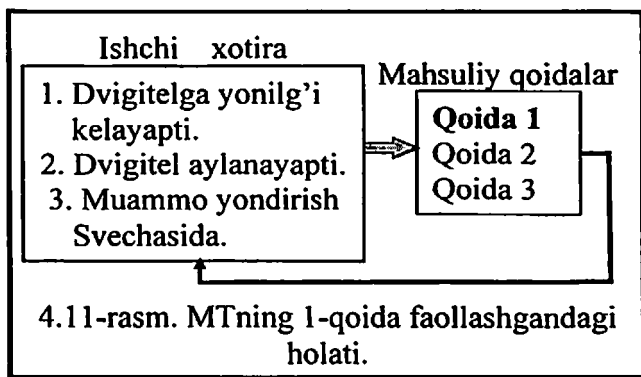
sabab = X,

bu yerda X-birinchi o'zgaruvchi bo'lib, u ixtiyoriy qator bilan taqqoalanishi mumkin.

Xulosalash jarayonida hosil qilingan X o'zgaruvchining qiymati dvigatel nosozligining sababini ko'rsatadi. Aytaylik, agar qoidalar yozilish tartibida faollashsa, u holda 1-qadamning xulosasi bilan taqqoslash

natijasida 1-qadamda X o'zgaruvchi «svechada» qiymatini oladi. Keyin tizim 1-qoidaga asosan yoqilg'ining kelishi va dvigatelning qanday ishlashini aniqlashga harakat qiladi (4.11-rasm).

Birinchi masalaostini yechish uchun 4-qoida faollashadi. Bu holda ishchi hotirada «bakda yoqilg'i mavjud» va «karbyuratorda yoqilg'i mavjud» kabi faktlar va ularning qiymatini tizim yordamida o'rnatuvchi qoidalar mavjud bo'lmasa, u holda foydalanuvchiga keltirilgan faktlar



bo'yicha savollar beriladi. Bundan tashqari 4-qoidaning bajarilishidan keyin dvigatelning holati bo'yicha ham foydalanuvchiga savollar beriladi (4.12-rasm).

Odatda tizimga faktlarning yetarli qiymati ma'lum bo'ladi. U holda foydalanuvchiga yetarli javoblarning bittasini tanlash taklif etiladi. Qaralayotgan holatda foydalanubchining tizim bilan quyidagicha muloqoti bo'lishi mumkin:

Bakda yoqilg'ining mavjudligi (ha/yo'q)?

ha

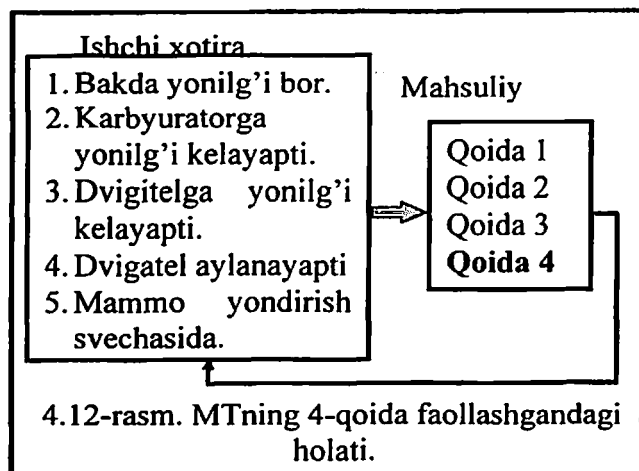
Karbyuratorda yoqilg'ining mavjudligi (ha/yo'q)?

ha

Dvigatelning holati (notekis ishlayapti, yurmayapti)?

notekis ishlayapti

Bundan keyin tizim dvigatel nosozligining sababi haqida ma'lumot beradi: sabab = «svechada». Agar foydalanuvchi tizimning u yoki bu savolni nima uchun berayotganligini bilmoqchi bo'lsa, u holda javob sifatida «nimaga»so'zi kiritiladi. Masalan:



Dvigatel holati (notekis ishlayapti, yurmayapti)?

nimaga

Natijada quyidagi javob olinadi:

1) yoqilg'i kelayapti = «ha», demak, agar

2) dvigatel holati = «notekis ishlayapti», u holda sabab = «svechada».

Bu holda tizim foydalanuvchiga berilgan savol bilan bo'g'liq joriy qoidani namoyish etadi.

Shunday qilib, qoidalarga asoslangan ET (Turbo-Prolog) taqqoslash vaqtida kirish ma'lumotlari orqali kelib chiqadigan ko'plab qoidalarni o'z ichiga oladi. Shu bilan birga ET tizimning turli

modullarini tanlaydigan va faollashtiradigan chiqish mexanizmida interpretatorni o'z ichiga oladi. Ushbu interpretatorning ishi uch bosqichning ketma-ketligi bilan ta'riflanishi mumkin:

1. Interpretator namuna qoidalarini BBda ma'lumotlar elementlari bilan taqqoslaydi.

2. Agar bitta qoidadan ortiq qoidalar chaqirilsa, unda interpretator qoidani tanlash uchun nizoni hal qilish mexanizmidan foydalanadi.

3. Interpretator savolga javob topish uchun tanlangan qoidani qo'llaydi. Ushbu uch bosqichli interpretatsiya jarayoni davriy bo'lib, u tanib olish - harakat sikli deb ataladi.

6-§. Modellar asosida, tajriba negizida mulohaza qilish va gibrid tizimlar

Modellarga asoslangan mulohaza. Modellarga asoslangan birinchi mulohazalash tizimlari 1970-yillarning o'rtasida paydo bo'ldi va 1980 - yillarda rivojlanishda davom etdi.

Modelga asoslangan mulohazalash, masalan, qurilma modeli tuzilganda va uning asosida xulosalar chiqarilganda asboblarning noto'g'ri ishlashini tashxislashda eng qulay hisoblanadi.

Modellarga asoslangan sifatli mulohazalash quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Qurilmaning har bir komponentining tavsifi, ularning xatti-harakatlarini modellashtirishga imkon beradi.

2. Qurilmaning ichki tuzilishi tavsifi. Odatda tarkibiy qismlarning taqdimoti va ularning o'zaro munosabatlarini modellashtirish qobiliyati bilan ularning o'zaro aloqasi mavjud. Ichki strukturaning talab qilinadigan bilim darajasi abstraktsiya darajasiga va kutilgan tashxisga bog'liq.

3. Xususiy muammoni tashxislash. Bu qurilmaning haqiqiy xatti-harakatlarini kuzatishni talab qiladi, odatda uning kirish va chiqishlarini o'lchash amalga oshiriladi. Bunda kirish va chiqish o'lchovlarini olish eng oson hisoblanadi.

Masala kuzatilgan xatti-harakatlarni hisobga olgan holda noto'g'ri komponentlarni aniqlashdan iborat bo'ladi. Bu turli xil tarkibiy qismlar va ularning kombinatsiyasi uchun muayyan xato shakllarini tavsiflovchi qo'shimcha qoidalarni talab qiladi. Mulohazalash tizimi tizimning

kuzatilgan xatti-harakatlarini tushuntirib beradigan eng katta xatoliklarni aniqlashi kerak.

Modellardagi sabab-oqibat va tizimli ma'lumotlarni taqdim etish uchun turli ma'lumotlar tuzilmalaridan foydalanish mumkin. Qurilmaning sababi va funksionalligini aks ettirish uchun modellar asosida mulohazalash dasturida qoidalar ko'pincha qo'llaniladi. Qoidalar, shuningdek, komponentalar o'rtasidagi munosabatlarni aniqlash uchun ham ishlatilishi mumkin. Obyektga yo'naltirilgan tizimlar qurilma tavsifi va model tarkibiy qismlarining ichki tuzilishini tavsiflash uchun qulay vosita hisoblanadi. Bunday holda, o'zgaruvchilar obyekt a'zolari hisoblanib, ular qurilma yoki komponentlarning holatini ifodalaydi, usullar esa qurilmaning funksiyasini aniqlaydi.

Modelni ishlab chiqish va tavsiflash jarayonini aniqlashtirish uchun [45] ishdan olingan qurilmalar va zanjirlarni tahlil qilishning misolini ko'rib chiqamiz.

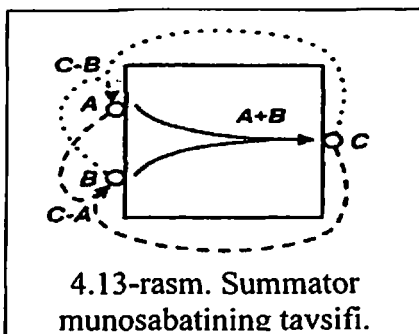
Misol. Qurilmaning xatti-harakati qurilma terminallaridagi qiymatlar o'rtasidagi munosabatlarni aniqlaydigan ko'plab ifodalar bilan tavsiflanadi. 4.13-rasmda ko'rsatilgan summator uchun bu ifodalar quyidagi ko'rinishga ega.

Agar A va B nuqtalarida qiymatlar ma'lum bo'lsa, u holda C nuqtasida qiymat $A+B$ (yalpi chiziq) deb hisoblanadi. Agar C va A ma'lum bo'lsa, unda B nuqtadagi qiymat $C-A$ (katta shtrix chiziq) sifatida hisoblanadi. Agarda C va B qiymatlari ma'lum bo'lsa, u holda A nuqtada qiymat $C-B$ (shtrix chiziq) ko'rinishda hisoblanadi.

Modellarga asoslangan mulohazalashning afzalliklari va kamchiliklari. *Modellarga asoslangan mulohazalashning afzalliklari quyidagicha.*

1. Masalani echishda PrSning funksional va tizimli bilimlaridan foydalanish imkoniyati mavjudligi. Bu turli masalalarni echishda mulohazalash mexanizmining samaradorligini oshiradi, shu jumladan, tizimni ishlab chiqishda ko'zda tutilmagan masalalarni ham.

2. Modellarga asoslangan mulohazalash mexanizmlari odatda juda samarali hisoblanadi. Ular masalalarni echishning kuchli va moslashuvchan vositalari hisoblanadi, chunki ular odamlar kabi yangi



muammolarga duch kelganda ko'pincha dastlabki ma'lumotlarga qaytadilar.

3. Ba'zi bilimlarni turli masalalarni echishda qo'llash mumkin. Modellarga asoslangan mulohazalash tizimlari ko'pincha nazariy ilmiy bilimlarga asoslangan bo'ladi. Ilm-fan odatda umumiy nazariyalar bilan ishlayotganligi sababli bunday umumlashma ko'pincha modellarga asoslangan mulohazalash mexanizmining imkoniyatlarini kengaytiradi.

4. Odatda modellarga asoslangan mulohazalash tizimlari sabab tushuntirishlarni ta'minlaydi. Shunday qilib foydalanuvchilarga nosozlik sabablarini chuqurroq tushunishlari uchun muhim ta'lim rolini bajaradigan tushunchalarni beradi.

Modellarga asoslangan mulohazalashning kamchiliklari quyidagicha.

1. *PrSda eksperimental (tavsiflovchi) bilimlarning etishmasligi.* Qoidalarga asoslangan mulohazalashda ishlatiladigan evristik usullar ekspert baholarining muhim sinfini aks ettiradi.

2. *PrSning aniq modeliga ehtiyojning mavjudligi.* Ko'pgina sohalaridagi bilimlar modellarga asoslangan mulohazalashda ishlatilishi mumkin bo'lgan qat'iy ilmiy asosga ega. Biroq, ko'plab sohalarida, masalan, ayrim tibbiy sohalarida, loyixalash yoki moliyaviy ilovalarning ko'plab masalalarida yaxshi aniqlangan ilmiy nazariya mavjud emas. Bunday hollarda modellarga asoslangan yondashuvlardan foydalanish mumkin emas.

3. *Yuqori murakkablik.* Modellarga asoslangan mulohazalash odatda batafsil darajada amalga oshiriladi, bu esa sezilarli asoratlarga olib keladi. Shuning uchun mutaxassislar birinchi navbatda evristikani rivojlantiradilar.

4. *Favqulodda vaziyatlar.* Ko'pgina elektron komponentlarning nosoz ishlashi yoki o'zaro ta'sir qilish kabi g'ayritabiiy holatlar tizimning funksionalligini o'zgartirishi va bu taxmin qilish qiyin bo'lgan holatlarga olib kelishi mumkin.

Tajribaga asoslangan mulohazalash. Bunday mulohazalashda yangi muammolarni hal qilish uchun tajribaga asoslangan holda muammolarni hal qilish uchun ma'lum echimlarni o'z ichiga olgan batafsil MBdan foydalaniladi.

Tajribaga asoslangan mulohazalash mexanizmi quyidagicha ishlaydi:

1. Xotirada tegishli vaziyatlarni topadi. Agar yechim yangi vaziyatda muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin bo'lsa, u holda vaziyat to'g'ri deb hisoblanadi. Odamlar va mulohazalashning sun'iy mexanizmlari umumiy belgilarga asoslangan o'xshashlikni aniqlaydi: masalan, agar ikki bemorda simptomlar va kasallik tarixi bilan bog'liq bir qator umumiy belgilar mavjud bo'lsa, unda ular bir xil kasalliklarga ega va ular bir xil davolanish kursiga mos keladi. Samarali qidirish uchun xotira shunga mos ravishda tashkil etilishi kerak. Odatda vaziyatlar o'zlarining muhim belgilari bilan indekslanadi, bu esa shunga o'xshash holatlar uchun samarali qidiruvni ta'minlaydi. Muhim xususiyatlarni aniqlash vaziyatga bog'liq bo'ladi.

2. Topilgan vaziyatni hozirgi holatga moslashtiradi. Odatda, bu holat dastlabki holatni maqsadga aylantiradigan operatsiyalar ketma-ketligidan iborat. Mulohazalash mexanizmi mavjud muammoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda saqlangan echimdagi ba'zi operatsiyalarni o'zgartirishi kerak bo'ladi.

3. O'zgartirilgan echimni qo'llaydi. Muayyan vaziyatni o'zgartirish, albatta, muammoning qoniqarli echimini kafolatlamaydi. Birinchi qadamlarni bajarish uchun yana bir iteratsiya talab qilinishi mumkin.

4. Keyinchalik foydalanish uchun muvaffaqiyatli yoki muvaffaqiyatsiz echimni saqlaydi. Yangi ishni saqlab qolish indeks tuzilishiga moslashishni talab qiladi.

GTlar asosida mulohazalash. *Gibrid ekspert tizimlari (GET)* standart dastur paketlarini (masalan, matematik statistika, chiziqli dasturlash yoki MBni boshqarish tizimlari) va bilimlarni manipulyatsiya qilish vositalarini birlashtiradigan dasturiy kompleksni ifodalaydi.

GET - bu noformal masalalarni echish usuli bo'lib, unda masalani ierarxik qismmasalalar daraxti shaklida tasavvur qilish va ularning har biri uchun o'z echimini ko'rsatishi mumkin. *GET*ni ishlashining asosini bilimlarni taqdim etishning gibrid modeli tashkil etadi. *GET* masalani ierarxiyani tashkil etuvchi qismmasalalar to'plami deb hisoblaydi.

Gibrid modelda o'tish jarayonida axborot siqiladi va oxir - oqibat yagona ko'rsatkichga, ya'ni keng qamrovli baholashga aylanadi. Biroq, oraliq natijalarning barcha qiymatlari e'tiborga olinadi. Bunday yig'ish sxemasi ijtimoiy-iqtisodiy obyektlarga xosdir.

Baholash masalalarini echishda gibrid model muayyan afzalliklarni beradi:

1. Turli qismmasalalar uchun turli xil echim usullarini qo'llash mumkin.

2. Agar bitta qismmasalani echish mexanizmida o'zgarish bo'lganda, qolgan masalalarni to'grilash zarurati mavjud emas.

3. Turli xil echish usullarini bitta qismmaslaga qo'llash va echim natijalarini taqqoslash mumkin.

4. Gibrid model asosida ma'lumotlarni yig'ish uning yo'qolishiga olib kelmaydi, balki boshlang'ich asosiy ko'rsatkichlardan boshlab barcha ma'lumotlar tiklanishi mumkin.

Shunday qilib, GETlar turli usullarni birlashtirib, noformal masalalarni echishda avval tavsiflangan yechim usullariga qaraganda ancha yaxshi natijalarga erishishga imkon beradi.

GET doirasida baholash masalalarini echish jarayoni GETni PrSga moslashtirish, masalalar ierarxiyasini qurish, har bir masala uchun echimlar usulini tanlash, har bir solishtiriladigan masala uchun foydalaniladigan barcha usullar uchun bilim bazalarini shakllantirish, baholashni hisoblash va olingan baholarni talqin qilish va tushuntirish kabi masalalarni izchil hal etishga imkoniyat yaratadi.

QQQda *GETni umumiy xususiyatlari* quyidagilardan iborat:

1. GETlar bilimlarni yig'ish, to'plash, sotib olish va qayta ishlash tizimlari, ya'ni predmet yoki muammoli soha bo'yicha sifatli axborot hisoblanadi.

2. GET tashkiliy va boshqaruv faoliyatining noformal masalalarining semantic echimlarini yaratish (olib tashlash) imkonini beradi.

3. Mazmunli boshqaruv qarori - bu qaror qabul qiluvchi shaxs(QQQSh)ning cheklangan tabiiy tilining ferbal shakldagi tasvirlanishi yoki grafik tasvir sifatida ifodalanishi mumkin bo'lgan boshqaruv harakatlarining mohiyatini belgilaydi.

GET arxitekturasini. *GET arxitekturasini* - bu QQQSh va ETning intellektual muloqot jarayonida noformal masalalar qarorlarini topish uchun bilimlarni to'plash va qayta ishlashni ta'minlaydigan ET dasturiy-apparat vositalarining funksional-axborot tuzilmasi.

GET arxitekturasining eng muhim elementi (boshqaruv axborot tizimidan farqli) intellektual ta'minotning mavjudligi hisoblanadi.

GET 1) PrS haqidagi BB; 2) Lingvistik protsessor (cheklangan tabiiy tilni modellashtiradi); 3) Muloqot interfeysi (inson va kompyuter muloqotini ta'minlaydi); 4) Xulosalash mashinasi kabi tarkibiy qismlardan iborat.

Umumiy holda GETning qisqartirilgan sxemasini 4.14-rasm ko'rinishda tasvirlash mumkin.

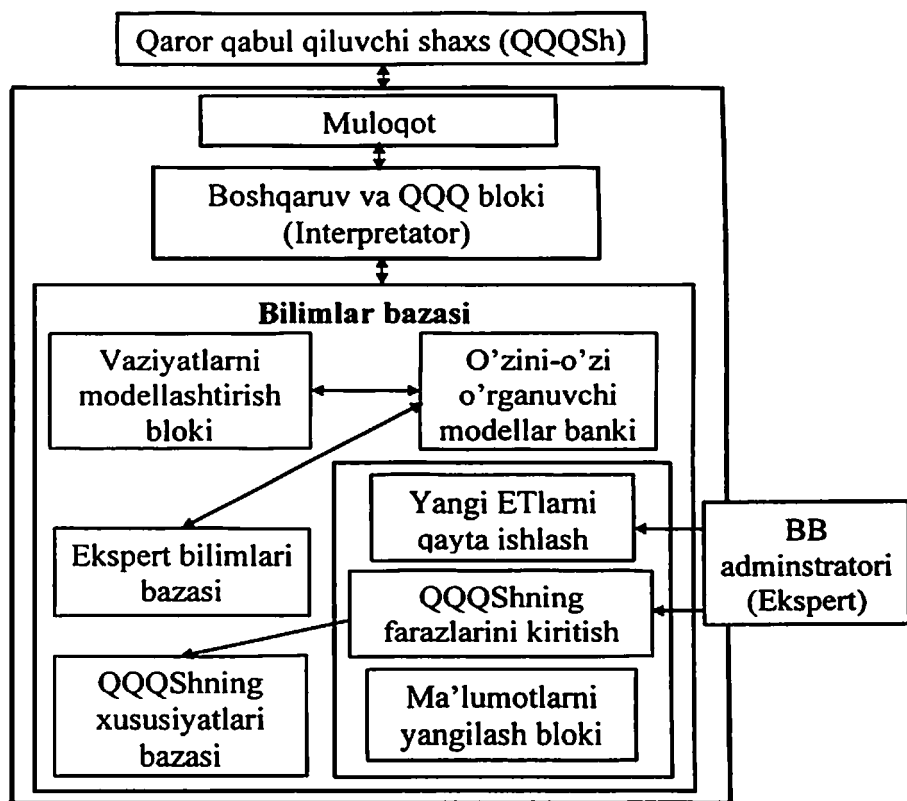
GETning muhim sohasi - bu turli mulohazalash modellarining kombinatsiyasi hisoblanadi. Bir nechta paradigmalarni birlashtiradigan gibrid arxitekturada bir yondashuvning samaradorligi boshqasining zaif tomonlarini qoplashi mumkin. Turli yondashuvlarni birlashtirib, ularning har biriga xos bo'lgan kamchiliklarni chetlab o'tish mumkin. *Misol uchun, qoidalar va tajribaga asoslangan mulohazalashning kombinatsiyasi quyidagi afzalliklarni ta'minlaydi:*

1. Qoidalar asosida mulohaza yuritishdan oldin ma'lum vaziyatlarni ko'rib chiqish qidiruv xarajatlarini kamaytirishi mumkin.
2. Misollar va istisnolar vaziyatlarning MBda saqlanishi mumkin.
3. Qidiruv natijalari kelajakda foydalanish uchun saqlanishi mumkin.

Shu bilan birga mulohazalash mexanizmi qayta qidirish uchun xarajatlarni ishlatmaslikning oldini oladi.

Gibrid usullar tadqiqotchilar va dastur ishlab chiquvchilarining e'tiboriga loyiqdir. Biroq, bunday tizimlarni qurish bir qator muammolarni hal qilishni talab qiladi. Ushbu holat uchun mulohazalash usulini, mulohazalash usulini o'zgartirish vaqtini aniqlash, mulohazalash usullari o'rtasidagi farqlarni aniqlash, bilimlarni almashishni ta'minlaydigan

g'oyalarni ishlab chiqish kerak.



4.14-rasm. GETning qisqartirilgan sxemasi.

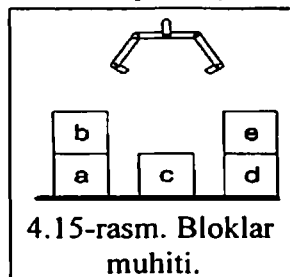
7-§. Adaptiv rejalashtirish

Rejalashtirish. *An'anaviy rejalashtirish* bilimga asoslangan, chunki reja tuzish QQQ jarayonida bilim va qisman rejalarning qismlarini tashkil etishni talab qiladi. *Rejalashtirish* ETlarda vaqt bo'yicha sodir etilgan hodisalar haqida fikr yuritishda qo'llaniladi. *Rejalashtirish* ishlab chiqarish va boshqaruvda ilovalarni topadi. *Tabiiy tilni tushunish masalalarida ham muhimdir*, chunki odamlar ko'pincha rejalar, maqsadlar va niyatlarni muhokama qilishadi.

Misol uchun reja nuqtalari sifatida robotning harakatlarini keltirish mumkin (4.15-rasm). Misolda "b xonadan a blokni olib kelish" rejasining nuqtasini amalga oshirish uchun quyidagi harakatlar ketma-ketligi talab qilinadi:

1) Qo'lda bo'lgan hamma narsani erga qo'yish; 2) B xonaga borish.
3) A blokga boorish; 4) A blokni olish; 5) B xonadan chiqish; 6) Asl joyga qaytib borish.

Rejalar muammoni hal qilish uchun zarur bo'lgan ketma-ketlik topilgunga qadar mumkin bo'lgan harakatlar fazosida qidiruv yordamida yaratiladi. Bu fazo har bir harakatni amalga oshirishda o'zgarib turadigan muhit holatlarini ifodalaydi. Qidiruv maqsad funksiyaga erishguncha davom ettiriladi.



Rejalashtirish qidiruv usullariga bog'liq va bir qator noyob savollarni keltirib chiqaradi. *Rejalashtirishning o'ziga xos xususiyati* murakkab sharoitlar va harakatlarni tavsiflash zaruriyati hisoblanadi. Obyektni qo'lga olish - uning joylashuvi va robot qo'lining holatini o'zgartirishni anglatadi (endi u obyektni siqadi). Shu bilan birga, eshiklar, xonalar yoki boshqa narsalarning joylashuvi o'zgarmaydi. *Muhitning bir holatida haqiqiy bo'lgan va ma'lum bir harakatni amalga oshirayotganda o'zgarib turadigan narsalarning ta'rifi chegara muammosi deb ataladi.*

4.15 - rasmda stolning yuqori yuzasiga o'rnatilgan beshta *a, b, c, d, e* bloklar ko'rsatilgan. Barcha bloklar bir xil o'lchamdagi *kublar* hisoblanadi. Ba'zi bloklar to'g'ridan-to'g'ri bir-biriga joylashtiriladi. Robotning qo'lida har qanday erkin blokni (uning yuqori qismida blok yo'q) ushlab turadigan va uni stol yuzasida yoki boshqa erkin blokning yuqori qismida biron-bir joyga ko'chiradigan tutqich mavjud. Robotning qo'li quyidagi vazifalarni bajarishi mumkin (*L, V, W, X, Y* va *Z* o'zgaruvchilar):

- *goto (X,Y,Z)* - *X, Y* va *Z* koordinatalari bilan tavsiflangan joyga o'tishni ta'minlaydi. Ushbu manzil *pickup(W)* buyrug'ida bevosita o'rnatilishi mumkin, bunda *W - X, Y, Z* koordinatalarga ega.

- *pickup (W)* - blok *W*ni joriy joyidan olishni va uni ushlab turishni bajaradi. Blok erkin deb taxmin qilinadi, bu vaqtda robotning qo'li bo'sh bo'ladi va kompyuter *L* blokining joriy joylashuvini biladi.

- *putdown (W)* - stol ustidagi qandaydir nuqtaga *L* blokni tushirish uchun q'ollaniladi. Ushbu harakatni bajarish davomida joriy momentda robot qo'lining ushlagichi bilan *W* bloki ushlab turiladi.

- *stack (U,V)* - *U* blokni *V* blokning yuqori qismiga qo'yishni ta'minlaydi.

- *unstack* (*U, V*) - U blokni V blokning yuqori qismidan olib tashlashni bajaradi. Ushbu buyruqni bajarishdan oldin U bloki erkin bo'lishi va V blokning yuqori qismida joylashgan bo'lishi hamda robot qo'li bo'sh bo'lishi kerak.

Muhitning holati ko'plab predikatlar va ular o'rtasidagi munosabatlar bilan tavsiflanadi:

- *location* (*WXYZ*) - W blok X, Y, Z koordinatalarga egaligini tavsivlaydi;

- *on* (*X, Y*) - X blok to'g'ridan-to'g'ri Y blokning yuqori tomonida joylashganligini tavsiflaydi.

- *clear* (*X*) - X blokining yuqori tomoni bo'shligini bildiradi;

- *gripping* (*X*) - robotni ushlab turgichi X blokni ushlab turishini anglatadi;

- *gripping* () - robotni ushlab turgichi bo'sh ekanligini tavsiflaydi;

- *ontable* (*W*) - W blok stol ustida joylashganligini bildiradi; *ontable* (*W*) yozuvi *location*(*WXYZ*) predikatning qisqa shakli hisoblanadi, bunda Z - stolning pog'anasi.

Agar har bir blokning joylashuvi va ularning yangi joyga ko'chirilishi haqidagi ma'lumotlar kompyuterda yozilgan bo'lsa, unda muhitning tavsifini ancha soddalashtirilish mumkin. U holda 4.15-rasmda keltirilgan bloklar muhiti predikatlar to'plami bilan ifodalanishi mumkin.

1-holat: $1) (\forall X)(\text{clear}(x) \leftarrow \overline{(\exists Y)(\text{on}(Y, X))});$

$2) (\forall Y)(\forall X)(\text{on}(Y, X) \leftarrow \overline{(\text{ontable}(Y))});$

$3) (\forall Y)\text{gripping}(\) \leftrightarrow \overline{\text{gripping}(Y)};$

Endi *clear*(*b*), *ontable*(*a*) va *gripping**Q* uchun biz bir qator chin munosabatlarni (deklarativ ma'noda) yoki bajaruvchi qoidalarni (protsedurali ma'noda) tasvirlaymiz. Birinchi tasdiqqa ko'ra, Agar X bloki erkin bo'lsa, unda X ning yuqori qismida joylashgan Y bloki mavjud bo'lmaydi. Protседura shaklida buni quyidagicha talqin qilinish mumkin: "*X blokini bo'shatish uchun X ning yuqori qismida bo'lishi mumkin bo'lgan har qanday Y blokini olib tashlash kerak*". Endi vaziyatlarga ta'sir qiluvchi va yangi sharoitlarga olib keladigan qoidalarni ishlab chiqamiz. Shu maqsadda predikatlarni mantiqiy tasvirlash uchun yana protsedurali semantikasi kiritamiz. *Pickup*, *putdown*, *stack*, *unstack* operatorlari quyidagi tarzda aniqlanadi:

- 4) $(\forall X)(pickup(X) \rightarrow (gripping(X)) \leftarrow (gripping() \wedge clear(X) \wedge ontable(X))));$
- 5) $(\forall X)(putdown(X) \rightarrow ((gripping() \wedge ontable(X) \wedge clear(X)) \leftarrow gripping(X)));$
- 6) $(\forall X)(\forall Y)(stack(X, Y) \rightarrow ((on(X, Y) \wedge gripping() \wedge clear(X) \leftarrow clear(Y) \wedge gripping(X))));$
- 7) $(\forall X)(\forall Y)(unstack(X, Y) \rightarrow ((clear(Y) \wedge gripping(X)) \leftarrow on(X, Y) \wedge clear(X) \wedge gripping()));$

Bloklar muhitining yangi holatlarini yaratish uchun o'zaro munosabatlar qoidalarini qo'llashdan oldin chegaralar muammosiga murojaat qilish kerak. Muhitning yangi holatini tavsiflashda invariant predikatlarni aniqlaydigan chegaralar-qoidalar aksiomalaridan foydalaniladi. Masalan 4.30-rasmdagi B blokga *pickup* operatori qo'llanilsa, unda barcha bloklarga talluqli bo'lgan barcha operatorlar navbatdagi holatlarda chin bo'lib qoladi. Bloklar muhiti uchun bir nechta chegara qoidalarini tasvirlash mumkin:

- 8) $(\forall X)(\forall Y)(\forall Z)(unstack(Y, Z) \rightarrow (ontable(X) \leftarrow ontable(X)));$
- 9) $(\forall X)(\forall Y)(\forall Z)(stack(Y, Z) \rightarrow (ontable(X) \leftarrow ontable(X)));$

Ushbu qoidalar *ontable* predikati *stack* va *unstack* operatorlariga nisbatan invariant ekanligini anglatadi. Bu *X* va *Z* o'xshash bo'lganda ham shin bo'ladi, agarda $Y=Z$ bo'lsa, unda bu ifodalarning biri chin bo'lmaydi. Boshqa chegara aksiomalari *stack* va *unstack* operatorlari faqat *T* ning ba'zi parametrlari uchun *on* va *clear* predikatlarining qiymatlarini o'zgartirishiga olib keladi. Chegaralar operatorlari va aksiomalari HFni aniqlaydi.

Unstack operatori tomonidan aniqlangan holatni ko'rib chiqamiz. *Unstack(X, Y)* operatorini bajarish uchun bir vaqtning o'zida uchta shart bajarilishi kerak: *on(X, Y)*, *grippingO* va *clear(X)*. Ushbu shartlar bajarilganda, *unstack* operatorining qo'llanilishi *gripping(X)* va *clear(Y)* yangi predikatlarga olib keladi. 1- holatini tasvirlaydigan qolgan predikatlar 2-holatda ham chin bo'lib qoladi. 2- holatga o'tish *unstack* operatori yordamida va 1-holat predikatlarining chegaralar aksiomalari orqali amalga oshiriladi.

2-holat: 1) *ontable(a)*; *on(b, a)*; *clear(b)*; 2) *ontable(c)*; *clear(c)*; *clear(d)*; 3) *ontable(d)*; *gripping(e)*; *clear(e)*.

Quyidagi xulosalarga kelimiz:

1. Rejalashtirishni HFda qidiruv sifatida qarash mumkin.
2. Yangi holatlar *stack* va *unstack* kabi umumiy operatorlar va chegara qoidalarini bilan aniqlanadi.
3. Dastlabki holatdan maqsadga erishish yo'lini topish uchun graflardagi qidiruv usullarini qo'llash mumkin.

Adaptiv rejalashtirish. *Adaptiv rejalashtirish* - tizimning maqsadlari va uning imkoniyatlariga mos keladigan dinamik o'zgaruvchan tashqi muhit sharoitida tizim obyektning maqbul xatti-harakati senariyasini ishlab chiqishga imkon beruvchi boshqaruv qarorlarini tayyorlash va asoslash jarayoni hisoblanadi.

Adaptiv rejalashtirish g'oyasi tizimning ishlash natijalariga qarab o'tgan davr rejasini tuzatishga asoslangan rejalarni shakllantirishga asoslanadi. *Rejalashtirish* usullar va texnologiyalarga qarab markazlashtirilgan (direktiv), markazlashtirilmagan, normativ, indikativ, iterativ, intuitiv kabi turlarga bo'linadi.

Iterativ (bosqichma-bosqich) rejalashtirish ish davom etayotgan jarayonlarga qaratilgan rejaning doimiy yangilanishi sifatida amalga oshiriladi va mijozning ustuvor yo'nalishlarini va rejalashtiruvchilarni, tashkilotning boshqa vakillarini baholash orqali rejaning joriy versiyasiga kiritilishi kerak bo'lgan imkoniyatlar to'plamining ta'rifidir.

Normativ rejalashtirish (standartlarga asoslangan) qidiruvdan farqli o'laroq (tadqiqot, savolga javob beradigan bo'lsa, nima bo'ladi...), nima qilish kerakligi haqidagi savolga javob beradi. Bu dastur sohaslarini aniq tasniflashni, indikatorlarni o'lchash usullarini, ularning chegara qiymatlarini aniqlashni talab qiladi va ko'pincha ijtimoiy sohada qo'llaniladi. Deyarli barcha islohotlar - uy-joy kommunal xo'jaligi, pensiya va harbiy-normativ rejalashtirishni nazarda tutadi.

Vaziyatli (adaptiv) rejalashtirishda reja tez o'zgaruvchan tashqi muhitga bozor signallarini qo'lga kiritish va ularga tezda javob berishga imkon beruvchi vositalar yordamida moslashish mexanizmi bo'lib xizmat qiladi.

Indikativ rejalashtirish parametr tizimini (indikatorlarni) shakllantirish jarayonini, xo'jalik yurituvchi sub'ektning yoki ijtimoiy-iqtisodiy tizimning holatini va unga ta'sir o'tkazish choralari belgilovchi asosiy ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi.

Rejalashtirish tamoyillariga strategik va taktik rejalarning ijtimoiy yo'naltirilganligi, rejalashtirish obyektlarini ularning ahamiyatiga ko'ra tartiblashganligi, rejalashtirilgan ko'rsatkichlarning yetariligi,

rejalashtirishning moslashuvchanligi, menejment tizimining tashqi muhit parametrlari bilan bog'liqligi, rejaning barqarorligi, imkoniyatlari, muvozanati (zahiraning eng muhim ko'rsatkichlari bo'yicha taqdim etilgan holda), iqtisodiy asoslanishi, rejalashtirish tizimini avtomatlashtirilganligi va fikr-mulohazalarni ta'minlanganligi kabi ketma-ketligi kiradi.

Adaptiv rejalashtirish hisoblash rejimida ishlaydigan maxsus modellar to'plami uchun rejalashtirilgan vazifalarni optimal tarzda amalga oshirishni hisoblashni ta'minlash uchun qo'shimcha ishlov berishdan foydalanishga imkon beruvchi rejalarini ishlab chiqishni nazarda tutadi.

8-§. Ekspert tizimlarga misollar

Hozirgi vaqtda ETlar turli muammoli sohalarda turli masalalarni yechishda qo'llanilmoqda, jumladan, iqtisodiyotda, neft va gaz ishlab chiqarishda, energetika, transport, farmatsevtika, kosmos, kimyo, ta'lim, telekommunikatsiya hamda aloqa va boshqa sohalarda ETlarga ba'zi bir misollar keltiramiz [7, 31, 37]:

➤ *DENDRAL* - murakkab organik molekulalar strukturalarini taniydi;

➤ *MOLGEN* - DNK strukturasini aniqlaydi;

➤ *XCON* - VAX 11 hisoblash komplekslarini loyihalashtiradi;

➤ *MYCIN* - ichak kasalliklariga tashxis qo'yadi;

➤ *PUFF* - sil kasalligiga tashxis qo'yadi;

➤ *MACSYMA* - algebraik ifodalarni soddalashtiradi;

➤ *PROSPECTOR* - foydali qazilmalarni topishda maslahat beradi;

➤ *POMME* - mevali bog'larga qarashga maslahat beradi;

➤ *AIRPLANE* - samolyot yerga qo'nishida uchuvchiga yordam beradi;

➤ *ESPLAN* - Baku neftni qayta ishlash zavodida ishlab chiqarishni rejalashtiradi;

➤ *MODIS* - gipertonik kasalliklarning turli shakllariga tashxis qo'yadi;

➤ *MIDAS* - energetik tizimlarda ishdan chiqish holatlarini aniqlaydi va tuzatadi;

➤ *I&W* - razvedkadagi analitiklarga keyingi qurolli to'qnashuv qachon va qayerda bo'lishini bashorat qilishda yordamlashadi;

➤ *ACES* - xaritada o'zgarish kiritish bo'yicha kartografik ishlarni amalga oshiradi; *ASTA* -bu analitikka tutuvchi signalni jo'natgan radar turini aniqlashga yordam beradi;

➤ *DART* - raqiblarning buyruq beruvchi markazlari, boshqaruvi va aloqalarining razvedka qilinganida olingan natijalarni qayta ishlashga yordamlashadi;

➤ *HANNIBAL* - bu raqibning radioalmashish razvedkasi sohasida vaziyatni baholashni amalga oshiradi;

➤ *RUBRIC* - foydalanuvchiga formatlanmagan matnlarni o'zida mujassamlashtirgan MBga kirish huquqini olishga yordam beradi;

➤ *YES/MVS* - katta EHM dagi katta razryadli MVS operatsion tizimlarni boshqaradi;

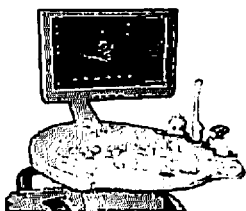
➤ *NetWizard* - lokal tizimlarni loyihalovchi ET;

➤ *CODES* - MBni ishlab chiquvchi mutaxassisga MBning kontseptual sxemasini aniqlash uchun IDEF1 yondashuvni qo'llashni istayotgan mutaxassisga yordamlashadi.

➤ *MIXER* - Texas Instruments SBIS TI990 uchun ishlab chiqilgan mikrodsturlarni yozishda dasturchilarga ko'maklashadi.

➤ *ACE* - telefon tarmog'idagi nosozliklarni aniqlaydi, uni sozlash va tiklash chora-tadbirlari bo'yicha tavsiyalar beradi.

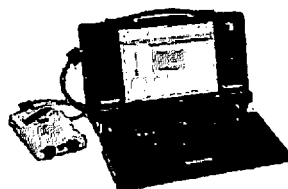
Ishlab chiqarishda, harbiy sohada, informatikada, kompyuter tizimlarida, elektronikada keng va samarali qo'llanilayotgan ETlarga misollar 4.16-rasmda keltirilgan.



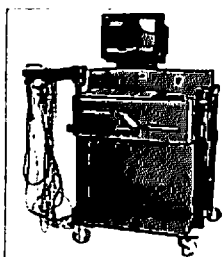
ACU VISTA Rs880t
UTT (UZI) ET.



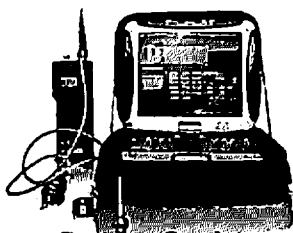
Artida –
Kardiologik
statsionar ET.



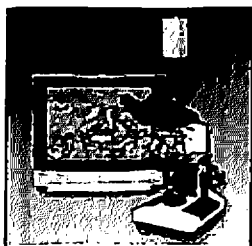
Sniffer Pro WAN - global
tarmoq protokollarini tahlili
qiluvchi ET.



SUN SMP – 4000
Dvigatelga tashxis
qo'yuvchi ET.



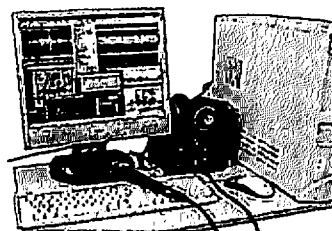
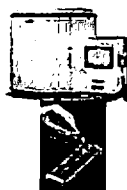
Compacs-micro –
Qurilmalarni avtomatik
vibrodiagnostika qiluvchi
ET.



**MC 400 (TP), Expert
Set – Mikroskopiya**
ET.



Feniks 100 (Phoenix-100) –
Mikroorganizmni antibiotikka
ta'sirchanligini aniqlash va
identifikatsiyalashni avtomatik
tahlil qiluvchi ET.



EdiTracker – Nutq
fonogrammasini
aniqlovchi ET.

4.16 - rasm. ETlarga misollar.

O'zbekistonda ham shunday ETlaridan ayrimlari ishlatilmoqda. O'zbekiston respublikasi qonunchiligining elektron axborot tizimini ishlab chiqaruvchi Norma kompaniyasi tomonidan bir qancha milliy ETlari yaratilgan va amalda qo'llanilmoqda (1-bob 5-§ da keltirilgan).

Nazorat savollari

1. ETlarning asosiy xususiyatlari nimalardan iborat?
2. TMLar strukturasi formal ko'rinishda qanday berish mumkin?

3. Umumiy holda mahsuliy qoida qanday ifodalanadi?
4. To'g'ri va teskari xulosalashning mohiyati nimadan iborat?
5. Freym tuzilmasi qanday komponentlardan tashkil topgan?
6. ETning asosiy afzalliklari jumlasiga nimalarni kiritish mumkin?
7. ETni loyihalashda va ishlab chiqishda kimlar qatnashadi?
8. Statik va dinamik ET qanday asosiy komponentlardan iborat?
9. Qoidalarga asoslangan ETlarida bilimlar qanday qoidalari shaklida taqdim etiladi?
10. Modellarga asoslangan mulohazalashning mohiyati nimadan iborat?
11. Tajribaga asoslangan mulohazalashning mohiyati nimadan iborat?
12. Gibril ekspert tizim (GET) nima va u qanday afzalliklarni beradi?
13. GET qanday tarkibiy qismlardan iborat?
14. Adaptiv rejalashtirish qanday jarayon?
15. Masalalarni echish uchun qanday ETlar ishlab chiqilgan?

Nazorat testlari

1. Ekspert tizim nima?
 - a) Bilmlarga asoslangan amaliy muloqot tizimi;
 - b) Amaliy matematik paket; c) Ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi;
 - e) Faqat formulalarga asoslangan tizim.
2. Ekspertiza sohasidagi qoidalarni qo'llashning maqsadga muvofiqligini asoslash uchun ishlatiladigan bilimlar-bu hisoblanadi
 - a) metabilimlar; b) semantik bilimlar; c) predmetli bilimlar;
 - e) texnologik bilimlar.
3. Ekspert tizimlar tashqi muhitga bog'liqlik darajasiga qarab ekspert tizimlarga bo'linadi.
 - a) statik va dinamik;
 - b) umumiy vazifani bajaruvchi va kontseptuallashtirilgan;
 - c) umumiy vazifani bajaruvchi va idenfikatsiyalashtirilgan;
 - e) formallashtirilgan va maxsuslashtirilgan.
4. Tarmoqli modellarni formal ko'rinishini ko'rsating?
 - a) $H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, G \rangle$; b) $P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n \rightarrow B$; c) $A_1 \wedge B_2 \wedge \dots \wedge C_n \rightarrow D$;
 - e) $H = \langle I, C, \Gamma, D \rangle$.
5. Umumiy holda mahsuliy qoidani to'liq ifodalovchi tizimni ko'rsating?

- a) $(i); Q; P; A \Rightarrow B; N$; b) $(i); A \Rightarrow B; N$; c) $A \Rightarrow B; N$; e) $(i); Q; P; N$.
6. Teskari xulosalashda izlash mahsulotning tomonidan boshlanadi,
ya'nibajarilishi uchun zarur bo'lganqiymatlari izlanadi;
- a) o'ng; B shartning; A ning; b) o'ng; A ning; B shartning;
c) chap; B shartning; A ning; e) chap; A ning; B shartning.
7. Qoidalarga asoslangan ekspert tizimlarida muammolarni hal qilish bo'yicha bilimlarqoidalari shaklida taqdim etiladi.
a) "Agar...., u holda"; b) "Faqat...., u holda" ;
c) "Faqat va faqat, u holda"; e) "U yoki bu, u holda".
8. asoslangan mulohazalash mexanizmda xotirada tegishli vaziyatlarni topadi, topilgan vaziyatni hozirgi holatga moslashtiradi, o'zgartirilgan echimni qo'llaydi va reyinchalik foydalanish uchun muvaffaqiyatli yoki muvaffaqiyatsiz echimni saqlaydi.
a) Tajribaga; b) Modelga; c) Ekspertga; e) Usulga.
9. ekspert tizimlar turli usullarni birlashtirib, noformal masalalarni echishda avval tavsiflangan yechim usullariga qaraganda ancha yaxshi natijalarga erishishga imkon beradi.
a) Gibrid; b) Avtonom; c) Dinamik; e) Statik.
10. rejalashtirish - korxonaning maqsadlari va uning imkoniyatlariga mos keladigan dinamik o'zgaruvchan tashqi muhit sharoitida ijtimoiy-iqtisodiy obyektning maqbul xatti-harakati senariyasini ishlab chiqishga imkon beruvchi boshqaruv qarorlarini tayyorlash va asoslash jarayoni.
a) Adaptiv; b) Obyektiv; c) Subyektiv; e) Avtonom.

Masala va topshiriqlar

1. Quyidagi masalalar uchun ekspert tizim ishlab chiqing.
- 1) Imtihonlarga tayyorgarlik ko'rishda vaqt ajratishni tavsiya qiladigan.
- 2) Bakalavr ishi uchun mavzu tanlaydigan.
- 3) Bemorning sog'lig'ini aniqlash uchun.
- 4) Abituriyent uchun universitet va mutaxassislikni tanlash bo'yicha.
- 5) Shaxsning temperament turini belgilaydigan.
- 6) Kichik biznes sohasida moliyaviy qarorlarni qabul qilish uchun.
- 7) Universitetni tugatgandan so'ng ish joyini tanlash bo'yicha.
- 8) Avtomobil tanlovi bo'yicha.

- 9) Kompyuterda muammolarni bartaraf etish bo'yicha.
 - 10) Kir yuvish mashinasini tanlash bo'yicha.
 - 11) Shaxsiy kompyuter konfiguratsiyasini tavsiya etuvchi.
 - 12) Futbol o'yini natijasini bashorat qiladigan.
 - 13) Axborot xavfsizligi tizimini tanlash bo'yicha.
 - 14) Dasturiy ta'minot sifatini baholash bo'yicha.
 - 15) Geologik tosh turini aniqlash uchun.
 - 16) Mahalliy tarmoq serverini sozlashni tavsiya etuvchi.
 - 17) Web-saytlarni yaratishda vositalarni tanlash bo'yicha.
 - 18) Talabalarning mavzu bo'yicha bilimlarini baholash uchun.
 - 19) Darslarni rejalashtirish uchun.
 - 20) Ichimlik suvi tarkibini tahlil qilish uchun.
2. Belgilangan dastur doirasi uchun oddiy ekspert tizimini ishlab chiqish. Ekspert tizimida kamida beshta ob'ekt haqida ma'lumot bo'lishi kerak.
- 1) Qushlar. 2) Baliq. 3) Uy hayvonlari. 4) Sabzavotlar. 5) Meva.
 - 6) Kiyim. 7) Poyabzal. 8) Mebel. 9) Idishlar. 10) Musiqa asboblari.
 - 11) Kino. 12) Tasviriy san'at turlari. 13) Teleko'rsatuvlar.
 - 14) Qishki sport turlari. 15) Yozgi sport turlari.
 - 16) Yer transporti turlari. 17) Havo transporti turlari.
 - 18) Suv transporti turlari.

5-BOB. MA'LUMOTLAR VA BILIMLAR NOANIQLIGINI TAQDIM ETISH

1-§. Noaniqliklar manbalari va turlari

Noaniqlikning paydo bo'lishi iqtisodiy, siyosiy, tabiiy, vaqtinchalik va boshqa manbalar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. U tashqi yoki ichki muhit, vaziyatlarning qarama-qarshiligi, manfaatlarning nomuvofiqligi va boshqalar tomonidan vujudga kelishi mumkin. *Noaniqlikning asosiy sabablarini quyidagicha aniqlash mumkin:*

- axborotlarning etishmasligi va sifatsiz bo'lishi;
- iqtisodiy jarayonlarning nomutanosibligi elementining mavjudligi;

- qarshi harakatning mavjudligi (ongli yoki ongsiz).

"Noaniqlik" - turli sabablar va birinchi navbatda qarorni amalga oshirish shartlari haqida noto'la va noaniq axborotlarning, shuningdek ular bilan bog'liq bo'lgan xarajatlar va natijalar to'g'risidagi ma'lumotlarning to'liqmasligi yoki xatolikligi haqidagi tushunchadir.

Noaniqlikning bir nechta manbalari bor, lekin birinchi navbatda - bu to'liqmaslik bo'lib, u iqtisodiy sohada, bizni o'rab turgan atrof-muhit haqidagi bilimlarimizning etishmasligidir. Bunday noaniqlik bilan inson mazmunli qarorlar qabul qilishni ancha vaqt oldin duch kelgan. Tabiat qonunlarini anglab etmaslik ko'p hollarda ishlab chiqarish faoliyatiga to'sqinlik qildi va iqtisodiyotni samarali boshqarishga imkon bermadi.

Noaniqlikning yana bir manbai - bu tasodif bo'lib, u o'xshash sharoitlarda tirli ro'y beradi va uni oldindan taxmin qilish mumkin emas. Har bir ishni har kuni rejalashtirish mumkin emas. Uskunaning ishdan chiqishi va mahsulotga bo'lgan talabning to'satdan o'zgarishi, xom ashyoni etkazib berishning kutilmaganda to'xtab qolishi-bularning barchasi tasodifdir.

Noaniqlikning uchinchi sababi - bu qarshi harakat hisoblanadi. Shunday qilib, qarshi harakat etkazib beruvchilarning shartnoma majburiyatlarini buzgan taqdirda, mahsulotga bo'lgan talabning noaniqligi, uni sotishdagi qiyinchiliklar bilan o'zini namoyon qilishi mumkin.

Demak *noaniqlik* kelajakdagi hodisalarning ehtimolligi haqidagi axborotning yetarli emasligini anglatadi.

Noaniqlik - bu yechimni amalga oshirish shartlari, tasodif yoki qarshi harakat omilining mavjudligi haqidagi ma'lumotlarning to'liq emasligi yoki noishonchiligi hisoblanadi.

Noaniqlikning paydo bo'lish sabablariga qarab ularning turli xil ko'rinishlari mavjud. Jumladan, *noaniqlik quyidagi ko'rinishlarga ega*:

➤sonli - vaziyatdagi obyektlar yoki elementlarning katta soni bilan belgilanadi;

➤axborotli - texnik, ijtimoiy va boshqa sabablarga ko'ra axborotning etishmasligi yoki uning noaniqligini ifodalaydi;

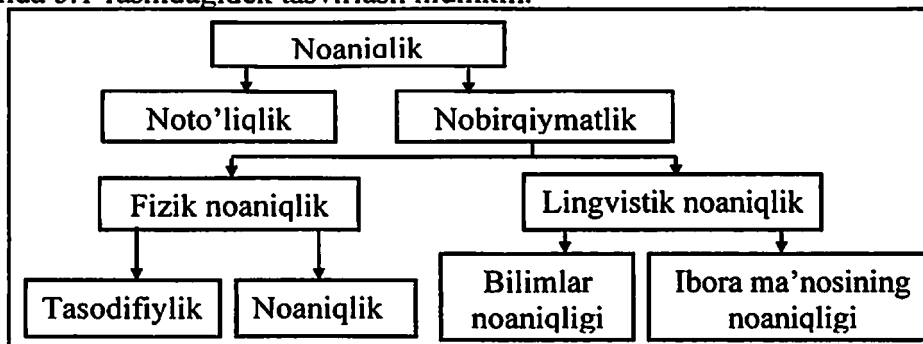
➤qiymatli - aniqlik uchun juda qimmat yoki qurb etmaydigan to'lovlar tufayli xarajatlar;

➤professionalli - QQQShning yetarli darajada professionallikka ega emasligidan kelib chiqadi (masalan, ta'sir qiluvchi omillarning kerakli soni hisobga olinmaydi);

➤cheklanganlik - QQQ holatidagi cheklovlar, masalan, vaqt cheklovlari va boshqalar etiborga olinadi;

➤tashqi muhit- tashqi muhitning xatti-harakati yoki raqobatchining QQQ jarayoniga munosabati bilan bog'liq.

Noaniqlik turlari. *Noaniqlik* vaziyatni tavsiflashning to'liqmasligi, kuzatilgan hodisalarning ehtimoliy tabiatliligi, ma'lumotlarni taqdim etishning noaniqligi, tabiiy til so'zlarining ko'pqiymatliligi, xulosalashning evristik usullardan foydalanishligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. *Noaniqlikning* eng muhim turlarini daraxt shaklida 5.1-rasmdagidek tasvirlash mumkin.



5.1-rasm. Noaniqlikning turlari.

Daraxtning birinchi darajasida noaniqlik xususiyatini sifatli baholashni ifodalovchi atamalar tasvirlangan. Noaniqlik bilimlarning *to'liqmasligi* yoki ularning *noaniqligi* bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Bilimlarning *to'liqmasligi* xulosalar tuzish uchun zarur bo'lgan barcha axborotlar to'planganida paydo bo'ladi. *Nobirqiymatlik* u yoki bu mulohazalarning chinligi mutlaq aniqlik bilan o'rnatilishi mumkin emasligini anglatadi. U fizik (fizik noaniqlik) yoki lingvistik (lingvistik noaniqlik) sabablar tufayli hosil bo'ladi. *Fizik noaniqlik* hodisalar, vaziyatlar, obyektlarning holati yoki ma'lumotlarni taqdim etishning noto'g'riligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Lingvistik noaniqlik sifatli xarakterga ega bo'lgan bilimlarni ifodalash uchun tabiiy tildan foydalanish bilan bog'liq bo'lib, so'zlarning ma'nolari (polisemiya) va iboralarning ma'nosi ko'pligidan kelib chiqadi. Masalan "dvigatel tez-tez qizib ketadi" yoki "Davron allaqachon katta". Ushbu misollarda noaniqlik "tez-tez" va "katta" tushunchalarining noaniqligi bilan bog'liq. So'z ma'nosini noaniqligini tahlil qilishda sintaktik, semantik va pragmatik noaniqliklar ajratiladi.

2-§. Ekspert tizimlar va ehtimollar nazariyasi

ETdagi noaniqliklar va ular tomonidan yaratilgan muammolar. ETlarida noaniqlik qanday namoyon bo'ladi va hisobga olinadi? Eng oddiy vaziyatni ko'rib chiqamiz. Aytaylik

agar (A), u holda (B)

qoidasi foydalanilgan bo'lsin va boshqa qoidalar va sabablar ko'rib chiqilayotgan vaziyatlarga aloqasi yo'q deb hisoblaymiz. Bu holda noaniqlik qaerda paydo bo'ladi? ETda u ikki xil bo'lishi mumkin:

- sababni o'zini chinligining noaniqligi (masalan, agar A ni chinligining ishonch darajasi 90% bo'lsa, u holda B qanday qiymatlar qabul qiladi);

- qoidani o'zining noaniqligi (masalan, biz aytishimiz mumkin: "agar A bo'lsa, u holda B ham bo'ladi" shart ko'p hollarda bajariladi, lekin har doim emas).

Yanada murakkab vaziyat yuzaga keladi, agarda qoida quyidagi ko'rinishda berilsa:

agar (A va B), u holda C,

bunda biz (A,B) sabablarning har birining chinligiga, hatto ularning birgalikda namoyon bo'lishiga va xulosaning chinligiga bizda qandaydir darajadagi ishonch bo'lishi lozim. *Noaniq bilimlar bilan ETni loyihalash va qurishda* yuzaga keladigan to'rtta muhim muammo mavjud:

▪ ma'lumotlarning ma'lum bir qismining chinligini (yoki yolg'onligini) o'rnatishning aniqlik darajasini sonli ko'rinishda qanday ifodalash mumkin?

▪ muayyan sababning xulosasini qo'llab-quvvatlash darajasini qanday ifodalash mumkin?

▪ xulosaga bir-biridan bog'liq bo'lmagan holda ta'sir qiladigan ikkita (yoki undan ko'p) sabablardan birgalikda qanday foydalanish kerak?

▪ noaniqlik sharoitida xulosalashni tasdiqlash uchun mavjud bo'lgan qarorlar zanjirini muxokama qilish vaziyati qanday bo'lish kerak?

Ehtimollik nazariyasining asosiy tushunchalari. Bayes teoremasini kiritishdan oldin ehtimollik nazariyasining ba'zi asosiy tushunchalarini ko'rib chiqamiz. Aytaylik A haqiqiy dunyodagi qandaydir hodisasi bo'lsin. Barcha elementar hodisalarning to'plami Ω - tanlangan fazo yoki hodisalar fazosi deb ataladi. A hodisaning ehtimoli $P(A)$ bilan belgilanadi va har bir $P(A)$ ehtimollik funksiyasi $P(A)$ quyidagi uchta aksiomani qonoatlantirishi kerak:

1. Har qanday A hodisaning ehtimoli manfiy emas, ya'ni

$$\forall A \in \Omega \text{ uchun } P(A) \geq 0.$$

2. Tanlangan fazoning barcha hodisalari ehtimoli 1ga teng, ya'ni $P(\Omega) = 1$.

3. Agar k ta hodisalar $A_1, A_2, \dots, A_k$ o'zaro bo'g'liqmas bo'lsa (ya'ni, bir vaqtning o'zida sodir bo'lmasligi mumkin), unda bu hodisalardan kamida bittasining ehtimoli alohida ehtimolliklar yig'indisiga teng, ya'ni

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k) = \sum_{i=1}^k P(A_i)$$

1 va 2 aksiomalarni birlashtirilishi mumkin, bunda

$$\forall A \in \Omega \text{ uchun } 1 \geq P(A) \geq 0.$$

Ushbu tasdiq har qanday hodisaning ehtimoli 0 va 1 orasida ekanligini ko'rsatadi. Ta'rifga ko'ra, $P(A) = 0$ bo'lsa, A hodisasi hech qachon sodir bo'lmaydi. Agarda $P(A) = 1$ bo'lsa, u holda A hodisasi albatta sodir bo'lishi kerak.

A hodisaning to'ldiruvchisi $\bar{A}$ kabi belgilanadi va $\bar{A}$ hodisa o'zida Ω dagi A dan tashqari barcha hodisalarni saqlaydi. Demak A va

$\bar{A}$ oz'aro bo'g'liqmas (ya'ni $A \cup \bar{A} = \Omega$) bo'lganligi uchun 3-aksiomadan quyidagi kelib chiqadi

$$P(A) + P(\bar{A}) = P(A \cup \bar{A}) = P(\Omega) = 1$$

Bu tenglikni $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$ shaklida qayta yozib $P(A)$ dan $P(\bar{A})$ ni hosil qilish mumkin.

3-§. Noaniqliliklarni taqdim etish uchun shartli ehtimollik

Shartli ehtimollik. Tasodifiy hodisa eksperiment shartlari to'plamini amalga oshirishda yuz berishi yoki bo'lmasligi mumkin bo'lgan hodisa sifatida tavsiflanadi. Agar hodisa ehtimolligini hisoblashda eksperiment shartlaridan tashqari boshqa cheklovlar qo'llanilmasa, unda bunday ehtimollik *shartsiz* deb ataladi. Agarda boshqa qo'shimcha shartlar qo'llanilsa, hodisa ehtimoli *shartli* deb ataladi. Masalan B hodisasi sodir bo'lgan qo'shimcha holatda A hodisasining sodir etilish ehtimoli ko'pincha hisoblab topiladi.

Aytaylik B hodisasi sodir etilgan bo'lsin. U holda B hodisasi sodir etilishi natijasida A hodisaning sodir etilish ehtimoli $P(A \setminus B)$ ko'rinishda belgilanadi va B hodisasi berilganda A hodisaning sodir etilishining *shartli ehtimoli* deb ataladi. Masalan, bemor haqiqatdan ham A kasallikka chalingan bo'ladi, agarda unda faqat B belgi uchrasa.

Misol. Urnada 3ta oq va 2 qora to'p bor. Urnadan bir to'p, keyin ikkinchi to'p olinadi. B hodisasi-birinchi olingan to'pning oq bo'lish hodisasi. A hodisasi-ikkinchi olingan to'pning oq bo'lish hodisasi.

Echimi. Shubhasiz, B hodisa sodir etilgan A hodisaning sodir etilish ehtimoli $P(A \setminus B) = (3-1)/(5-1) = 2/4 = 0.5$ bo'ladi. B hodisasi sodir bo'lmagan taqdirda A hodisasi ehtimoli $P(A \setminus \bar{B}) = (3-0)/(5-1) = 3/4 = 0.75$ bo'ladi.

A va B hodisalarining sodir etilish ehtimoli A va B hodisalarining *birgalikdagi ehtimoli* deb ataladi va $P(A \cap B)$ ko'rinishda belgilanadi. Bir-biriga bog'liq bo'lmagan A va B hodisalarining ehtimoli ular ehtimollarining *ko'paytmasi* bilan aniqlanad. Masalan agar A hodisasi-detel yaroqli va B hodisasi-detel ranglangan bo'lsa, u holda ushbu detal yaroqli va sifatli ranglangan hodisasi $P(A \cap B)$ mos keladi.

Ikki bog'liq hodisaning *birgalikda sodir bo'lishi ehtimoli* ulardan birinchi hodisa sodir etilgan holatdagi ehtimolini ikkinchisining shartli

ehtimoliga ko'paytmasiga teng, ya'ni $P(A \cap B) = P(B)P(A|B)$. Xususi holda bundan shartli ehtimol formulasi hosil bo'ladi

$$P(A|B) = P(A \cap B)/P(B) \quad (5.1)$$

(5.1) da $P(B)$ - B hodisa sodir etilishining aprior ehtimoli, $P(A|B)$ - aposterior ehtimollik, y'ni B hodisaning sodir etilganligi ma'lum bo'lganda A hodisaning sodir etilishining ehtimoli.

Misol. Yuqori misoldagi ma'lumotlar uchun shartli ehtimollik hisoblash formulasidan foydalanib, $P(A|B)$ ni hisoblaymiz.

Echimi. Birinchi oq to'pning paydo bo'lish ehtimoli $P(B) = 3/5 = 0.6$ ga teng. Ikkita to'pning barcha mumkin bo'lgan birikmalarining soni 5 dan 2 tadan, ya'ni $A_5 = 5 * 4 = 20$ ga teng. Ikkita oq to'pning mumkin bo'lgan birikmalarining soni 3 dan 2 tadan bo'lganda $A_3 = 3 * 2 = 6$ ga teng. Bunga asoslanib, A va B larning birgalikdagi ehtimoli $6 / 20 = 0.3$ bo'ladi. U holda B hodisa sodir etilganda A hodisaning sodir etilish ehtimoli $P(A|B) = 0.3/0.6 = 0.5$ bo'ladi. Bu esa yuqoridagi misolda olingan natijaga to'g'ri keladi.

4-§. Bayes qoidasi va undan foydalanish

Evristik qoidalar - ekspert tomonidan shakllantirilgan qoidalaridir. Ko'plab evristik qoidalar asosida faqatgina ekspert hisoblay oladigan, yani ekspert o'z muammoli sohasidagi farazlarni asoslay oladigan ma'lum hodisalarni yuzaga kelish ehtimolligi yotadi. Haqiqatda esa bu qandaydir farazlarni qilish imkoniyatini beradigan statistik ma'lumotlar mavjudligini anglatadi. Bemorni kuzatish asosida vrach tomonidan qo'yiladigan tashxis bunga misol bo'lishi mumkin. Ko'p hollarda vrach tajribasi bemorning kasalligini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi. Albatta vrach xato qilishi ehtimoli mavjud, shuning uchun odatda boshqa tashxislar ham qaraladi.



Bayes biror hodisa avval boshqa bir hodisa sodir etilganligi uchun ro'y berishiga bog'liq tasdiqqa asoslanuvchi ehtimollik uslubiyatini ishlab chiqdi. ETlarda Bayes nazariyasiga tayanuvchi statistik yechimlar keng qo'llaniladi.

Tashxislovchi ETlar inson faoliyatining turli (tibbiyot, texnika, iqtisodiyot va boshqa) sohalarida keng qo'llaniladi. Asosan ularda PrSsi haqidagi bilimlarning mahsuliy modeli ishlatiladi. Biroq, agar statistik

ma'lumotlarning "Tushunchalar va ular orasidagi bog'liqliklar" haqidagi qoidalariga asosan qo'llash imkoniyati mavjud bo'lsa, u holda u yoki bu belgi(belgi)lari mavjudligini tekshirish natijalarining aposterior ehtimollarini hisoblash uchun mashhur Bayes teoremasini qo'llash juda ham maqsadga muvofiq bo'ladi.

Ehtimollikka quyidagicha ta'rif berish mumkin [5, 31].

$$P = \frac{\text{natijasi hodisaga keluvchi tajribalar soni}}{\text{tajribalarning umumiy soni}}, \quad 0 \leq P \leq 1.$$

Bayes ehtimolliigi. Bayes shartli ehtimollik nazariyasini yaratish bilan shug'ullangan. Shartli ehtimollik tajribalarning ma'lum bo'lgan natijalarini hisobga oladi.

Shartli ehtimollik - bu qandaydir B hodisaning sodir etilganligi aniq bo'lganda biror A hodisaning ro'y bearish ehtimolidir. Shartli ehtimollik hodisaning ro'y berish ehtimolidir. Shartli ehtimollik $P(A/B)$ kabi belgilanadi.

Bayesli yondashuvda BBning har bir faktining ishonchlik darajasi noldan birgacha qiymat qabul qiluvchi ehtimollik bilan baholanadi. Dastlabki faktlarning ehtimoli statistik sinovlar usuli yoki ekspertlar so'roviga ko'ra aniqlanadi.

B dalil (fakt) va A gipotezaning birgalikdagi sodir etilish $P(A,B)$ ehtimoli - A gipotazalarni shartsiz $P(A)$ ehtimolini A gipoteza kuzatilganda B dalil(fakt)ning sodir etilganligining shartli ehtimoliga ko'paytmasiga teng bo'ladi [5, 31]:

$$P(A, B) = P(A)P(B/A);$$

Bayes qoidasiga asosan xulosalash ehtimoli B hodisa (dalil) sodir etilganda, A hodisa(gipotaza)larning $P(A/B)$ aposteriorli shartli ehtimolini hisoblashni aniqlaydi:

$$P(A/B) = \frac{P(A, B)}{P(B)},$$

bu yerda $P(B)$ - B dalil(fakt)ning shartsiz (apriorli) ehtimoli; $P(A, B)$ - B dalil va A gipotezaning birgalikdagi sodir etilish ehtimoli.

Misol. 1100 raqamlar birikmasidan tasodifiy ravishda yoki 1, yoki 0 tanlansin.

Shartli ehtimollik tenglamasini qo'llagan holda, 2 ta urinishda avval 0 raqmi, keyin esa 1 raqami kelishi ehtimolini hisoblash mumkin

$$P(0 \text{ va } 1) = P(1/0) \times P(0).$$

0 raqmini tanlash ehtimoli $P(0) = 2/4$, chunki birikmada to'rttadan ikkitasi 0 raqmi. 0 va 1 raqmlarini tanlash ehtimoli $P(0 \text{ va } 1) = 2/3$, $P(0 \text{ va } 1) = \frac{2}{3} \times \frac{2}{4} = \frac{1}{3}$ aniqlanadi.

Bayes formulasi. Aytaylik $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ gipotezalarning birortasi

sodir etilganli natijasida A hodisa sodir etilgan bo'lsin. U yoki bu hodisaning sodir etilishning ehtimoli qanday aniqlanadi?

Agar A hodisa sodir etilgan deb hisoblaak, u holda ushbu gipotezaning ehtimoli Bayes formulasi yordamida quyidagicha aniqlanadi [5]:

$$P(A/B_i) = \frac{P(A)P(B_i/A)}{P(B_i)}, \text{ - } B_i \text{ gipoteza sodir etilganda } A \text{ hodisaning}$$

sodir

etilish ehtimoli. Bu yerda $P(B_i)$ - apriorli (sinovgacha baholangan) ehtimol;

$P(B_i/A)$ - bu A hodisaning sodir etilganligini hisobga olgan holda hisoblanadigan gipotezalarning aposteriorli (sinovdan keyin baholangan) ehtimollari.

Umumiy holda $P(A, B)$ aposteriorli ehtimolni hisoblaydigan *Bayes formulasini* quyidagi shaklda taqdim etish mumkin

$$P(A/B) = \frac{P(A)P(B/A)}{P(B)}, \quad (5.2)$$

bu erda $P(A)$ - A gipotezaning apriorli ehtimoli; $P(A/B)$ - B hodisa sodir etilganda A gipotezaning sodir etilish ehtimoli (aposteriorli ehtimoli); $P(B/A)$ - A gipotezaning sodir etilganligi chin bo'lganda B hodisaning sodir etilish ehtimoli; $P(B)$ - B hodisani sodir etilishining to'liq ehtimoli.

Bayes formulasining mazmuni: B hodisa sodir etilganda A gipotezani sodir etilishining ehtimoli-bu A gipotezaning apriorli $P(A)$ ehtimolini A gipotezani sodir etilganligi chin bo'lganda B hodisaning sodir etilish $P(B/A)$ ehtimoliga $P(A)P(B/A)$ ko'paytmasini B hodisaning sodir etilish $P(B)$ ehtimoliga bo'linmasiga teng.

Bayes formulasining «Fizik manosi» va terminologiyasi. Bayes formulasi «sabab va oqibat o'rnini almashtirish» ni ifodalashga imkonoyat yaratadi: yani oldindan ma'lum bo'lgan dalil asosida

hodisaning sodir etilganligidan shunday ehtimol hisoblanadiki, ushbu ehtimol sabab bilan bo'g'liq bo'ladi.

Ushbu holatda «sabab» harakatini aks ettiruvchi hodisalar-gipoteza(faraz)lar deb ataladi, yani ular bor narsadan sodir etilishi kutilayotgan hodisalar hisoblanadi. Gipotezalar haqiqiyligining shartsiz ehtimoli-*apriorli ehtimol* deyiladi. Hodisalarning sodir etilganlik dalilining shartsiz ehtimoli-*aposteriorli ehtimol* deyiladi.

(5.2) formulaning amaliy qo'llanilishini oddi misolda tushuntiramiz. Aytaylik, A qandaydir kasallik, B esa uning belgisi (belgii) bo'lsin. U holda A kasllikning aprior ehtimoli $P(A) = N_A/N$ formula bilan aniqlanishi mumkin, bu yerda N_A - qandaydir xududda A kasallikka ega bo'lgan odamlar soni; N -xududdagi barcha odamlar soni. Xuddi yuqoridagidek, $P(B)$ ehtimol ham $P(B) = N_B/N$ kabi aniqlanadi, bu eda N_B - B belgi kuzatilayotgan odamlar soni, N -barcha odamlar soni. Odatda $P(A)$ va $P(B)$ ehtimolliklarning qiymatlari ekspertlar tomonidan tushuntiriladi.

$P(B/A)$ ehtimollik A kasallikka ega bo'lgan bemorda B belgining mavjudligiga mos keladi.Uning qiymati ham ekspertlarning so'rov usuli yordamida aniqlanadi.

Misol. Ob-havoni bashoratlash masalasini yechishda bayesli tahlildan foydalanishni qaraymiz.

Aytaylik, yomg'ir yog'ish ehtimoli 30% ga teng. Odatdagi kunda bulutlarning paydo bo'lish ehtimoli ham ma'lum bo'lib, u 50% tashkil etadi. Shuningdek, yomg'ir yog'ish ehtimoli 100% bo'lganda bulutlarning paydo bo'lish ehtimoli ham 100% ni tashkil etadi, chunki agar yomg'ir yog'sa, u holda har qanday holatda ham osmonda bulut bo'ladi.

Demak, bizda quyidagi axborotlar mavjud:

$P(A)$ = yomg'r yog'ish ehtimoli = 30%;

$P(B)$ = bulut bo'lish ehtimoli = 50%;

$P(B/A)$ = yomg'ir yoqqanda bulut bo'lish ehtimoli = 100%.

Agar osmonni bulut qoplasa, uholda yomg'ir yog'ish ehtimolini topamiz. Navbatdagi kun ertalab osmonni bulut qoplad. Bu holda yomg'ir yog'ish ehtimoli quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P(A/B) = \frac{P(A)P(B/A)}{P(B)} = \frac{30\% \cdot 100\%}{50\%} = \frac{300\%}{50\%} = 60\%.$$

Demak, yomg'ir yog'ishni bashoratlash ehtimoli 60% ni tashkil etadi.

Misol. Sportda yaxshi natijalarga erishishni Bayesli tahlilda qaraymiz.

Masalan, bizni Paxtakor ishtirokidagi o'yin qiziqtiradi va biz o'ylaymizki ushbu o'yinda Paxtakorning g'alaba qilish imkoniyatlari аутрайт bo'yicha 50% ni tashkil etadi. Shuningdek, bizga ma'lumki, Paxtakor ishtirokida o'tkazilgan o'yinlarda yomg'ir yog'ish ehtimoli 10% ni, Paxtakor ishtirokida o'tkazilgan o'yinlarda Paxtakor yutganda yomg'ir yog'ish ehtimoli 11% ni tashkil etgan.

Shunday qilib:

$P(A) =$ Paxtakor g'alabasining apriorli ehtimoli $= 50\%$;

$P(B) =$ Paxtakor o'yinida yomg'ir yog'ishning ehtimoli $= 10\%$;

$P(B/A) =$ Paxtakor yutganda yomg'ir yog'ish ehtimoli 11% .

Demak, Paxtakor ishtirokidagi navbatdagi o'yinda yomg'ir yog'ganda

Paxtakorning g'alaba qilish ehtimolini quyidagi formula bilan hisoblaymiz:

$$P(A/B) = \frac{P(A)P(B/A)}{P(B)} = \frac{50\% \cdot 11\%}{10\%} = \frac{550\%}{10\%} = 55\%.$$

Bayesning kengaytirilgan formulasi. Ko'p hollarda hodisalar fazosi ($\{A_i\}$) $P(A_i)$ va $P(B/A_i)$ terminlarda aniqlanadi. Xuddi shu holatda masalalarda va statistik ilovalarda ehtimollari yig'indisi 1(bir)ga teng bo'lgan bir nechta birgalikdama gipotezalardan bo'g'liq hodisalarning to'liq ehtimoli $P(B)$ quyidagicha hisoblanadi:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i)P(B/A_i),$$

bu yerda yig'indi ostidagi ehtimolliklar oldindan ma'lum yoki tajribali baholash yordamida olinadi.

Agar $P(A_1), P(A_2), \dots, P(A_n)$ apriorli ehtimolliklar bilan berilgan bog'liq bo'lmagan $A_1, A_2, \dots, A_n$ gipotazalarning to'liq guruhi qaralayotgan bo'lsa, u holda B dalil asosida har bir A_i gipotezaning aposteriorli ehtimoli quyidagi formula yordamida aniqlanadi [13, 78]:

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i)P(B/A_i)}{P(B)} = \frac{P(A_i)P(B/A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i)P(B/A_i)}. \quad (5.3)$$

(5.3) formula $B_1, B_2, \dots, B_m$ dalillar uchun ham o'rinli bo'ladi:

$$P(A_i/B_j) = \frac{P(A_i)P(B_j/A_i)}{P(B_j)} = \frac{P(A_i)P(B_j/A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i)P(B_j/A_i)}. \quad (5.4)$$

Bu formula Bayes gipotezasining teoremasi deb ataladi. Xususiyl holda (5.4) formulani

$$P(A/B) = \frac{P(A)P(B/A)}{P(A)P(B/A) + P(1-A)P(B/(1-A))}.$$

ETlarda shartli ehtimollikning

$$P(A) = P(A/B) \times P(B) + P(A/\text{not } B) \times P(\text{not } B) \quad (5.5)$$

tenglamasidan ham foydalaniladi. Bu holda A hodisaning ro'y berish ehtimoli B hodisa sodir etilganligi aniq bo'lganda A hodisaning ro'y berish $P(A/B)$ ehtimolini B hodisaning ro'y berish ehtimoliga ko'paytmasiga B hodisa ro'y bermaganligi aniq bo'lganda, A hodisaning ro'y berish $P(A/\text{not } B)$ ehtimolini B hodisaning ro'y bermaslik ehtimoli $P(\text{not } B)$ ga ko'paytmasi yig'indisiga teng.

Misol. Tibbiy tashxis qo'yishda bemorda harorat(H)ning oshganligi kuzatilganligi uchun uning angina (A) bilan kasallanganligining ehtimolini hisoblash talab etiladi. Agar bemor angina bilan kasallangan bo'lmasa, u holda u "anginamas ($\bar{A}$)", masalan sog'lom bo'ladi. (5.4) ning xususiyl holdagi formulasidan foydalanib, ushbu masala uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$P(A/H) = \frac{P(A) \times P(H/A)}{P(A) \times P(H/A) + P(\bar{A}) \times P(H/\bar{A})}$$

$P(A)$ va $P(H/A)$ aprior ehtimolliklar ushbu joydan tibbiy statistik tahlil natijasida olingan bo'lishi mumkin. Agar poliklinikadagi yozuvlar asosida 10000 bemordan ushbu davrda 7000 tasi angina bilan kasallangan bo'lsa, u holda apriorli ehtimollik $P(A) = N_B/N = 7000/10000 = 0.7$. Tibbiy adabiyotlarni o'rganish xulosasiga ko'ra $P(H/A) = 0.8$ o'rnatish mumkin.

Endi $P(\bar{A}) = 1 - P(A) = 1 - 0.7 = 0.3$,

$$P(H/\bar{A}) = 1 - P(H/A) = 1 - 0.8 = 0.2$$

aniqlanadi. Ba'zi hollarda $P(H/\bar{A})$ qiymat ekspertlar tomonidan ham aniqlanishi mumkin.

Demak

$$P(A/H) = \frac{0.7 \times 0.8}{0.7 \times 0.8 + 0.3 \times 0.2} = \frac{0.56}{0.62} \approx 0.90$$

5-§. Bayesli mulohaza

Eng oddiy mantiqiy xulosa. ETdagi barcha qoidalar quyidagi shaklda aks ettirilgan holni ko'rib chiqamiz:

AGAR $<H$ hodisa chin bo'lsa $> U$ HOLDA $<E$ hodisa P ehtimollik bilan kuzatiladi $>$.

Shubhasiz, agar H hodisa sodir bo'lsa, unda bu qoidaga muvofiq E hodisa P ehtimollik bilan sodir etiladi. Agar H hodisaning sodir etilishi noma'lum va E hodisa sodir etilgan bo'lsa, u holda masala echimi qanday bo'ladi.

Bayes teoremasi H ning qiymati ma'lum bo'lganda ehtimollikni hisoblashga imkoniyat yaratadi. " A " va " B " ni " H " va " E " ga almashtirish Bayes formulasi uchun muhim emas, lekin uning yordami bilan umumiy ehtimollik nazariyasini tark etib, ETda ehtimollik hisoblarini tahlil qilishga o'tishimiz mumkin. Shu nuqtai nazardan:

- H - gipoteza to'g'ri bo'lgan hodisa;
- E -ko'rsatilgan gipotezaning to'g'riligini tasdiqlashi mumkin bo'lgan aniq isbot (dalil)ni kelib chiqishining hodisasi.

Bayes formulasini farazlar va dalillar jihatidan qayta yozib quyidagini hosil qilamiz:

$$P(H \setminus E) = \frac{P(E \setminus H)P(H)}{P(E \setminus H)P(H) + P(E \setminus \bar{H})P(\bar{H})}$$

Ushbu formula xulosani dalil bilan bog'lashni va ayni paytda hali tasdiqlanmagan xulosa bilan dalilni aloqasini o'rnatadi. Ushbu sharh, shuningdek, H tomonidan tayinlangan $P(H)$ xulosaning aprior ehtimolligini aniqlashni yoki ba'zi faktlarni olishni nazarda tutadi.

ETlarda muayyan masalalarni echish uchun zarur bo'lgan ehtimollar ekspertlar tomonidan ta'minlanadi va BBda saqlanadi. Ushbu ehtimolliklar quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- barcha mumkin bo'lgan farazlarning aprior ehtimoli $P(H)$;
- $P(E|H)$ farazlarining har biri mavjud bo'lganda dalillarning sodir bo'lish shartli ehtimoli.

Masalan, tibbiy diagnostika bo'yicha ekspert muayyan tibbiy sohada barcha mumkin bo'lgan kasalliklarning aprior ehtimolini berishi kerak. Bundan tashqari, har bir kasallik uchun muayyan alomatlar paydo bo'lishining shartli ehtimoli aniqlanishi kerak. Shartli ehtimollik

barcha alomatlar va kasalliklar uchun olinishi kerak, bunda barcha alomatlar har bir kasallikda o'zaro bog'liq bo'lmasligi zarur.

Ikkita E_1 va E_2 hodisalar shartli bo'g'lanmagan deyiladi, agarda qandaydir H faraz bajarilganda ularning birgalikdagi ehtimoli H faraz bajarilganda E_1 va E_2 hodisalar shartli ehtimollari ko'paytmasiga teng bo'lsa, ya'ni

$$P(E_1, E_2 \setminus H) = P(E_1 \setminus H)P(E_2 \setminus H).$$

Foydalanuvchilar ETga kuzatuv ma'lumotlarini (aniqlangan alomatlar ro'yxatini) beradi va ET BBda saqlangan aprior ehtimollar va taqdim qilingan $E_1, \dots, E_k$ alomatlarni hisobga olib $H_1, \dots, H_m$ farazlar uchun $P(H_i \setminus E_1, \dots, E_k)$ ehtimolni hisoblaydi.

$P(H_i \setminus E_1, \dots, E_k)$ - $E_1, \dots, E_k$ kuzatuvlar boyicha H_i farazning aposterior ehtimoli deyiladi. Bu ehtimolliklar barcha mumkin bo'lgan farazlarning qiyosiy darajasini, ya'ni nolga teng bo'lmagan aposterior ehtimolliklar farazlarini beradi. ETni xulosalash natijasi - eng katta ehtimollikga ega bo'lgan farazni tanlab olishdan iborat bo'ladi.

Ta'kidlaymizki, yuqorida keltirilgan Bayes formulasi har bir dalil faqat bitta farazga ta'sir qilishi bilan chegaralanadi. Ushbu formulani bir nechta $H_1, \dots, H_m$ farazlar va $E_1, \dots, E_k$ dalillar uchun umumlashtirish mumkin. Bu holda har bir farazning ehtimolligi qandaydir E dalilning paydo

bo'lishi sharti bilan quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$P(H_i \setminus E) = \frac{P(E \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{k=1}^m P(E \setminus H_k)P(H_k)}, \quad i = \overline{1, m}$$

Bu formulani $E_1, \dots, E_k$ dalillar uchun umumlashtirish mumkin:

$$P(H_i \setminus E_1, \dots, E_k) = \frac{P(E_1, \dots, E_k \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{k=1}^m P(E_1, \dots, E_k \setminus H_k)P(H_k)}, \quad i = \overline{1, m}$$

Bu formula bir qator *kamchiliklarga* ega. Demak maxrajdagi ifoda bizga barcha mumkin bo'lgan dalillar va farazlarning kombinatsiyalarining shartli ehtimolligini bilishni talab qiladi, bu esa Bayes qoidasini bir qator ilovalar uchun yaroqsiz holga keltiradi. Biroq, dalillarning shartli bog'liqligini taxmin qilish mumkin bo'lgan hollarda Bayes qoidasini oddiyroq ko'rinishga olib kelishi mumkin:

$$P(H_i \setminus E_1, \dots, E_m) = \frac{P(E_1 \setminus H_i)P(E_2 \setminus H_i) \dots P(E_m \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^m P(E_1 \setminus H_j)P(E_2 \setminus H_j) \dots P(E_m \setminus H_j)P(H_j)}, \quad i = \overline{1, m}$$

Shu bilan birga ayrim hollarda hodisalar bog'liqmasligi haqidagi taxminlar ETda mulohazalar va dalillarning aniqligini yo'qotadi.

ETlarda ehtimolliklarning tarqalishi. Hodisalar ehtimoli Bayes qoidalariga asoslangan ETning bilimlari asosida, kuzatilgan dalillarni hisobga olgan holda farazlarning barcha aposteriorli ehtimolliklarini hisoblash uchun taqsimlanadi. Ushbu aposteriorli ehtimolliklar potentsial chin gipoteza haqida tartibli ma'lumot beradi. Ushbu jarayonni tasvirlaydigan misolni ko'rib chiqamiz.

Misol. Aytaylik, qandaydir ET BBda quyidagilar mavjud:

- uchta H_1, H_2, H_3 o'zaro bog'lanmagan farazlar;
- uchta $P(H_1), P(H_2), P(H_3)$ apriorli ehtimollar.

BB turli darajadagi dastlabki farazlarni qo'llab-quvvatlaydigan ikkita shartli bog'liq bo'lmagan dalillarni o'z ichiga olgan bo'lsin. Ushbu misolning barcha farazlari va dalillarining apriorli va shartli ehtimollari quyidagi qiymatlarga ega (5.1-jadval):

5.1-jadval.

$P() \setminus i$	1	2	3
$P(H_i)$	0,5	0,3	0,2
$P(E_1 \setminus H_i)$	0,4	0,8	0,3
$P(E_2 \setminus H_i)$	0,7	0,9	0,0

Shu bilan birga dastlabki farazlar ma'lum bir firmaning ishonchliligini aniqlash bilan bog'liq hodisani tavsiflaydi:

H_1 —"Firmaning o'rtacha ishonchliligi",

H_2 —"Firmaning yuqori ishonchliligi",

H_3 —"Firmaning past ishonchliligi".

Shu bilan birga, dastlabki farazlarni qo'llab-quvvatlovchi shartli bo'g'lanmagan dalillar - hodisalar quyidagicha:

E_1 —"Firmaning foyda olishi",

E_2 —"byudjet bilan o'z vaqtida hisob – kitob qilishi".

Faktlarni to'plash jarayonida farazlar ehtimolliigi oshadi, agar faktlar ushbu farazlarni qo'llab-quvvatlasa yoki kamayadi, agarda faktlar farazlarni inkor etsa.

Birinchi yechim. Birinchi bosqichda biz faqat bitta dalilga egamiz, ya'ni E_1 . Ya'ni, 1 ehtimollik bilan E_1 fakt sodir etildi, bu esa biz tekshirgan firma uchun foyda borligini ko'rsatadi.

E_1 ni hisobga olib barcha farazlarning aposteriorli ehtimolliklarini Bayes formulasi yordamida hisoblash mumkin:

$$P(H_i \setminus E_1) = \frac{P(E_1 \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{i=1}^3 P(E_1 \setminus H_i)P(H_i)}, \quad i = \overline{1,3}$$

Demak

$$P(H_1 \setminus E_1) = \frac{0,4 \times 0,5}{0,4 \times 0,5 + 0,8 \times 0,3 + 0,3 \times 0,2} = 0,40,$$

$$P(H_2 \setminus E_1) = \frac{0,8 \times 0,3}{0,4 \times 0,5 + 0,8 \times 0,3 + 0,3 \times 0,2} = 0,48,$$

$$P(H_3 \setminus E_1) = \frac{0,3 \times 0,2}{0,4 \times 0,5 + 0,8 \times 0,3 + 0,3 \times 0,2} = 0,12.$$

Yuqoridagi hisob-kitoblardan ko'rinib turibdiki, E_1 faktini hisobga olish H_1 va H_2 farazlariga bo'lgan ishonchlilikning pasayishiga olib keldi, H_2 farazga bo'lgan ishonchlilik ortdi.

Ikkinchi yechim. Bir vaqtning o'zida ikkita fakt mavjud bo'lgan hollarda, ya'ni E_1 dalil va E_2 dalil bilan tasdiqlangan bo'lsa, unda boshlang'ich farazlarning aposteriorli ehtimollari ham Bayes qoidasi bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$P(H_i \setminus E_1, E_2) = \frac{P(E_1, E_2 \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{i=1}^3 P(E_1, E_2 \setminus H_i)P(H_i)}, \quad i = \overline{1,3}$$

H_i farazlar berilganda E_1 va E_2 dalillari shartli bog'limas bo'lganda Bayes formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$P(H_i \setminus E_1, E_2) = \frac{P(E_1 \setminus H_i)P(E_2 \setminus H_i)P(H_i)}{\sum_{i=1}^3 P(E_1 \setminus H_i)P(E_2 \setminus H_i)P(H_i)}, \quad i = \overline{1,3}$$

Bundan

$$P(H_1 \setminus E_1, E_2) = \frac{0,4 \times 0,7 \times 0,5}{0,4 \times 0,7 \times 0,5 + 0,8 \times 0,9 \times 0,3 + 0,3 \times 0,0 \times 0,2} = 0,393,$$

$$P(H_2 \setminus E_1, E_2) = \frac{0,8 \times 0,9 \times 0,3}{0,4 \times 0,7 \times 0,5 + 0,8 \times 0,9 \times 0,3 + 0,3 \times 0,0 \times 0,2} = 0,607,$$

$$P(H_3 \setminus E_1, E_2) = \frac{0,3 \times 0,0 \times 0,2}{0,4 \times 0,7 \times 0,5 + 0,8 \times 0,9 \times 0,3 + 0,3 \times 0,0 \times 0,2} = 0,0.$$

Dastlabki tartib H_1, H_2, H_3 bo'lsa-da, E_1 va E_2 dalillarni olgandan faqat H_1 va H_2 farazlari qoldi. Shunday qilib, H_2 faraz H_1 farazga nisbatan ko'proq ehtimolga ega, chunki $0,607 > 0,393$.

Ushbu misolda biz u yoki bu dalillarni qabul qilishda ET elementlari bo'yicha ehtimollarini tarqalish jarayonini ko'rib chiqdik.

ETlarda ehtimolliklarning ketma-ket tarqalishi. Haqiqatda ehtimolliklarning tarqalishi alohida dalillarni bosqichma-bosqich yig'ish va ularning alohida E_i qabul qilinishi bilan shartli ehtimollikka ta'siri amalga oshiriladi. Buni apriorli va aposteriorli ehtimolliklardan foydalanib quyidagicha amalga oshirish mumkin:

1. H_i hodisaning apriorli $P(H_i)$ ehtimoli beriladi.

2. Olingan E_j dalil uchun $P(E_j \setminus H_i)$ aposteriorli ehtimol hosil qilinadi.

3. Bayes teoremasini hisobga olgan holda $P(E_j \setminus H_i)$ aposteriorli ehtimollik hisoblanadi.

4. E_j dalilni hisobga olib $P(H_i) = P(H_i \setminus E_j)$ ko'rinishdagi aposteriorli ehtimolliklarni yangi apriorli ehtimollar sifatida qaraladi.

5. Keyingi bosqichda yangi dalil tanlanadi va 2-qadamga o'tiladi.

Ehtimolliklarni ketma-ket tarqalishini yuqorida keltirilgan misolda keltiramiz. Faraz qilaylik ETga dastlab E_1 dalil kelib tushgan bo'lsin. U holda:

$$P(H_1 \setminus E_2) = \frac{0,7 \times 0,5}{0,7 \times 0,5 + 0,9 \times 0,3 + 0,0 \times 0,2} = 0,565,$$

$$P(H_2 \setminus E_2) = \frac{0,9 \times 0,3}{0,7 \times 0,5 + 0,9 \times 0,3 + 0,0 \times 0,2} = 0,435,$$

$$P(H_3 \setminus E_2) = \frac{0,0 \times 0,2}{0,7 \times 0,5 + 0,9 \times 0,3 + 0,0 \times 0,2} = 0,0.$$

Hosil qilingan ehtimolliklarni H_1, H_2, H_3 farazlar uchun yangi aposteriorli ehtimolliklar sifatida qabul qilish mumkin, ya'ni

$$P(\hat{H}_1) = 0,565, P(\hat{H}_2) = 0,435, P(\hat{H}_3) = 0,0.$$

Agar endi qo'shimcha ravishda yana bir yangi dalil, ya'ni E_2 kelib tushsa, u holda yangi farazlarning aposteriorili ehtimollari faqat yangi kelgan dalil asosida hisoblanishi mumkin:

$$P(H_1 \setminus E_1 E_2) = P(\hat{H}_1 \setminus E_2) = \frac{0,4 \times 0,565}{0,4 \times 0,565 + 0,8 \times 0,435 + 0,3 \times 0,0} = 0,393,$$

$$P(H_2 \setminus E_1 E_2) = P(\hat{H}_2 \setminus E_2) = \frac{0,8 \times 0,435}{0,4 \times 0,565 + 0,8 \times 0,435 + 0,3 \times 0,0} = 0,607,$$

$$P(H_3 \setminus E_1 E_2) = P(\hat{H}_3 \setminus E_2) = \frac{0,3 \times 0,0}{0,4 \times 0,565 + 0,8 \times 0,435 + 0,3 \times 0,0} = 0,0.$$

Ushbu misoldan ko'rinib turibdiki, ehtimolliklarning ketma-ket taqsimotining iteratsiyali jarayoni dalillarning kelib tushishini hisobga olgandagi natijalar bir vaqtning o'zida ikkita dalilning kelib tushishini hisobga olib Bayes qoidasi yordamida olingan natijalarga o'xshash bo'ladi.

Subyektiv ehtimolliklardan foydalanadigan ETlar. Ehtimollik nazariyasini noaniqliklarni ifodalashda ishlatish uchun ET ishlab chiquvchilari ekspertlardan barcha apriorli va shartli ehtimolliklarni olishlari kerak. Bunda ular talab qilingan ehtimolli baholarni kamaytirish uchun hodisalarning shartli bog'lanmasligini e'tiborga oladilar, lekin ular uchun talab qilinadigan baholar soni yetarlicha ko'pchilikni tashkil qiladi.

Shunday qilib, ozchilik ETlar subyektiv ehtimollik nazariyasidan foydalanadi va bu tizimlarning ko'pchiligi nisbatan murakkab bo'lmagan masalalarni echishda qo'llaniladi.

Subyektiv ehtimollarni amalga oshirishda asosiy qiyinchilik - bu BBni qurish uchun olinishi zarur bo'lgan katta hajmdagi ehtimolliklar soni bilan bog'liq. Misol uchun tibbiy diagnostikaning ba'zi sohalarida 100 ta tashxis va 700 ta alomatlarga ega bo'ladi. Bu esa kamida 70100 (70000 shartli + 100 apriorli) ehtimollik qiymatlarini olinishini talab etadi. Bundan tashqari eski tizimlarda kamdan-kam hollarda amalga oshiriladigan alomatlarining bog'liqligini talab etilgan, bu esa ideal holatda kamdan-kam uchraydi.

Nazorat savollari

1. Noaniqlikning paydo bo'lishi qanday manbalar bilan bog'liq?
2. Noaniqlikni kelib chiqishini asosiy sabablari nimalar?

3. Obyektiv va subyektiv noaniqliklarni izohlang?
4. Paydo bo'lish sabablariga qarab noaniqlikning qanday ko'rinishlari mavjud?
5. Noaniqlikning qanday turlari mavjud?
6. ETdagi noaniqliklar va ular tomonidan yaratilgan muammolarni keltiring?
7. Evristik qoidalar nima?
8. Ehtimollik va shartli ehtimollik nima?
9. B dalil va A gipotezaning birgalikdagi sodir etilish ehtimolini izohlang?
10. Bayes qoidasiga asosan xulosalash ehtimoli qanday aniqlanadi?
11. Bayes formulasining mazmuni nimadan iborat?
12. Bayesning kengaytirilgan formulasini izohlang?
13. Exspert tizimlarda shartli ehtimollikning qanday ko'rinishidan foydalaniladi?
14. ETda eng oddiy mantiqiy xulosalashda qanday qoidadan foydalaniladi?
15. ETlarda ehtimolliklarning tarqalishini izohlang va miisol keltiring?
16. ETlarda ehtimolliklarning ketma-ket tarqalishini izohlang va miisol keltiring?
17. Subyektiv ehtimolliklardan foydalanadigan ETlardagi asosiy qiyinchilik nimadan iborat?

Nazorat testlari

1. jarayon sifatida yetarli (to'la) ma'lumotga ega bo'lmagan yoki topshiriqning murakkabligi tufayli xatoli qarorlar qabul qilgan xodimning faoliyati qaraladi.
a) Noaniqlik; b) Nobirqiymatlilik; c) Noto'liqlilik; e) Noishonchilik.
2. noaniqlik hodisalar, vaziyatlar, obyektlarning holati yoki ma'lumotlarni taqdim etishning noto'g'riligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.
a) Fizik; b) Tezkor; c) Lingvistik; e) Professional.
3. noaniqlik sifatli xarakterga ega bo'lgan bilimlarni ifodalash uchun tabiiy tildan foydalanish bilan bog'liq bo'lib, so'zlarning ma'nolari (polisemiya) va iboralarning ma'nosi ko'pligidan kelib chiqadi.

- a) Lingvistik; b) Tezkor; c) Fizik; e) Professional.
4. Evristik qoidalar shakllantirilgan qoidalardir.
 a) ekspert tomonidan; b) bilimlar muhandisi tomonidan;
 c) aksiomalar yordamida; e) matematik usullar yordamida.
5. Qandaydir B hodisaning sodir etilganligi aniq bo'lganda biror A hodisaning ro'y berish ehtimoli-bu ehtimollikdir.
 a) shartli; b) apriorli; c) aposteriorli; e) shartsiz.
6. B dalil va A gipotezaning birgalikdagi sodir etilish ehtimolini aniqlaydigan ifodani to'g'ri ko'rsating?
 a) $P(A, B) = P(A)P(B/A)$; b) $P(A, B) = P(B)P(B/A)$;
 c) $P(A, B) = 1 - P(A)P(B/A)$; e) $P(A, B) = P(B)P(B/(1 - A))$.
7. Gipotezalar haqiqiyligining shartsiz ehtimoli-bu..... ehtimoldir.
 a) apriorli; b) aposteriorli; c) Bayesli; e) shartli.
8. Hodisalarning sodir etilganlik dalilining shartsiz ehtimoli-bu..... ehtimoldir.
 a) aposteriorli; b) shartli; c) Bayesli; e) apriorli.
9. Ob-havoni bashoratlash masalasini yechishda sizda quyidagi ehtimolliklar mavjud:
 $P(A) = \text{yomg'ir yoqish ehtimoli} = 40\%$;
 $P(B) = \text{bulut bo'lish ehtimoli} = 60\%$;
 $P(B/A) = \text{yomg'ir yoqqanda bulut bo'lganlik ehtimoli} = 90\%$.
 Bayes formulasidan foydalanib joriy vaqtda yomg'ir yog'ish ehtimolini toping?
 a) 60%; b) 11%; c) 110%; e) 90%.
10. Hodisalarning toliq ehtimolini aniqlovchi ifodani to'g'ri ko'rsating?
 a) $P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i)P(B/A_i)$; b) $P(B) = \sum_{i=1}^n P(B_i)P(B/A_i)$;
 c) $P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i)P(B)$; e) $P(B) = \sum_{i=1}^n P(B_i)P(B/A_i)$.
11. Bemorga tibbiy tashxis qo'yishda sizga quyidagi ma'lumotlar berilgan. Oxirgi 10 yil davomida poliklinikaga murojaat qilgan 20000 nafar bemordan 16000 nafari gripp bilan kasallanganligi expert(shifokor)lar tomonidan aniqlangan bo'lsin. Quyidagi $A = \text{"Gripp"}$ va $\bar{A} = \text{"Gripmas"}$ belgilashlarni kiritib, $P(A)$ va $P(\bar{A})$ ehtimollarni aniqlang. Shuningdek, $B = \text{"Harorat"}$ belgilashni kiritib, tibbiy adabiyotlarni o'rganish xulosasiga ko'ra $A = \text{"Gripp"}$ bilan kasallangan bemorlarda $B = \text{"harorat"}$ ning oshish $P(B/A) = 0.9$ ehtimoli

o'rnatilganligini e'tiborga olib, $P(B/\bar{A})$ ni aniqlang. Aniqlangan $P(A)=?$, $P(\bar{A})=?$, $P(B/\bar{A})=?$ asosida Bayes formulasidan foydalanib $P(A/B)$ ehtimolni hisoblang?

a) 0.97; b) 0.95; c) 0.98; e) 0.90.

Masala va topshiriqlar

1. Kasallikni bashoratlash masalasini yechishda bayesli tahlildan foydalanishni keltiring. Aytaylik, bemorning rentgen tekshirishlari natijasida unda sil kasalligi borligi ehtimoli 0,8 ga teng, sog' odamni bemor sifatida belgilash ehtimoli 0,03 ga teng. Sil kasalligiga uchraganlar sonining barcha aholiga nisbatan ulushi 0,002 ga teng. Rentgen natijasiga ko'ra bemor deb topilgan odamning sog' bo'lish ehtimolini toping.

2. Kasallikni bashoratlash masalasini yechishda bayesli tahlildan foydalanishni keltiring. Aytaylik, odamda harorat oshish ehtimoli 40% ga teng. Odatdagi kunda odamda grippning paydo bo'lish ehtimoli ham ma'lum bo'lib, u 50% tashkil etadi. Shuningdek, harorat oshish ehtimoli 100% bo'lganda grippning paydo bo'lish ehtimoli ham 100% ni tashkil etadi, chunki agar harorat oshsa, u holda har qanday holatda ham odamda gripp bo'ladi. Agar odam gripp bo'lsa, u holda harorat oshish ehtimolini toping.

3. Kasallikni bashoratlash masalasini yechishda bayesli tahlildan foydalanishni keltiring. Tibbiy tashxis qo'yishda bemorda haroratning oshganligi kuzatilganligi uchun uning angina bilan kasallanganligining ehtimolini hisoblash talab etiladi. Agar bemor angina bilan kasallangan bo'lmasa, u holda u "anginamas", masalan sog'lom bo'ladi. Agar poliklinikadagi yozuvlar asosida 20000 bemordan ushbu davrda 15000 tasi angina bilan kasallangan va tibbiy adabiyotlarni o'rganish xulosasiga ko'ra $P(\text{Harorat/Angina})=0.8$ o'rnatish mumkin bo'lsa, u holda bemorda haroratning oshganligi kuzatilganligi uchun uning angina bilan kasallanganligining ehtimolini Bayes formulasi yordamida aniqlang.

4. Sportda yaxshi natijalarga erishishni Bayesli tahlilini keltiring. Aytaylik, futbol o'yinida nasaf komandasining g'alaba qilish imkoniyatlari reyting bo'yicha 70% ni tashkil etadi. Shuningdek, bizga ma'lumki, Nasaf ishtirokida o'tkazilgan o'yinlarda futbol ishqibozlari kelish ehtimoli 30% ni, Nasaf ishtirokida o'tkazilgan o'yinlarda Nasaf

yutganda futbol ishqibozlari kelish ehtimoli 90% ni tashkil etgan. Nasaf ishtirokidagi navbatdagi o'yinda ishqibozlar kelganda Nasafning g'alaba qilish ehtimolini toping.

5. Aytaylik, rentgen tekshirish natijalariga asosan bemorning tuberkulez kasalligi bilan xastalanganlik ehtimoli 0,7 va sog'lom odamning ushbu kasallik bilan xastalanganlik ehtimoli 0,03 aniqlangan bo'lsin. Poliklinikadagi yozuvlar asosida 20000 bemordan ushbu davrda 15 tasi tuberkulez bilan kasallangan bo'lsin. Tekshirish natijasida kasal deb hisoblangan odamlarning sog' chiqishining shartli ehtimolini toping.

6. Aytaylik, bemorning rentgen tekshirishlari natijasida unda sil kasalligi borligi ehtimoli 0,8 ga teng, sog' odamni bemor sifatida belgilash ehtimoli 0,03 ga teng. Sil kasalligiga uchraganlar sonining barcha aholiga nisbatan ulushi 0,002 ga teng. Rentgen natijasiga ko'ra bemor deb topilgan odamning sog' bo'lish ehtimolini toping.

6-BOB. NORAVSHAN MANTIQ VA UNING EKSPERT TIZIMLARGA QO'LLANILISHI

1-§. Noravshan bilimlar va ular ustida amallar

1.1. Noravshan bilimlar

Ma'lumotlar va bilimlarning noaniqligi, ularning turlari 5-bobda qaralgan edi. Endu ITlarni yaratishda muhim hisoblangan noravshan bilimlarni tasvirlash muammosiga to'xtalamiz. *Noravshan bilimlar* o'zining tabiyatiga ko'ra turlicha bo'lishi mumkin va shartli ravishda quyidagilarga bo'linadi: *noto'g'rilik, noaniqlik, nobirqiyamatlik, yani ular ixtiyoriy norashanlik bo'lib, ular orasida qat'iy chegara mavjud bo'lmaydi.*



Obyektlar to'plami va majmuasi matematikada asosiy tushunchalar hisoblanadi. Lekin insonda shunday bilimlar va tashqi olam bilan shunday aloqalar mavjudki, ularni klassik ma'noda *to'plam deb atash mumkin emas*. Bunday bilimlar to'plamini (yoki to'plamostini) «*noravchanli to'plamlar (yoki to'plamostilari)*» deb hisoblanadi. Bu to'plamlar noravshan chegarali sinflar bo'lib, «*elementning sinfga tegishli*» qoidasidan «*elementning sinfga tegishlimas*» qoidasiga keskin tarzda emas, balki asta-sekinlik bilan o'tiladi. Mohiyat nuqtai -nazaridan insonning fikrlashi klassik ikkiqiyamatli yoki ko'pqiyamatli mantiqqa emas, balki chin qiymatli noravshan mantiqqa, notavshan aloqali va noravshan xulosalash qoidalariga asoslanadi.

Oxirgi vaqtlarda noravshan boshqarishda noravshan to'plam(NoT)lar nazariyasini qo'llash ancha faol va natijali tadqiqot sohalaridan biri hisoblanadi. Ta'kidlash joizki, sifatli bilimlarni shakllantirish va SITlarda, ayniqsa, ETlarda ekspertlar bilan tabiiy tilda ishlash jarayonida lingvistik noaniqliklar bilan bog'liq jihatlar boyicha tadqiqotlar faollashdi.

1.2. Imkoniyatlar nazariyasi

Imkoniyatlar nazariyasi - bu muayyan turdagi noaniqlik bilan ishlash uchun matematik nazariya bo'lib, u ehtimollar nazariyasiga zid hisoblanadi. U imkoniyat va zaruriylikni mos ravishda O dan I gacha, imkoniyatsizlikdan imkoniyatlilikgacha va keraksizlilikdan

zaruriylikgacha bo'lgan o'lchovlardan foydalanadi. L. Zade birinchi bo'lib 1978 yilda imkoniyatlar nazariyasini o'zining NorTlar va noravshan mantiq(NM) nazariyalarini kengaytirish maqsadida taqdim etdi. D. Dyubua (D. Dubois) va G. Prade (H. Prade) keyinchalik uning rivojlanishiga o'z hissalarini qo'shdilar. Ilgari, 1950-yillarda iqtisodchi Dj. Shekl potentsial kutilmagan hodisalar darajasini tasvirlash uchun min/max-algebrani taklif qilgan. 1990-yillarning oxirida Moskva davlat universiteti professori YU. P. Pyt'ev imkoniyatlar nazariyasi variantini taklif qilgan bo'lib, unda imkoniyat va zaruriylik chiziqli additiv-hisobli funksional qiymatlari (integral) bilan aniqlangan.

Imkoniyatlar nazariyasi usullarining mazmunli talqini ehtimollar nazariyasi usullardan sezilarli darajada *farq* qiladi. Hodisalar imkoniyati muntazam stoxastik eksperimentda uning paydo bo'lish chastotasini baholaydigan ehtimoldan farqli o'laroq, ushbu hodisaning chinligini uning boshqa har qanday hodisalariga nisbatan afzalligini nisbiy baholashga qaratilgan. Ya'ni, faqat "*ko'proq*", "*kamroq*" yoki "*teng*" munosabatlar mazmunli talqin qilinishi mumkin. Shu bilan birga imkoniyat eksperiment bilan bog'laydigan hodisa-chastota talqiniga ega emas (ehtimollikdan farqli o'laroq). Shunga qaramasdan *imkoniyatlar nazariyasi* haqiqatni tajribali faktlar, bilimlar, farazlar, tadqiqotchilarning mulohazalari asosida matematik tarzda modellashtirishga imkon beradi.

Imkoniyatlar nazariyasi NMning yo'nalishlaridan biri bo'lib, unda noaniq bilimlarga asoslangan aniq shakllantirilgan masalalar ko'rib chiqiladi. Bunday masalalarga misol keltiramiz.

Misol. Aytaylik qutida 10 ta shar bor, lekin ularning bir nechitasi qizil ekanligi ma'lum. Qutidan olingan sharning qizil bo'lish ehtimoli qanday? Faqat bir necha shar qizil ekanligini bilish asosida kerakli qiymatni hisoblash mumkin emas. Shunga qaramay [0.1] oralig'idagi $P(qizil)$ ning har bir X qiymati uchun $P(qizil) = X$ ning imkoniyatlarini quyidagicha hisoblash mumkin.

Birinchidan, biz "birnecha" ni NorT sifatida aniqlaymiz, masalan:

$$f_{birnecha} = \{(3, 0.2), (4, 0.6), (5, 1.0), (6, 1.0), (7, 0.6), (8, 0.3)\}. \quad (6.1)$$

(6.1) dagi (3, 0.2) ifoda - 10 dan 3 tani anglatadi va u "birnechta" tushunchasiga unchalik mos kelmaydi, lekin (5, 1.0) va (6, 1.0) ifodalardagi 10 dan 5 ta va 10 dan 6 ta qiymatlari 10 ning "birnechta" tushunchasi bilan mukammal darajada mos kelishini anglatadi. NorTning ta'rifiga asosan 1 va 10 qiymatlari NorTga kirmaydi, chunki

"birnechta" tushunchasi "bittadan ko'p" va "hammasi emas" degan ma'noni anglatadi.

Endi $P(qizil)$ uchun imkoniyatlarni taqsimlash formulasi

$$f_{P(qizil)} = birnechta / 10, \quad (6.2)$$

taqdim etiladi.

(6.2) dan foydalanib

$$f_{P(qizil)} = \{(0.3, 0.2), (0.4, 0.6), (0.5, 1.0), (0.6, 1.0), (0.7, 0.6), (0.8, 0.3)\} \quad (6.3)$$

hosil qilinadi.

(6.3)da (0.3, 0.2) ifodada $P(qizil) = 0.3$ qiymat 20% ga teng bo'lgan imkoniyatni bildiradi. $P(qizil)$ ni noravshan ehtimollik (fuzzy probability) deb hisoblash ham mumkin.

Imkoniyatlar nazariyasidan farqli ravishda NM bo'g'liklilik va kesishish operatori nuqtai-nazaridan kompozitsiyali hisoblanadi. NM nazariyasi bilan munosabatlarni quyidagi klassik misol bilan tushuntirilishi mumkin.

Noravshan mantiq: shishaning yarmi to'lgan bo'lsa, "shisha to'la" mulohazaning haqiqiy darajasini 0.5 deb aytish mumkin. "To'liq" so'z shishadagi suyuqlik miqdorini tasvirlaydigan noravshan predikat sifatida ko'riladi.

Imkoniyatlar nazariyasi: bitta shisha bor, u yoki to'liq yoki to'liq bo'sh. "Shisha to'la bo'lish imkoniyat darajasi, 0.5" degan mulohaza ishonch darajasini tasvirlaydi.

NorTlar nazariyasida ikki qiymatli bul mantiqning rolini NM o'ynaydi. NMda obyektning to'plamga mansubligi 0 dan 1 gacha oralig'ida qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Savol tug'iladi: murakkab mulohazaning chinligini hisoblash uchun noaniqlik kontseptsiyasidan qanday foydalanish kerak?

Klassik mantiqda

$$Davron(Bola) \wedge Sevadi(Bola, o' yinchoqni)$$

mulohaza faqat va faqat shundagina chin hisoblanadi, agarda ushbu ifodaning ikkala hadi ham chin bo'lsa. NMda agar F va G lar noravshan predikatlar bo'lsa u holda ularning konyunksiyasi va dizyunksiyasi

$$f_{F \wedge G}(x) = \min(f_F(x), f_G(x)) \text{ va } f_{F \vee G}(x) = \max(f_F(x), f_G(x))$$

aniqlanadi. Bunga asosan agarda $Davron(Bola) = 0.9$ va $Sevadi(Bola, o' yinchoqni) = 0.7$ bo'lsa, u holda $Davron(Bola) \wedge Sevadi(Bola, o' yinchoqni) = 0.7$ bo'ladi.

Endi quyidagi vaziyatni qaraymiz. Aytaylik inkor $\overline{Davron(Bola)}$ ifoda mavjud bo'lsin. U holda $\overline{P} = 1 - P$ formulaga asosan $\overline{Davron(Bola)} = 1 - Davron(Bola)$ hosil bo'ladi. Buni hisobga olib $Davron(Bola) \wedge \overline{Davron(Bola)}$ ifodani qaraymiz. Ushbu ifodaning chinlik ehtimoli 0 ga teng, ya'ni $Davron(Bola) \wedge \overline{Davron(Bola)} = 0$.

Biroq, NorTda ushbu ifodaning qiymati 0.1 ga teng. Buning mohiyati

shundan iboratki, ifodaning qiymati bolaning NorTdagi boshqa nomlarga mansubli ekanligini ko'rsatadi. $Davron(Bola) = 0.9$ ifodaning ma'nosi shundaki, biz bu bolaning Davron ismli bolalarga mansubligining ishonchliligi 90% ni tashkil etadi. Shuni ham ta'kidlash joizki Bolaning boshqacha nomlanishi haqida ham ishonchlilik mavjud bo'ladi.

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, NM biz ega bo'lgan bilimlar noravshan tushunchalar bilan ifodalangan vaziyatlar bilan shug'ullanadi. Biroq tushunchalarning noaniqligi noaniqlikning yagona manbai emas. Ba'zan faktlarning o'ziga ham ishonch yo'q bo'ladi. Bunday holda NM imkoniyatlar nazariyasi asosida quriladi.

Gipotezaning imkoniyati - bu qaror qabul qiluvchi shaxsning gipotezasini ko'rib chiqadigan darajadir. Imkoniyatning ehtimollikdan ancha farqli tomoni shundaki, ehtimollik gipotezani paydo bo'lishiga ishonch kuchini ko'rsatdi. Imkoniyatlarni o'lchash uning qiymatlari $[0,1]$ oralig'ida bo'lishini talab qiladi.

Gipotezaning muqarrarligi bir minus teskari gipotezaning imkoniyati bilan aniqlanadi. Misol uchun, sizning o'qituvchi bilan yaxshi munosabatda bo'lish imkoniyati 0,95 va yomon munosabat bo'lish imkoniyati 0,3 bo'lsin. U holda yaxshi munosabatning muqarrarligi $1 - 0,3 = 0,7$ ga teng.

1.3. Noravshan to'plamlar

Noravshan to'plam(NoT)lar nazariyasi (*fuzzy sets theory*) bo'yicha ilmiy ishlarning boshlanishi Berkli universiteti professori Lotfi Zade tomonidan 1965 yilda "Information and Control" jurnalida chop etilgan "Fuzzy Sets" ilmiy maqolasi bilan bog'liq [19]. "Fuzzy" tushunchasi *noravshan*, *noqat'iy*, *notiniq* kabi ma'nolarni bildiradi. Bu tushuncha an'anaviy qat'iy matematika va Aristotel mantiqida

qo'llaniladigan qat'iy "tegishli-tegishlimas", "chin-yolg'on" kabi tushunchalarda oraliq tushunchalarni hosil qilish maqsadida ishlatgan.

NoTlar nazariyasi - bu shunday ma'noni anglatadiki, bunda klassik matematika va haqiqiy olamda uchraydigan noaniqliklarning yaqinlashish yo'liga qadam tashlanadi, insoniyatning fikrlash va tanib olishga jarayonlarini yaxshi tushunish niyati amalga oshadi.

Noravshan o'zgaruvchi tushunchasi. L. Zade noravshan o'zgaruvchi(*NoO*) tushunchasini quyidagi ushlik ko'rinishda kiritdi [19, 31]:

$\langle \alpha, U, G \rangle$,

bu yerda α - *NoO*'ning nomi; *U* - universal to'plam(*UT*)ning aniqlanish sohasi; *G* - *U* dagi *NT*ning mumkin bo'lgan noravshan qiymatlariga (sematikasiga) chegaralarni tavsivlovchi *NoT*; *U* to'plamning fizik tabiatiga qarab *NoO*'lar sonli va sonlimaslarga ajratilishi mumkin. $U \subset R^1$ qanoatlantiruvchi o'zgaruvchilarni sonli o'zgaruvchilar deb ataymiz.

*NoT*larning asosiy qoidalari va ta'riflarini keltiramiz [19, 31].

Noaniq/Noravshan (fuzzy - ingliz atamasidan) obyekt, holat va hodisalarni noaniq, to'liq bo'lmagan, taxminiy, mumkin bo'lgan baholashlardan foydalanishni talab qiladi. Bunday baholashlar ekspert fikr(mulohaza)larida shakllanadi.

Noravshan to'plamlarning klassik va aniq to'plamlardan asosiy farqi ularning [mansub bo'lishi - mansub bo'lmasligi] oraliqda mansublik daraja qiymatlarining to'plam tushunchasi bilan (ha, yo'q o'rniga) ish olib borishidan iborat.

Noravshan to'plam tushunchasi. Aytaylik, *U*-qandaydir obyektlar to'plami (*u* bilan belgilanadigan elementlar, nuqtalar va $A: U \rightarrow \{0; 1\}$) bo'lsin. *U* to'plamda *A* noravshan (noaniq, xira) to'plam deb tartiblangan juftliklar majmuasi $A\{u, \mu_A(u)\}$; $u \in U$ tushuniladi. Bu yerda $A(u)$ -*u* elementning *A* ga mansubligini (tegishlilikini) bildiradi, $A, \mu_A: U \rightarrow [0, 1]$ - *U* to'plamda *M* fazoga akslantiruvchi funksiya bo'lib, mansublik fazosi deb ataladi [19, 31, 48].

Noravshan to'plamostilarining to'plami va uning xossalari [19, 31, 37, 48]. *U* to'plamostilarining to'plamini $P(U)$ ko'rinishda belgilaymiz. Masalan, $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ elementlar berilgan bo'lsa, *u* holda $P(U) = \{\emptyset, \{u_1\}, \{u_2\}, \{u_3\}, \{u_1, u_2\}, \{u_2, u_3\}, \{u_1, u_3\}, \{u_1, u_2, u_3\}\}$, yani $P(U)$ to'plam $2^3=8$ elementlardan ($|P(U)| = 8$) iborat bo'ladi. Umumiy holda $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ elementlar berilgan bo'lsa, *u* holda, yani

$P(U)$ to'plam 2^n elementlardan ($|P(U)| = 2^n$) iborat bo'ladi. NoTlarda «NoT ostilarining to'plami» boshqacha yo'l bilan aniqlanadi. M fazo sifatida $[0; 1]$ intervalda $M=[0, 0.5, 1]$ qiymatlarni olsak, u holda $U = \{x_1, x_2\}$ NoTlarning $P(U)$ to'plamini quyidagicha hosil qilamiz:

$$P(U) = \{ \{(x_1|0), (x_2|0)\}, \{(x_1|0), (x_2|0.5)\}, \{(x_1|0.5), (x_2|0)\}, \{(x_1|0.5), (x_2|0.5)\}, \{(x_1|0), (x_2|1)\}, \{(x_1|1), (x_2|0)\}, \{(x_1|1), (x_2|0.5)\}, \{(x_1|0.5), (x_2|1)\}, \{(x_1|1), (x_2|1)\} \}.$$

Umumiy holda, agar U to'plam $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ elementlardan va M fazo $[a; b]$ intervaldagi $M = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ qiymatlardan iborat bo'lsa, u holda NoTlarning soni $|P(U)| = m^n$ aniqlanadi.

Mansublik funksiyasi (MF). MF - bu A NoT bilan ifodalaniladigan

tushunchaga $u \in U$ elementi mos bo'lishi darajasining sub'ektiv o'lchovi. Bu u holat paydo bo'lgan holda A holatni kuzatish shartli ehtimoli emas, balki A NoT bilan ifodalaniladigan tushunchasi bilan u holatni izohlash mumkinligi (mumkinlik darajasi).

MFni qurishning ikkita, yani *bevosita* va *bilvosita* usullar sinfi mavjud. *Bevosita usullar* bir yoki bir nechta ekspertlar tomonidan berilgan baholashlarga asoslanadi. Bu holda MF [48]

$$\mu_A(U) = n_1/m \quad (6.4)$$

formula bo'yicha belgilanadi. Bu yerda n_1 - A NT ga $u \in U$ elementning mansubligi to'g'risida quyilgan savolga to'g'ri javob bergan ekspertlar soni; n_2 - salbiy javob bergan ekspertlar soni; $m = n_1 + n_2$ - ekspertlarning umumiy soni.

Misol. Berilgan $U = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ to'plamda "Ikkidan sal ko'proq" tushunchani formallashitiradigan A NoT ni qurish kerak. Faraz qilaylik, oltita ekspertlar bilan o'tkazilgan so'rov quyidagi natijalarni berdi (6.1-jadval).

6.1-jadval.

	U				
m	1	2	3	4	5
n_1	0	0	6	4	1
n_2	6	6	0	2	5

6.1-jadvaldagi ma'lumotlarga va (6.1) formulaga asoslanib

$$\mu_A(1) = 0; \mu_A(2) = 0; \mu_A(3) = 1; \mu_A(4) = 0.7; \mu_A(5) = 0.2.$$

hosil qilamiz. Natijada A NTning MFsi

$\mu_{\lambda}(u) = \{<1/3>, <0.7/4>, <0.2/5>\}$ belgilanadi.

Ko'rib chiqilgan usul eng sodda bo'lib eng past aniqlikga ega. *Bevosita usullar* qatoriga ekspertlar bilan o'tkazilgan so'rov asosida olinadigan formula, jadval, sanab chiqish va h.k. ko'rinishda MFning berilish usullari ham kiradi.

Bilvosita usullar qulayroq bo'lib, ularning orasida juft-juftli solishtirish usuli eng ko'p qo'llaniladigan usul hisoblanadi.

Bu usulda so'rov natijasi $M = \|m_{ij}\|$, $i, j = \overline{1, n}$ ko'rinishdagi *matritsa shaklida* beriladi. Bu yerda: n - MFning qiymatlarini solishtiradigan nutqalar soni; m_{ij} elementlar - A NoTga $u_i \in U$ elementlarning $u_j \in U$ elementlariga nisbatan mansublik darajasini baholashlarini belgilaydi, yani ular ekspert fikri bo'yicha $\mu_{\lambda}(u_i)$ qiymati $\mu_{\lambda}(u_j)$ qiymatidan necha marta katta bo'lganligini ko'rsatadi. Bu holda $m_{ii} = 1$, $m_{ij} = 1/m_{ji}$.

Ekspert ishlatadigan tushunchalarni baholash va izohlashlar *Saati* shkalasiga muvofiq 9 ballik tizimda qabul qilingan (6.2-jadval).

6.2-jadval.

Tushunchani ma'nosi	m_{ij}
$\mu(u_i)$ taxminan $\mu(u_j)$ ga teng	1
$\mu(u_i)$ sal $\mu(u_j)$ dan katta	3
$\mu(u_i)$ $\mu(u_j)$ dan katta	5
$\mu(u_i)$ $\mu(u_j)$ dan sezilarli darajada katta	7
$\mu(u_i)$ $\mu(u_j)$ dan ancha katta	9
Sanab o'tilgan baholashlar darajasi bo'yicha oraliqdagi baholashlar	2, 4, 6, 8

6.2-jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib, $(u_1, u_2, \dots, u_n)$ nuqtalardagi MFsi qiymatlari

$$\mu_{\lambda}(u_i) = m_{ij} / \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (6.5)$$

bo'yicha hisoblab chiqiladi. Bu yerda $i, j \in I = \{1, 2, \dots, n\}$. j ning qiymati ixtiyoriy ravishda tanlab olinadi.

$\mu_{\lambda}(u_i)$ qiymatlarini topish uchun $M = \|m_{ij}\|$, $i, j = \overline{1, n}$ matritsaning ixtiyoriy ravishda tanlab olingan j - ustunini belgilab, m_{ij} elementlar

qiymatlarini j - ustundagi barcha elementlar qiymati jamiga nisbatlarini hisoblab chiqish kerak.

Misol. Faraz qilaylik, ikki nuqta orasidagi masofani tasvirlash uchun β - "Masofa" LO'

$T = \{\alpha_1 = \text{"Kichik"}, \alpha_2 = \text{"O'rta"}, \alpha_3 = \text{"Katta"}\}$ term-to'plami bilan qo'llaniladi. Asosiy to'plam $U = \{1, 3, 6, 8\}$ ko'rinishda berilgan. " α_1 - Kichik" term $\langle \alpha_1, U, G_1 \rangle$ NO' yordamida ifodalanadi.

"Kichik" termni ifodalaydigan G_1 NoTning $\mu_{G_1}(u)$ MFni qurish kerak. Ekspertlarni so'rash natijasida quyidagi juft-juftli solishtirish $m_{ij} (i=1, n; j=1, m)$ matritsasi (6.1-rasm) hosil qilingan bo'lsin. Bu yerda, masalan, $m_{12} = 5$ element ekspert $\mu_{G_1}(1)$ ni $\mu_{G_1}(3)$ ga nisbatan katta qiymati bilan baholashini, $m_{14} = 7$ element esa - ekspert $\mu_{G_1}(1)$ ni $\mu_{G_1}(8)$ ga nisbatan sezilarli darajada katta qiymati bilan baholashini ko'rsatadi.

$$m_{ij} = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 3 & 6 & 8 \\ \hline 1 & 1 & 5 & 6 & 7 \\ 3 & 1/5 & 1 & 4 & 6 \\ 6 & 1/6 & 1/4 & 1 & 4 \\ 8 & 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1 \end{array}$$

6.1-rasm. Solishtirish matritsasi.

M matritsaning birinchi ($j=1$) ustunini belgilab, uning elementlar qiymatlarini $M1 = \{1, 1/5, 1/6, 1/7\}$ ko'rinishda ajratib olamiz. Keyin (6.5) formuladan foydalanib, "Kichik" termni ifodalaydigan G_1 NTning $\mu_{G_1}(u)$ MF qiymatlarini

$$\mu_{G_1}(1) = \mu_{G_1}(u_i) = \frac{m_{11}}{\sum_{i=1}^4 m_{1i}} = \frac{1}{1,55} = 0,64; \mu_{G_1}(3) = 0,16; \mu_{G_1}(6) = 0,11; \mu_{G_1}(8) = 0,09.$$

topamiz. Shunday qilib G_1 NT quyidagicha ifodalanadi:

$$G_1 = \{ \langle 0,64/1 \rangle, \langle 0,16/3 \rangle, \langle 0,11/6 \rangle, \langle 0,09/8 \rangle \}$$

Agar M faqat ikkita 0 va 1 nuqtalardan iborat bo'lsa, u holda A noaniqmas (aniq) deb ataladi va uning MFsi noaniqmas to'plamning xarakteristik funksiyasi bilan mos tushadi.

1.4. Noravshan mantiq amallari

“Inkor” (“Noravshan inkor”), “Va” (“Noravshan konyunksiya”), “Yoki” (“Noravshan diszyunksiya”) amallarining ta’riflarini keltiramiz [3, 19, 31, 48].

1) “Noravshan inkor” (aniq “Inkor” amalining o’xshashi) - bu natijada $[0,1]$ baholashni beradigan $[0,1]$ noravshan baholashning unar inkori amalidir. Bu amal “1dan ayirish” sifatida belgilanadi, yani $T(-x)=1-x$, $N^0=(x)$ *inkori* $=\bar{x}=1-x$, $\bar{\bar{x}}=x$, $x \in [0,1]$, bu yerda T - mulohazaning to’g’rilik darajasi. Bu qo’shimcha NoT tushunchasiga mos keladi. N^* amali quyidagi talablarga javob beradi:

- $N^*(0)=1$, $N^*(1)=0$ - chegara shartlari;
- $N^*(N^*(x))=x$, $\forall x \in [0,1]$ - ikkilik inkori;
- $x_1 < x_2 \rightarrow N^*(x_1) > N^*(x_2)$ - qiymatlarini teskarilariga aylantirish.

$x=0,5$ (“Bilmayman”, “Indifferentlik/Befarqlik”) bo’lganda uning inkori ham $N^*(x)=0,5$ bo’ladi. Shuning uchun $0,5$ - bu noravshan

tushunchaning markaziy qiymati. Unga nisbatan x va $N^*(x)$ tushunchalar simmetrik qiymatlarni qabul qiladi.

Bul algebrasida “Inkor” amali mantiq o’zgaruvchining teskari qiymatini (masalan, “0 - issiq” uchun “1 - sovuq” va aksincha) izohlaydi. N^* amali esa, masalan, “Sovuq” uchun “Sovuq emas” tushunchani izohlaydi. Bunda “Sovuq” va “Issiq” tushunchalari orasida “Sovuq emas” tushunchasi ko’p qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

2) Noravshan “Va” - uch burchakli t - miqdor - bu $[0,1]$ oraliqda $T:[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ qiymatlarni qabul qiladigan ikki o’zgaruvchilar funksiyasidir.

T amali quyidagi talablarga javob beradi:

- $x T 1 = x$, $x T 0 = 0$, $\forall x \in [0,1]$ - cheklanganlik (chegara shartlari);

- $x_1 T x_2 = x_2 T x_1$ - kommutativlik;
- $x_1 T (x_2 T x_3) = (x_1 T x_2) T x_3$ - assotsiativlik;
- $x_1 \leq x_2 \rightarrow x_1 T x_3 \leq x_2 T x_3$ - monotonlik.

T - miqdor amaliga xos bo’lgan amal - bu minimum (min) yoki mantiqiy ko’paytirish (konyunksiya) amali

$$x_1 T x_2 = \min(x_1, x_2) = x_1 \wedge x_2, \quad T(x_1 \wedge x_2) = \min(T(x_1), T(x_2)),$$

yoki quyidagi noravshan konyunksiyaning muqobil formulalari:

$$\begin{aligned} x_1 \wedge x_2 &= x_1 \times x_2 = x_1 x_2 - \text{algebraik ko'paytirish,} \\ x_1 \wedge x_2 &= \max\{(x_1 + x_2 - 1), 0\} - \text{chegarali ko'paytirish,} \\ x_1 \wedge x_2 &= \begin{cases} x_2, \text{ agar } x_1 = 1, \\ x_1, \text{ agar } x_2 = 1, \\ 0, \text{ qolg'an hollarda.} \end{cases} - \text{drastik ko'paytirish.} \end{aligned}$$

3) "Noravshan Yoki" - uch burchakli S - miqdor - bu $[0,1]$ oraliqda $S:[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ qiymatlarni qabul qiladigan ikki o'zgaruvchilar funksiyasidir. S uchun chegara shartlari $xS1=1, xS0=x, \forall x \in [0,1]$ ko'rinishda ifodalanadi.

S - miqdor amaliga xos bo'lgan amal - bu maksimum (max) yoki mantiqiy yig'indi (dizyunksiya) amali $x_1 S x_2 = \max(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2$, yoki quyidagi noravshan dizyunksiyaning muqobil formulalari:

$$\begin{aligned} x_1 S x_2 &= x_1 \oplus x_2 = x_1 + x_2 - x_1 x_2 - \text{algebraik yig'indi;} \\ x_1 \vee x_2 &= \min\{(x_1 + x_2), 1\} - \text{chegarali yig'indi;} \\ x_1 \vee x_2 &= \begin{cases} x_2, \text{ agar } x_1 = 0, \\ x_1, \text{ agar } x_2 = 0, \\ 1, \text{ qolg'an hollarda.} \end{cases} - \text{drastik (drastic) yig'indi.} \end{aligned}$$

Noravshan mantiqda $x \wedge \bar{x} = \phi$ (yoki $x \wedge (1-x) = \phi$) (uchinchisini inkor qilish), $x \vee N^*(x) = E$ (yoki $x \vee (1-x) = X$) (ayniyatlar), (E, X - universal to'plam, ϕ - bo'sh to'plam) munosabatlar ham bajarilmaydi. Bu yerda $0.5 \geq x \wedge (1-x) \geq 0$; $0.5 \leq x \vee (1-x) \leq 1$ o'zaro nisbatlar yuz beradi.

Noravshan mantiqda, qoida bo'yicha, mantiqiy amallar (algebraik - ayrim hollarda) qo'llaniladi.

1.5. Noravshan to'plamlar ustida oddiy amallar

NoTlar nazariyasida $P(U)$ to'plamlar ustida bajariladigan asosiy amallar quyidagilardan iborat [19, 31, 48].

Yutilish amali. Aytaylik U -mansubliklar to'plami, A va B - U to'plamda berilgan NoTostilari bo'lsin. Agar $\forall u \in U: A(u) \leq B(u)$ bo'lsa, u holda A to'plam B to'plamda saqlanadi (yoki B to'plam A to'plamni o'z ishiga oladi) deb aytiladi va $A \subset B$ kabi belgilanadi.

Misol. Aytaylik $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$, $M = [0,1]$ berilgan bo'lsin.

$$A = \{(x_1|0.4), (x_2|0.2), (x_3|0), (x_4|0)\},$$

$$B = \{(x_1|0.7), (x_2|0.4), (x_3|0), (x_4|1)\}.$$

Bu yerda $0.4 < 0.7$, $0.2 < 0.4$, $0=0$, $0 < 1$. Demak $A \subset B$.

Tenglik amali. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilari shunda va faqat

shundagina teng $A = B$ bo'ladi, agarda $\forall u \in U: \mu_A(u) \leq \mu_B(u)$.

Misol. Aytaylik $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$, $M = [0,1]$ berilgan bo'lsin.

$$A = \{(x_1|0.5), (x_2|0.6), (x_3|1), (x_4|0)\},$$

$$B = \{(x_1|0.7), (x_2|0.8), (x_3|1), (x_4|0)\}.$$

Bu yerda $0.5 < 0.7$, $0.6 < 0.8$, $1=1$, $0=0$. Demak $A=B$.

To'ldiruvchi amali. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilari bir-birini

to'ldiradi $B = \sim A$ yoki $\sim A = B$, agarda $\forall u \in U: \mu_B(u) = 1 - \mu_A(u)$, bu $B = \sim A$ yoki $\sim A = B$ kabi belgilanadi.

Misol. Aytaylik, $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$, $M = [0,1]$.

$$A = \{(x_1|0.25), (x_2|0.73), (x_3|1), (x_4|0), (x_5|0), (x_6|0.08)\}.$$

$$B = \{(x_1|0.75), (x_2|0.27), (x_3|0), (x_4|1), (x_5|1), (x_6|0.92)\}.$$

U holda ko'rinib turibdiki, $\sim A = B$.

Kesishish amali. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilarining kesishmasi $(A \cap B)$ bir vaqtda A va B to'plamlarda mavjud elementlardan eng kichiklaridan iborat NoT sifatida $\forall u \in U: \mu_{A \cap B}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u))$ aniqlanadi.

Misol. $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, $M = [0,1]$.

$$A = \{(x_1|0.4), (x_2|0.8), (x_3|0), (x_4|1), (x_5|0.3)\},$$

$$B = \{(x_1|0.6), (x_2|0.6), (x_3|0), (x_4|0), (x_5|0.7)\},$$

$$A \cap B = \{(x_1|0.4), (x_2|0.6), (x_3|0), (x_4|0), (x_5|0.3)\}$$

Birlashtirish amali. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilarining bitlashmasi $(A \cup B)$ bir vaqtda A va B to'plamlarda mavjud elementlardan eng kattalaridan iborat NoT sifatida $\forall u \in U: \mu_{A \cup B}(u) = \max(\mu_A(u), \mu_B(u))$ aniqlanadi.

Misol. $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, $M = [0,1]$.

$$A = \{(x_1|0.4), (x_2|0.8), (x_3|0), (x_4|1), (x_5|0.3)\},$$

$$B = \{(x_1|0.6), (x_2|0.6), (x_3|0), (x_4|0), (x_5|0.7)\},$$

$$A \cup B = \{(x_1|0.6), (x_2|0.8), (x_3|0), (x_4|1), (x_5|0.7)\}$$

Algebraik ko'paytma. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilarining $(A \times B)$ algebraik ko'paytmasi $\forall u \in U: \mu_{A \times B}(u) = \mu_A(u) \times \mu_B(u)$ aniqlanadi.

Noravshan to'plamlarning dekart ko'paytmasi. $A_i, i = \overline{1, n}$ NTostilarning dekart ko'paytmasi - bu

$$A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n = \{ \langle \mu_x(x_1, x_2, \dots, x_n) / (x_1, x_2, \dots, x_n) \rangle \}$$

to'plami, bu yerda $x_i \in X_i;$

$$\mu_x(x_1, x_2, \dots, x_n) = \min\{\mu_{A_1}(x_1), \mu_{A_2}(x_2), \dots, \mu_{A_n}(x_n)\}.$$

Misol. $X = \{10, 15, 20, 25\}$ va $Y = \{5, 6, 7\}$ ko'rinishdagi asosiy to'plamlar berilgan. Ushbu to'plamlarda noravshan top'lamostilari

$$A_1 = \{ \langle 1/10 \rangle, \langle 0.8/15 \rangle, \langle 0.5/20 \rangle, \langle 0.3/25 \rangle \} \text{ va}$$

$$A_2 = \{ \langle 1/5 \rangle, \langle 0.5/6 \rangle, \langle 0.2/7 \rangle \}$$

belgilangan. Ular ustida dekart ko'paytmasi amali bajarish natijasida quyidagi natijalar olinadi:

$$A_1 \times A_2 = \{ \langle 1/(10,5) \rangle, \langle 0.8/(15,5) \rangle, \langle 0.5/(20,5) \rangle, \langle 0.3/(25,5) \rangle,$$

$$\langle 0.5/(10,6) \rangle, \langle 0.5/(15,6) \rangle, \langle 0.5/(20,6) \rangle, \langle 0.3/(25,6) \rangle,$$

$$\langle 0.2/(10,7) \rangle, \langle 0.2/(15,7) \rangle, \langle 0.2/(20,7) \rangle, \langle 0.2/(25,7) \rangle \};$$

NoTlarning ayirmasi. U to'plamdagi ikkita A va B NTostilarining ayirmasi - bu $A \setminus B = \{ \langle \mu_{A \setminus B}(x) \rangle / x \}, x \in X,$ bu yerda

$$\mu_{A \setminus B}(x) = \mu_A(x) \wedge \overline{\mu_B(x)} \text{ ko'rinishdagi to'plam.}$$

Misol. Aytaylik, $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, M = [0, 1].$

$$A = \{(x_1|0.25), (x_2|0.73), (x_3|1), (x_4|0)\}.$$

$$B = \{(x_1|0.35), (x_2|0.87), (x_3|0), (x_4|1)\}.$$

$$\overline{\mu_B(x)} = 1 - \mu_B(x)$$

asosan

$$\overline{B} = \overline{\mu_B(x)} = 1 - \mu_B(x) = \{(x_1|0.65), (x_2|0.13), (x_3|1), (x_4|0)\}$$

Endi $A \setminus B = \{ \langle \mu_{A \setminus B}(x) \rangle / x \} = \mu_{A \setminus B}(x) = \mu_A(x) \wedge \overline{\mu_B(x)} = \min(\mu_A(x) \wedge \overline{\mu_B(x)})$

asosan $A \setminus B = \{(x_1|0.25), (x_2|0.13), (x_3|1), (x_4|0)\}.$

NoTlarning simmetrik ayirmasi. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilarining simmetrik ayirmasi - bu

$$A \oplus B = \{ \langle \mu_{A \oplus B}(x) \rangle / x \}, x \in X, \text{ bu yerda } \mu_{A \oplus B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$

ko'rinishdagi to'plam.

Misol. Aytaylik, $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, M = [0, 1].$

$$A = \{(x_1|0.25), (x_2|0.73), (x_3|1), (x_4|0)\}.$$

$$B = \{(x_1|0.35), (x_2|0.87), (x_3|0), (x_4|1)\}.$$

$$1) \overline{\mu_B(x)} = 1 - \mu_B(x) \text{ asosan}$$

$$\overline{B} = \overline{\mu_B(x)} = 1 - \mu_B(x) = \{(x_1 | 0.65), (x_2 | 0.13), (x_3 | 1), (x_4 | 0)\}.$$

Endi

$$A \setminus B = \{ \langle \mu_{A \setminus B}(x) \rangle / x \} = \mu_{A \setminus B}(x) = \mu_A(x) \wedge \overline{\mu_B(x)} = \min(\mu_A(x), \overline{\mu_B(x)})$$

$$\text{asosan } \mu_{A \setminus B}(x) = A \setminus B = \{(x_1 | 0.25), (x_2 | 0.13), (x_3 | 1), (x_4 | 0)\}.$$

$$2) \overline{\mu_A(x)} = 1 - \mu_A(x) \text{ asosan}$$

$$\overline{A} = \overline{\mu_A(x)} = 1 - \mu_A(x) = \{(x_1 | 0.75), (x_2 | 0.27), (x_3 | 0), (x_4 | 1)\}.$$

$$\text{Endi } B \setminus A = \{ \langle \mu_{B \setminus A}(x) \rangle / x \} = \mu_{B \setminus A}(x) = \mu_B(x) \wedge \overline{\mu_A(x)} = \min(\mu_B(x), \overline{\mu_A(x)})$$

$$\text{asosan } \mu_{B \setminus A}(x) = B \setminus A = \{(x_1 | 0.35), (x_2 | 0.27), (x_3 | 0), (x_4 | 1)\}.$$

3)

$$\mu_{A \oplus B}(x) = \mu_{A \setminus B}(x) \vee \mu_{B \setminus A}(x) \text{ va}$$

$$\mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \text{ formulalarga asosan}$$

$$\mu_{A \oplus B}(x) = \mu_{A \setminus B}(x) \vee \mu_{B \setminus A}(x) = \{(x_1 | 0.35), (x_2 | 0.27), (x_3 | 1), (x_4 | 1)\}.$$

Algebraik (diz'yunktivli) yig'indi. U to'plamdagi ikkita A va B NTostilarining algebraik (dizyunktivli) yig'indisi $A \oplus B$ birlashma va kesishma amallari yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$A \oplus B = (A \cap B) = (A \cap B) \cup (A \cap B) = \mu_A(u) + \mu_B(u) - \mu_A(u) \times \mu_B(u).$$

$$\text{Misol. } U = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\},$$

$$A = \{(x_1 | 0.4), (x_2 | 0.8), (x_3 | 0), (x_4 | 1), (x_5 | 0.3)\},$$

$$B = \{(x_1 | 0.6), (x_2 | 0.6), (x_3 | 0), (x_4 | 0), (x_5 | 0.7)\},$$

$$A \oplus B = \{(x_1 | 0.76), (x_2 | 0.92), (x_3 | 0), (x_4 | 1), (x_5 | 0.79)\}.$$

To'plamlarni noravshan kiritish (qo'shish) amali. A_1 NoTni A_2 NoTga kiritish darajasi $\nu(A_1, A_2) = \bigwedge_{x \in X} (\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x))$ qiymat bilan belgilanadi. Bu yerda $\rightarrow$ (implikasiya) amali quyidagi:

-Lukasevich mantiqi bo'yicha - $\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) = 1 \wedge (1 - \mu_{A_1}(x) + \mu_{A_2}(x))$;

-Zade mantiqi bo'yicha -

$$\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) = (1 - \mu_{A_1}(x)) \vee (\mu_{A_1}(x) \wedge \mu_{A_2}(x));$$

-Mamdani mantiqi bo'yicha -

$$\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) = \mu_{A_1}(x) \wedge \mu_{A_2}(x) = \min(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x));$$

qoidalar yordamida belgilanadi.

Misol. Asosiy $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ to'plamda NTostilari

$$A_1 = \{ \langle 0.3 / x_2 \rangle, \langle 0.6 / x_3 \rangle, \langle 0.4 / x_5 \rangle \} \text{ va}$$

$$A_2 = \{ \langle 0.8 / x_1 \rangle, \langle 0.5 / x_2 \rangle, \langle 0.7 / x_3 \rangle, \langle 0.6 / x_5 \rangle \}$$

berilgan bo'lsin. Shu NoTostilarining kiritish va tenglik darajasi qiymatlarini topish talab etiladi.

Lukasevich mantiqidan foydalangan holda quyidagi natijalarni olamiz:

a) kiritish darajasi qiymatlari

$$\begin{aligned} v(A_1, A_2) &= (0 \rightarrow 0.8) \wedge (0.3 \rightarrow 0.5) \wedge (0.6 \rightarrow 0.7) \wedge (0 \rightarrow 0) \wedge (0.4 \rightarrow 0.6) = \\ &= (1 \wedge (1 - 0 + 0.8)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.3 + 0.5)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.6 + 0.7)) \wedge \\ &\wedge (1 \wedge (1 - 0 + 0)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.4 + 0.6)) = 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 = 1; \\ v(A_2, A_1) &= (0.8 \rightarrow 0) \wedge (0.5 \rightarrow 0.3) \wedge (0.7 \rightarrow 0.6) \wedge (0 \rightarrow 0) \wedge (0.6 \rightarrow 0.4) = \\ &= (1 \wedge (1 - 0.8 + 0)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.5 + 0.3)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.7 + 0.6)) \wedge \\ &(1 \wedge (1 - 0 + 0)) \wedge (1 \wedge (1 - 0.6 + 0.4)) = 0.2 \wedge 0.8 \wedge 0.9 \wedge 1 \wedge 0.8 = 0.2. \end{aligned}$$

NoTlarning tengligi amali. A_1 NoTni A_2 NoTga tenglik darajasi $\mu(A_1, A_2) = \bigwedge_{x \in U} (\mu_{A_1}(x) \leftrightarrow \mu_{A_2}(x))$ qiymat bilan belgilanadi. Bu yerda $\leftrightarrow$ tenglik (ekvivalentlik) amali $\mu_{A_1}(x) \leftrightarrow \mu_{A_2}(x) = (\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x)) \wedge (\mu_{A_2}(x) \rightarrow \mu_{A_1}(x))$ yordamida belgilanadi.

$v(A_1, A_2)$ noravshan kiritish ifodani inobatga olgan holda $\mu(A_1, A_2) = v(A_1, A_2) \wedge v(A_2, A_1)$ hosil qilamiz.

Misol. Yuqoridagi misolda Lukasevich mantiqidan foydalangan holda quyidagi kiritish darajasi va qiymatlari $v(A_1, A_2) = 1$ va $v(A_2, A_1) = 0.2$ aniqlangan edi. Bulardan foydalanib endi tenglik darajasi qiymatini aniqlaymiz $\mu(A_1, A_2) = v(A_1, A_2) \wedge v(A_2, A_1) = 1 \wedge 0.2 = 0.2$.

NoTlar orasidagi masofa. U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilar orasidagi Xemmimng masofasi

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^n |\mu_A(u_i) - \mu_B(u_i)|$$

aniqlanadi. **Misol.**

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
$A =$	1	0	0	1	0	1	1
$B =$	0	1	0	0	0	1	1

$$\begin{aligned} d(A, B) &= |1 - 0| + |0 - 1| + |0 - 0| + |1 - 0| + |0 - 0| + |1 - 1| \\ &+ |1 - 1| = 1 + 1 + 0 + 1 + 0 + 0 + 1 = 4. \end{aligned}$$

n quvvatga ega bo'lgan chekli U to'plamdagi ikkita A va B NoTostilar orasidagi Xemmimng masofasi $\delta(A, B) = \left(\frac{1}{n}\right) d(A, B)$ aniqlanadi.

Misol. Yuqoridagi misoldan $\delta(A,B) = d(A,B)/7 = 4/7$ hisoblash mumkin.

Masofa tushunchasidan to'plamning *noravshanlik darajasini* o'lchash uchun foydalaniladi. *Noravshanlik o'lchovi* - bu protseduralar, qaror qabul qilish (QQQ), TTOda va h.k. larda sifatni baholash parametri hisoblanadi.

NoTlar uchun noravshanlik darajasi aniqlangan bo'lsa, u holda quyidagi mansublik qoidasi asosida NoTdan ravshan to'plamni hosil qilish mumkin:

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } \mu_A(u_i) < 0.5, \\ 1, & \text{agar } \mu_A(u_i) \geq 0.5. \end{cases}$$

Misol.

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8
Noravshan to'plam	0.2	0.8	0.5	0.3	1	0	0.9	0.4
	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8
Ravshan to'plam	0	1	0	0	1	0	1	0

α -pog'onali to'plamosti. Aytaylik $\alpha \in [0,1]$; A NoTostining *α -pog'onali to'plamosti* deb- $A_\alpha = \{x | \mu_A(u) \geq \alpha\}$ NoTostiga aytiladi.

Misol. Aytaylik, A NoTosti berilgan bo'lsin.

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
A=	0.4	0.2	0	0.5	0.3	0.7	0.9

A NoTostiga α -pog'onali to'plamostini qo'llab $A_{0.3}$ va $A_{0.6}$ ravshan to'plamostilariga ega bo'lamiz:

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
$A_{0.3} =$	1	0	0	1	1	1	1
$A_{0.6} =$	0	0	0	0	0	1	1

1.6. Noravshan munosabatlar

Munosabat tushunchasi matematika va SIT, TTO, murakkab tizimlarni

loyihalash, xulosalash, BBni shakllantirish, tahlil, boshqarish, QQQ, modellashtirish kabi masalalarda muhim ahamiyatga ega [19, 31, 48].

Noravshan *implikatsiya* va *kompozitsiya* amallari noaniqlik sharoitlarida qarorlarni qabul qilishda noravshan munosabat qiymatlarni topish va noravshan mantiqiy xulosalarni shakllantirish uchun asosiy bo'lib hisoblanadi.

Faraz qilaylik $E = E_1 x E_2 x \dots x E_n x - E_i, i = \overline{1, n}$ universal to'plamlarning dekart ko'paytmasi bo'lsin. $M = [0,1]$ - qandaydir MFlar

to'plami. U holda noravshan juftli munosabat o'zining qiymatlarini M to'plamdan oladigan E to'plamning R qism to'plami deb ataladi.

$n = 2$ va $M = [0,1]$ bo'lganda, masalan $X = E_1$ va $Y = E_2$ to'plamlar o'rtasidagi noravshan munosabat (NM) har bir $(x, y) \in X \times Y$ elementlar juftiga $\mu_r(x, y) \in [0,1]$ qiymatni muvofiqlatiradigan $R: (X, Y) = [0,1]$ funksiya bilan ifodalanadi.

$X \times Y$ to'plamda beriladigan NM $x \in X, y \in Y: xRy$ tavsiflanadi. Bunday munosabat *binar (ikkili) munosabat deb ataladi*. Agar $X = Y$ bo'lsa, u holda $R: X \times X \rightarrow [0,1]$ x to'plamda berilgan NM deb nomlanadi.

NMlar *matritsa* yoki *graf* ko'rinishda beriladi. X to'plamdagi R noravshan binar munosabat - bu $X \times X$ ko'paytmaning $\mu_r: X \times X \rightarrow [0,1]$ MFsi bilan ifodalanadigan qism to'plamidir. Aniq $(x_i, x_j) \in X \times X$ o'zgaruvchilar jufti uchun $\mu_r(x_i, x_j)$ qiymati $x_i R x_j$ munosabat to'g'irlik darajasini belgilaydi.

Kichik va cheklangan X da R NMning $M(R)$ kvadrat matritsa ko'rinishida berilishi qulay hisoblanadi. Bu matritsaning ustun va satrlari $x \in X$ elementlar bilan belgilanadi, yani satr x_i , ustun x_j bilan, elementlari esa $r_{ij} = \mu_r(x_i, x_j)$ qiymat bilan aniqlanadi.

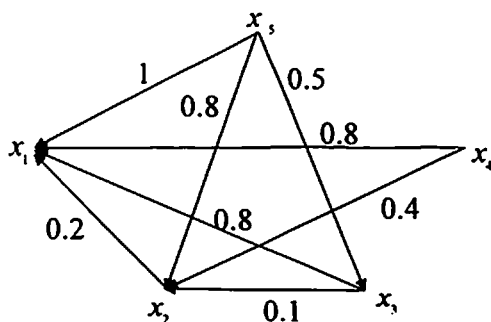
Misol. $X = \{1, 3, 5, 7, 9\}$ ko'rinishdagi asosiy to'plam berilgan. Bu X to'plamda R - "Ancha katta" munosabatni topish kerak. Ekspert xulosalari bo'yicha bu munosabatning matritsasi 6.2-rasmdagi ko'rinishda bo'ladi.

Bu munosabat $G = (X, U)$ graf ko'rinishda beriladi. Bu yerda $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ - uchlar to'plami, $U = \{ \langle \mu_r(x_i, x_j) / (x_i, x_j) \rangle \}$, $\mu_r(x_i, x_j) > 0$, $x_i, x_j \in X$ - yo'naltirilgan (x_i uchdan x_j uchga) noravshan yoylar to'plami.

$$M(R) = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0.8 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0 & 0 \end{array}$$

6.2 - rasm.

Misolda keltirilgan R - "Ancha katta" munosabatni aks etadigan graf 6.3-rasmda keltirilgan.



6.3 - rasm. R - “ancha katta” munosabatni aks etadigan graf.

NMning proyeksiyalari. R ning birinchi proyeksiyasi $\mu_R^{(1)}(x) = \bigvee_y \mu_R(x, y)$ va ikkinchi proyeksiyasi $\mu_R^{(2)}(y) = \bigwedge_x \mu_R(x, y)$ MF lari bilan aniqlanadi [31, 37, 48]. Birinchi proyeksiyalarning ikkinchi proyeksiyasi (yoki teskarisi) NMning global proyeksiyasi deb ataladi va $h(R)$ bilan belgilanadi:

$$h(R) = \bigvee_x \bigvee_y \mu_R(x, y) = \bigvee_y \bigvee_x \mu_R(x, y)$$

Misol. R matritsani beramiz va NMning birinchi, ikkinchi va global proyeksiyalarini hisoblaymiz (6.4-rasm).

	y_1	y_2	y_3	y_4	1-proyeksiya
x_1	0.3	0.6	0	0.5	0.6
x_2	0.7	0.8	0.4	0.1	0.8
x_3	1	0.5	0.7	0.6	1
x_4	0.8	0.1	0.3	0	0.8
2-proyeksiya					Global proyeksiya
	1	0.8	0.7	0.6	1

6.4-rasm. NMning proyeksiyalarini hisoblash.

Ikkita NMning kompozitsiyasi. $X \times Y$ dagi R_1 va $Y \times Z$ dagi R_2 NMLarning kompozitsiya amali $X \times Z$ da NMni aniqlashga imkon beradi.

Max-min kompozitsiya. Aytaylik $R_1 \subset X \times Y$ va $R_2 \subset Y \times Z$ bo'lsin. R_1 va R_2 munosabatlarning “max-min” - kompozitsiyasi $R_1 \circ R_2$ shaklda belgilanadi va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [19, 31, 37, 48]:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, z) = \bigvee_y [\mu_{R_1}(x, y) \wedge \mu_{R_2}(y, z)] = \max[\min(\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(y, z))].$$

Bu yerda $x \in X, y \in Y, z \in Z$.

Misol. Aytaylik $\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(y, z)$ MFlari chegaralangan $x \in X, y \in Y, z \in Z$ UTda R_1 va R_2 jadvallar ko'rinishda berilgan bo'lsin. R_1 va R_2 munosabatlarning $R_1 \circ R_2$ "max-min" - kompozitsiyasini aniqlaymiz (6.7-rasm).

		y_1	y_2	y_3	y_4
R_1	x_1	0.3	0.5	1	0
	x_2	0.6	0.7	0	0.2
	x_3	0.8	0	1	0.1

		z_1	z_2	z_3	z_4
R_2	y_1	0.9	0.4	0	1
	y_2	0.3	0.5	1	0.4
	y_3	0.6	1	0	0.3
	y_4	0.4	0	1	0.7

		z_1	z_2	z_3	z_4
	x_1				

6.5 - rasm.

6.7-rasmdagi R_1 va R_2 munosabatlarning matritsalar bilan berilgan qiymatlaridan foydalanib, $R_1 \circ R_2$ kompozitsiya quyidagicha hisoblanadi:

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_1), \mu_{R_2}(y_1, z_1)) = \min(0.3, 0.9) = 0.3;$$

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_2), \mu_{R_2}(y_2, z_1)) = \min(0.5, 0.3) = 0.3;$$

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_3), \mu_{R_2}(y_3, z_1)) = \min(1, 0.6) = 0.6;$$

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_4), \mu_{R_2}(y_4, z_1)) = \min(0, 0.4) = 0;$$

$$\max_y[\min(\mu_{R_1}(x_1, y_i), \mu_{R_2}(y_i, z_1))] = \max(0.3, 0.3, 0.6, 0) = 0.6.$$

Xuddi shunday hisoblashlarni amalga oshirish bilan $R_1 \circ R_2$ "max-min" - kompozitsiyasini qolgan elementlari xam aniqlanadi. Natijalar 6.5 - rasmdagi $R_1 \circ R_2$ jadvalda keltirilgan.

2-§. Noravshan mantiqiy xulosa chiqarish qoidalari

Noravshan mantiqiy xulosalash tizimlari ko'psonli NoTlar ilovalarida (ETlar, BBni avtomatik boshqarish tizimlari, TTOga, murakkab tizimlarni loyihalash, NTlar, QQQ tizimlari, tabiiy tilni tushunish va h.k.) muhim ahamiyatga ega.

Bunday tizmlarning ko'pchiligi noravshan dalillar va xulosalardan iborat «Agar . . . , u holda . . . » ko'rinishdagi mantiqiy qoidaga asoslanadi.

QQQ tizimlarida boshqaruv qarorlarining xususiyati va qiymatlari R munosabatni chiqarishning kompozitsiya qoidasi asosida belgilanadi. Formal ko'rinishda bunday QQQ modeli (X, R, Y) uchligi bilan beriladi. Bu yerda $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ - A_i kirishlar va B_j chiqishlar bilan berilgan asosiy to'plamlar, R - "Kirish - chiqish" NM.

Odatda R munosabat ekspert tomonidan so'z bilan ifodalangan va keyinchalik formallashtirilgan sifatli axborot asosida quriladi. Ekspert axborotlari "Agar A_1 , u holda B_1 , yoki Agar A_2 , u holda B_2 , ..., yoki Agar A_n , u holda B_n " shaklidagi mulohazalar yig'indisi ko'rinishda ifodalanadi. Bu yerda A_i, B_i - tegishli $\mu_{A_i}(x)$, $\mu_{B_i}(y)$, $x \in X$, $y \in Y$ MFlari bilan beriladigan kirish va chiqishga ega bo'lgan NTlar. $R_i = \langle\langle$ Agar A_i , u holda $B_i \rangle\rangle$ qoidasi $\mu_{R_i \rightarrow B_i}(x, y)$ MF bilan belgilanadi. Uning qiymati yuqorida keltirilgan formula yordamida topiladi. "Yoki" bog'lamasi R_i qoidalar yig'indisini birlashtiradi va natijada umumlashtirilgan yakuniy R qoidasi hosil bo'ladi [31, 37, 48]:

$$R = \bigcup_i R_i = \max_i (\min (\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y))), i = \overline{1, n}.$$

Agar joriy vaqt uchun tizimning kirish holati aniq A' qism to'plam bilan belgilangan va umumiy R boshqaruv qarori ma'lum bo'lsa, u holda ushbu R qarorning tizimni kirishiga ta'siri natijasi $B' = A' \circ R$ chiqarishning kompozitsiya qoidasi yordamida belgilanadi. Bu holatda $\mu_{B'}(y)$ qiymatlari yuqorida keltirilgan maksminli amali yordamida quyidagicha topiladi:

$$\begin{aligned} \mu_{B'}(y) &= \bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x, y)) = \bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge (\mu_{A_i}(x) \wedge \mu_{B_i}(y))) = \\ &= (\bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge \mu_{A_i}(x))) \wedge \mu_{B_i}(y) = \mu_{A' \sim A_i}(x) \wedge \mu_{B_i}(y) = \delta \wedge \mu_{B_i}(y). \end{aligned}$$

Bu yerda $\delta = \mu_{A' \sim A_i}(x)$ - "Agar A , u holda B " qoida(implikatsiya)da "Agar A " va "Agar A " mulohazaning to'g'rilik darajasini ko'rsatadi. U foydalanuvchi talablari va qoidalarida beriladigan ma'lumotlar o'rtasidagi muvofiqlik darajasini belgilaydi.

Noravshan mantiqiy xulosa chiqarish(NMXCH)ning bir qancha algoritmlari mavjud [19, 31, 37, 48]. Ular bir-biridan implikatsiya

qoidalaridan foydalanishi bilan farq qiladi. Tegishli aniq qoidani ekspert o'zining mezoniga qarab tanlab oladi.

Mamdani bo'yicha noravshan xulosa chiqarish. Faraz qilaylik, quyidagi ikki qoida

R_1 : Agar x bu A_1 va u bu B_1 , u holda z bu C_1 ;

R_2 : Agar x bu A_2 va u bu B_2 , u holda z bu C_2

berilgan bo'lsin, bu yerda: x, y - kirish o'zgaruvchilar; Z - chiqish o'zgaruvchi; $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ - kirish va chiqish o'zgaruvchilarning muayyan (aniq) MFlari, yani tegishli MF bilan berilgan noravshan termlari.

Beriladigan x_0, y_0 aniq (ravshan) qiymatlari asosida z_0 ning aniq qiymatini topish kerak.

R_1 va R_2 qoidalar uchun tegishli α_1 va α_2 to'g'rilik darajalari $\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0)$, $\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0)$ ifodalar bilan belgilanadi.

NMXCh algoritmi quyidagi protseduralarning bajarilishidan iborat [19, 37]:

1) Aniq (ravshan) x_0, y_0 qiymatlarni fazzifikatsiyalash, yani A_1, A_2, B_1 va B_2 NTlarning x_0 va y_0 aniq qiymatlari uchun tegishli MF qiymatlariga asoslanib, α_1 va α_2 to'g'rilik darajalarini hisoblash.

2) R_1 va R_2 munosabatlar uchun oraliq - $\mu_{C_1}(z)$ va $\mu_{C_2}(z)$ noravshan chiqarishlarni shakllantirish. Bunda implikasiya amali sifatida minimum (noravshan konyunksiya) amali $\mu_{C_1}(z) = \alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(z)$, $\mu_{C_2}(z) = \alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(z)$ qo'llaniladi.

Keyin olingan $\mu_{C_1}(z)$ va $\mu_{C_2}(z)$ NTlar, maksimum (noravshan dizyunksiya) amali yordamida birlashtiriladi va yakuniy $\mu_c(z)$ NMXCh qiymati topiladi:

$$\begin{aligned} \mu_c(z) &= \mu_{C_1}(z) \vee \mu_{C_2}(z) = [\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(z)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(z)] = \\ &= \max[\min(\alpha_1, \mu_{C_1}(z)), \min(\alpha_2, \mu_{C_2}(z))] \end{aligned}$$

3) Noaniq $\mu_c(z)$ qiymatni, kirish o'zgaruvchining aniq x_0, y_0 qiymatlariga munosib bo'lgan, aniq z_0 qiymatga o'zgartiriladi (defazzifikatsiyalanadi). Buning uchun amalda ikkita, yani sentroidni va maksimum sentroidni topish usullari qo'llaniladi. Tsentroidni topish

usuli uchun $Z_{TS} = \sum_{j=1}^n \mu_c(z_j) z_j / \sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)$ foydalaniladi. Maksimum

tsentroidni topish usuli uchun $Z_{MM} = \sum_{j=1}^n \frac{z_j}{m}$ ishlatiladi.

Defazzifikatsiyalash uchun boshqa usullar ham mavjud, yani maydon markazi, chap(birinchi) maksimum, o'ng(oxirgi) maksimum va b.q.

Larsen bo'yicha noravshan xulosa chiqarish. Bu yerda algebraik ko'paytma amali ko'rinishdagi noravshan implikasiya amali qo'llaniladi.

Bu holda yechim $\mu_{c_1}(z) = \alpha_1 \cdot \mu_c(z)$, $\mu_{c_2}(z) = \alpha_2 \cdot \mu_c(z)$ ko'rinishlarda topiladi. Ularni birlashtirish natijasida yakuniy $\mu_c(z)$ NMXCh qiymati $\mu_c(z) = [\alpha_1 \cdot \mu_c(z)] \vee [\alpha_2 \cdot \mu_c(z)]$ aniqlanadi [31, 37].

Zade bo'yicha noravshan xulosa chiqarish. Bu holda maksimin amali ko'rinishdagi noravshan implikasiya amali qo'llaniladi. Yechim

$$\mu_{c_1}(z) = (1 - \alpha_1) \vee \mu_{c_1}(z); \quad \mu_{c_2}(z) = (1 - \alpha_2) \vee \mu_{c_2}(z);$$

$$\mu_c(z) = [(1 - \alpha_1) \vee \mu_{c_1}(z)] \vee [(1 - \alpha_2) \vee \mu_{c_2}(z)]$$

topiladi [19].

Lukasevich bo'yicha noravshan xulosa chiqarish. Bu holda Lukasevich qoidasi ko'rinishdagi noravshan implikasiya amali qo'llaniladi. Yechim quyidagicha topiladi [31]:

$$\mu_c(z) = [1 \wedge (1 - \alpha_1 + \mu_{c_1}(z))] \vee [1 \wedge (1 - \alpha_2 + \mu_{c_2}(z))]$$

3-§. Lingvistik o'zgaruvchilar

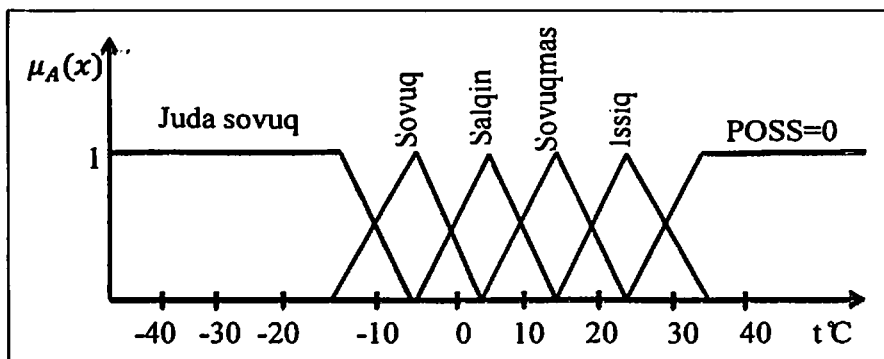
Lingvistik o'zgaruvchi (LO') noravshan o'zgaruvchlarga nisbatan ancha yuqori tartibli hisoblanadi. Bu shu bilan aniqlanadiki, LO'ning qiymati noravshan hisoblanadi. Masalan, «sifat» LO'sining qiymadi «past», «ancha past», «o'rtacha», «yuqoriroq», «yuqori», «ancha yuqori» va h.k. bo'lishi mumkin. Keltirilgan har bir qiymat NoO'ning nomi hisoblanadi. Demak, LO'ning qiymati sonli o'zgaruvchi emas, balki tabiiy tildagi yoki formal tildagi so'z yoki gap hisoblanadi. LO'ning bu xossasi murakkab, odatdagi tabiiy tilda sonli murakkab tavsiflanuvchi tizimlarni va hodisalarni taxminiy tavsiflashga imkoniyat yaratadi.

LO' tushunchasi - bu quyidagi ko'rinishdagi beshlik:

$$\langle A, T(A), U, V, M \rangle.$$

Bu yerda: A -linvistik o'zgaruvchi nomi; $T(A)$ - A o'zgaruvchilarning term-to'plami, yani A o'zgaruvchining lingvistik qiymatlari nomlarining to'plami bo'lib, bu qiymatlarning har biri U UTdan olingan NoO'ning qiymatlar hisoblanadi; U - UT bo'lib, LO'ning aniqlanish sohasini (qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlarning intervalini) ifodalaydi; V -sintaktik qoida bo'lib, bu A o'zgaruvchining qiymatlari nomini hosil qilishni grammatikalar shaklida berish uchun qo'llaniladi; M -semantik qoida bo'lib, U UTning $T(A)$ NoTostilarining har bir NoO'sini moslashtirish uchun qo'llaniladi;

Misol. Aytaylik bizni o'rab turgan havo haroratining qiymati quyidagi tushunchalar bilan aniqlansin: «juda sovuq», «sovuq», «salqin», «sovuqmas», «issiq», «juda issiq». Har bir tusuncha-qiymatga qandaydir harorat mos keladi (6.6-rasm).



6.6-rasm. «Harorat» LO'si.

Misol. Aytaylik ishlab chiqariladigan A ="Mahsulot hajmi"ning bahosi NoO'lar tushunchalari- «kam», «o'rtachadan past», «o'rtacha», «o'rtachadan yuqori», «ko'p» yordamida belgilansin. Eng ko'p mahsulot ishlab chiqarish hajmi 20 ming/soat bo'lsin. Bunday bahoni formallashtirish LO' A = «mahsulotlar hajmi» yordamida amalga oshirilishi mumkin va u quyidagi naborlar bilan xarakterlanadi:

(Mahsulotlar hajmi, $T(A)$ $[0, 20]$, V , M),

bu yerda $T(A) = \{\text{«kam»}, \text{«o'rtachadan past»}, \text{«o'rtacha»}, \text{«o'rtachadan yuqori»}, \text{«ko'p»}\}$ - A ="Mahsulot hajmi" LO'ning term-to'plami, $U=[0,20]$ - UT bo'lib, LO'ning aniqlanish sohasini (qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlarning intervalini) ifodalaydi; V - $T(A)$ to'plam elementlarini birma-bir tekshirish protsedurasi; M - mavjud mahsulot hajmini NoO' qiymatlarni ("kam", "o'rtachadan past" va h.k)

mos qo'yuvchi protsedura, bu protsedura ekspertli so'rov natijasida amalga oshiriladi.

Ta'kidlaymizki, lingvistik mantiqda noravshan xulosalashlarni qurishning bir nechta variantlari mavjud. Yuqorida qarab chiqilgan "max-min" varianti hamma vaqt ham bizning sezgimiz (intuitsiyamiz) bilan mos tushmaydi.

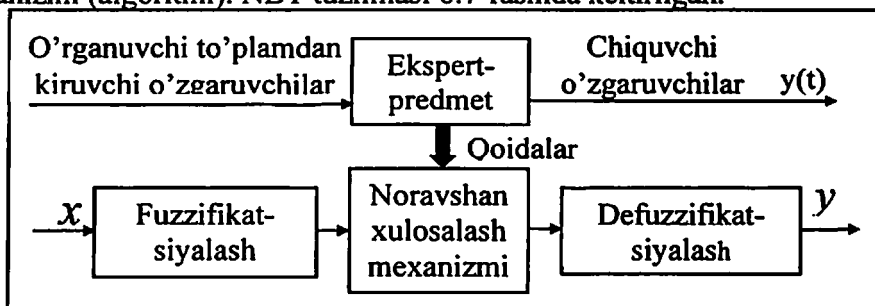
4-§. Ekspert tizimlarda noravshan mantiqning qo'llanilishi

4.1. Noravshan to'plamlarning ekspert tizimlarni qurish nazariyasi bilan bog'liqligi

NoTlar va noravshan mantiq nazariyasi elementlari samarali qo'llaniladigan muhim yo'nalish noravshan ekspert tizim(NET)larning asosi bo'lgan noravshan boshqaruv tizimlarini qurish hisoblanadi.



Noravshan boshqaruv tizimi (NBT) - bu noravshan mantiq elementlaridan foydalangan holda ma'lumotlarni tahlil qilishning matematik modellariga asoslangan boshqaruv tizimi hisoblanadi. NBT arxitekturasining asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardir: fuzzifikatsiya va defuzzifikatsiya bloklari, qoidalar bazasi, noravshan xulosa chiqarish mexanizmi (algoritmi). NBT tuzilmasi 6.7-rasmda keltirilgan.

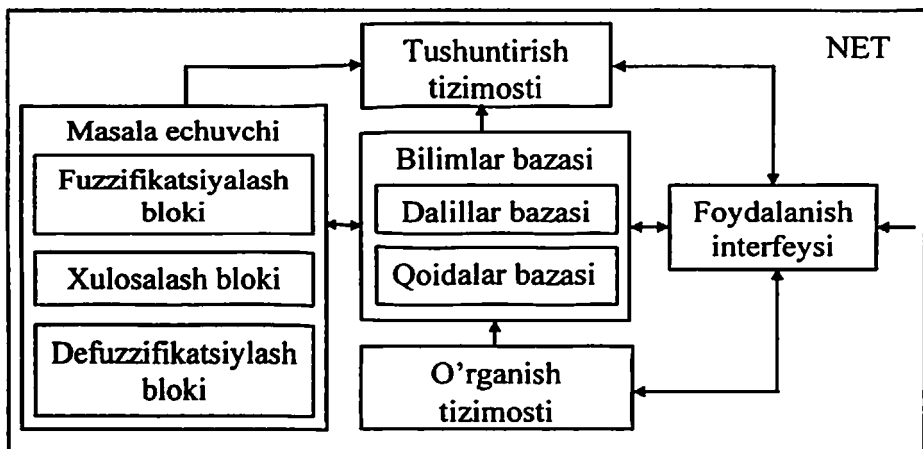


6.7-rasm. NBT sxemasi.

NBTlarining umumiy maqsadi - boshqarish obyekti to'g'risida mavjud bo'lgan ma'lumotlarga asoslanib QQQ uchun xulosa chiqaradigan odamning fikrlash jarayoniga taqlid qilishdan iborat.

NET - bu bilimlarni LO'lar va noravshan qoida(NQ)lar ko'rinishida ishlatadigan hamda yangi bilimlarni olish uchun noravshan

xulosa algoritmlaridan foydalanadigan ETdir. NET tuzilmasi 6.8-rasmda keltirilgan.



6.8-rasm. NET sxemasi.

Murakkab tizimlarni boshqarishda bunday noravshan usullardan muvaffaqiyatli foydalanishning kaliti tizimlarning boshqarish obyekti haqidagi matematik modellar, obyektning xatti-harakatlarini kuzatishning haqiqiy ma'lumotlari va o'rganilayotgan soha mutaxassislari - odamlarning bilimlari kabi asosiy ma'lumotlar manbalaridan foydalanish qobiliyatiga egaligidir.

NETlarning muhim afzalliklari - bu chiziqli emasligi, noaniq ma'lumotlardan foydalanish qobiliyati, ekspert xulosalarini olish va qayta ishlash uchun qulaylikni mavjudligi hisoblanadi.

NQlar bazasini shakllantirishda LO'lardan foydalaniladi va ular yordamida quyidagi turdagi qoidalar tizimini yaratish mumkin:

AGAR x_1 bu A_1 VA x_2 bu A_2 bo'lsa, U HOLDA x_3 bu A_3 bo'ladi

yoki

(6.6)

AGAR x_1 bu A_1 YOKI x_2 bu A_2 bo'lsa, U HOLDA x_3 bu A_3 bo'ladi

bu erda x - LO'lar; A -NorTlar bo'lib, ular LO'ning asosiy yoki G protseduralari yordamida o'zgartirilgan qiymatlariga mos keladi.

(6.6) dagi qoidalar shartlari bilan bog'liq bo'lgan x_1 va x_2 o'zgaruvchilar kirish o'zgaruvchilari va x_3 xulosa - chiquvchi LO' deb nomlanadi. NQga misol sifatida (6.6) formuladagi birinchi ifodaga o'xshash tuzilishga ega bo'lgan quyidagi ifodani keltirish mumkin:

$AGAR \underbrace{investitsiyalar hajmi}_{x_1} \underbrace{katta}_{A_1} \text{ VA } \underbrace{to'lov muddati}_{x_1} \underbrace{juda katta}_{A_1}$
 $U \text{ HOLDA } \underbrace{loyihaning jozibadorligi}_{x_1} \underbrace{past}_{A_1}$

Noravshan xulosa chiqarish tizimining vazifasi - bu qoidalar bazasiga asoslanib kirish o'zgaruvchilarining haqiqiy (ko'pincha aniq sonli) qiymatlari uchun chiqish o'zgaruvchilarining qiymatlarini aniq shaklda yoki NorT shaklida aniqlashdan iborat. Buning uchun qo'yilgan vazifaning o'ziga xos xususiyatlariga mos keladigan bir qator noravshan xulosa chiqarish algoritmlari ishlab chiqilgan. Noravshan xulosaning asosiy prinsiplarini birinchi bo'lib ingliz matematigi E. Mamdani tomonidan ishlab chiqilgan.

4.2. Ekspert tizimlarda ishonchlilik koeffitsientlari va dalillarni chamalash

Har qanday ETning asosi QQQ jarayonini soddalashtirish uchun tuzilgan bilimlar to'plamidir. Ushbu bilimlar dalillar va qoidalar shaklida bo'ladi. ETdagi dalillar va qoidalar har doim ham chin yoki yolg'on bo'lmaydi. Ba'zan dalilning ishonchliligi yoki qoidaning aniqligi haqida qandaydir *ishonchsizlik darajasi mavjud bo'ladi. Agar bu shubha aniq ifodalangan bo'lsa, u "ishonchlilik koeffitsiyenti" deb ataladi.*

Ishonchlilik koeffitsienti (IK) - bu dalil yoki qoida ishonchli yoki haqqoniy deb hisoblanishi mumkin bo'lgan ehtimollik yoki ishonchlilik darajasini bildiradigan son. Ushbu koeffitsient ET tomonidan chiqarilgan qarorga ishonchlilik darajasini baholash hisoblanadi. Ishonchlilik nazariyasi (yoki ishonchlilik koeffitsientlari nazariyasi) Bayesli mulohazaga alternativ hisoblanadi. Bu nazariyaning asosiy tamoyillari 1975 yilda Buxanan va Shortliff tomonidan taklif qilingan va keyinchalik ular qon infeksiyalarini tashxislash va davolash uchun yaxshilab ishlab chiqilgan.

Standart statistik usullar noaniq hodisa (yoki dalil) chin yoki yolg'on bo'lish ehtimoli bo'lgan taxminga asoslanadi. *Ishonchlilik nazariyasi xuddi noravshan mantiq kabi noaniq ishonchlilik darajasi sifatida taqdim etiladi. Har bir noaniq usulida ikki bosqich mavjud. Birinchisi: ishonchlilik darajasini ifodalash uchun imkoniyat bo'lishi*

kerak. *Ikkinchisi*: bilimga asoslangan tizimdan foydalanish jarayonida ishonchlilik darajasini manipulyatsiya qilish (masalan, birlashtirish) kerak.

Ishonchlilik nazariyasi *ishonchlilik koeffitsiyentlaridan* foydalanishga asoslangan. *IKlari* dalillarga (yoki ekspertning bahosiga) asoslangan hodisaga (dalil yoki gipotezaga) ishonchlilikni ifodalaydi. Aqlli tizimlarda noaniqlik bilan shug'ullanish uchun ishonchlilik omillaridan foydalanishning bir necha usullari mavjud.

Bu usullardan biri 1 yoki 100 sonlarini mutlaq chin (to'liq ishonch) va 0 ni ishonchli yolg'on uchun foydalanadi. *Ushbu ishonchlilik koeffitsientlari ehtimoliy hisoblanmaydi*. Misol uchun, biz "yomg'ir yog'ishi mumkin bo'lgan 90% imkoniyat bor" deb gapirganimizda, yoki yomg'ir yog'adi (90%) yoki yomg'ir yo'q (10%) bo'ladi. Noehtimolli yondashuvda bilan biz quyidagilarni aytishimiz mumkin: $IK \text{ yomg'ir} = 90$ yomg'ir yog'ishi mumkin degan ma'noni anglatadi.

Ishonchlilik nazariyasi *ishonchlilik va ishonchsizlik* tushunchalarini taklif qiladi. Ushbu tushunchalar bir-biridan bog'liqmas bo'lib, ehtimollikdagi kabi birlashtirilmasdan, balki ular quyidagi formulaga muvofiq birlashtirilishi mumkin:

$$IK(B,C) = IO'(B,C) - NO'(B,C), \quad (6.7)$$

bunda $IK(B,C)$ - C dalillar(hodisalar)ni hisobga olgan holda B gipoteza(xulosa)ga ishonchlilik koeffitsienti; $IO'(B,C)$ - C dalillar berilganda B gipoteza ishonchlilikning o'lchovi; $NO'(B,C)$ - C dalillar berilganda B gipoteza ishonchsizligining o'lchovi.

$IK(B,C)$ va $IO'(B,C)$ ehtimollik o'lchovlari hisoblanmaydi. IK -1 dan

+1 gacha o'zgaradi: $IK = -1$ - mutlaq yolg'on va $IK = +1$ - mutlaq chin; va $IK = 0$ -to'liq bilmaslik degan ma'noni anglatadi. IO' va NO' qiymatlari 0 dan 1 gacha o'zgaradi. IK dan foydalanish ilgari surilgan farazlarni ularning haqiqiyliги darajasiga ko'ra tartibga solish imkonini beradi.

Ishonchlilik nazariyasining yana bir muhim tomoni shundaki, undagi

Ishonchlilik o'lchoblari ekspertlar o'z xulosalarida beradigan ma'lumotlarining baholashlariga mos keladi.

Ushbu usul birinchi marta MYCIN [31] ETda qo'llanilgan. Gipotezalarni tasdiqlash uchun ehtimollik nazariyasidan foydalanadigan Bayes yondashuvidan farqli o'laroq, MYCIN tizimining usuli ekspertlarning amaliy tajribasidan olingan evristik fikrlarga asoslangan.

Agar ekspert ma'lum bir xulosaning ishonchliligi darajasini baholasa, u "aniq", "juda ehtimol", "imkon boricha", "hech narsa aytish mumkin emas" va hokazo kabi noravshan tushunchalardan foydalanadi. MYCIN tizimini ishlab chiquvchilar bu noravshan tushunchalarni -1 dan +1 oralig'ida o'zgarib turadigan IKlari miqyosida namoyish etishga qaror qilishdi.

Buning uchun ikkita *baholash* kiritildi: *IO'* va *NO'*. *IO'*ni baholash ma'lum bir dalilning chinlik darajasini aks ettiradi va 0 dan +1 gacha bo'lgan qiymatni oladi. *NO'* bahosi ma'lum bir dalilning yolg'on darajasiga to'g'ri keladi va -1 dan 0 gacha bo'lgan qiymatlarni oladi. *IK* tomonidan belgilanadigan *IK(6.4)* ko'rinishdagi farqni ifodalaydi. Agar $IK = +1$ ga teng qiymatga ega bo'lsa, unda dalil chin hisoblanadi. Agar $IK = -1$ bo'lsa, unda dalil yolg'on bo'ladi. IKlarning qiymatlari o'lchovlar shkalasida 6.9-rasmda ko'rsatilgan.

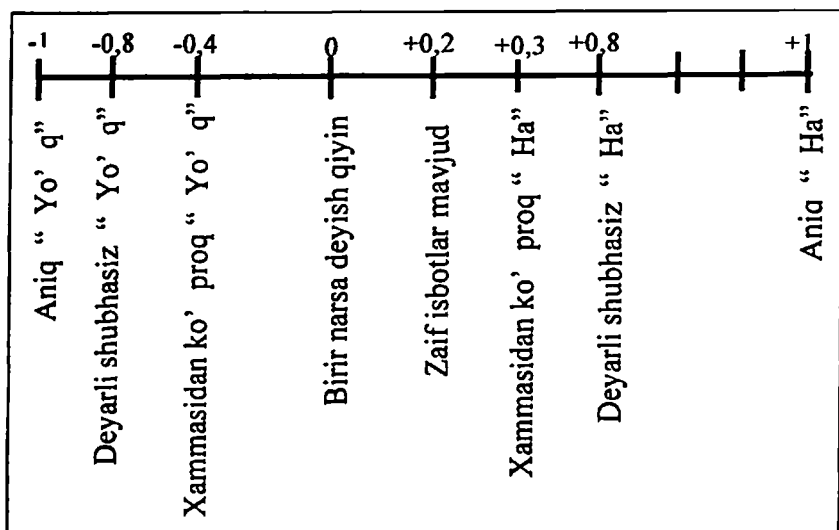
Qoidalar shartlarini tashkil etuvchi dalillar bo'yicha mantiqiy xulosa davomida mantiqiy operatsiyalar amalga oshiriladi. Natijada murakkab mulohazalar hosil bo'ladi va bunda IKlari quyidagi qoidalariga muvofiq hisoblanadi:

$$1) P_1 \text{ u } P_2 \text{ dalillar orasida mantiqiy } BA \text{ bog'lovchisi bo'lganda} \\ IK(P_1 \wedge P_2) = \min (IK(P_1); IK(P_2)); \quad (6.8)$$

$$2) P_1 \text{ u } P_2 \text{ dalillar orasida mantiqiy } YOKI \text{ bog'lovchisi bo'lganda} \\ IK(P_1 \vee P_2) = \max (IK(P_1); IK(P_2)); \quad (6.9)$$

$$3) P_1 \text{ dalilning inkori bo'lganda} \\ \bar{P}_1 = 1 - P_1. \quad (6.10)$$

Alohida dalillarni chamalash muammosi. Noravshan mantiqni qo'llashda yana bir muammo - bu alohida dalillarni chamalash va ularni "NQlarda" foydalanish muammosi hisoblanadi.



6.9 -rasm. Ishonchlilik koeffitsiyenlari shkalasi.

Misol. Aytaylik, bir xil natijaga ega bo'lgan ikkita NQlar mavjud bo'lsin:

1-qoida : AGAR a VA b U HOLDA c ; (6.11)

2-qoida : AGAR e YOKI f U HOLDA c .

Shuningdek, a , b , e va f larning IO'lari (chinlik darajasi aniqligi) ma'lum bo'lsin: $p(a) = 1$; $p(b) = 0.8$; $p(e) = 0.5$; $p(f) = 0.4$. U holda (6.8) va (6.9) formulalarga asosan (6.11)dagi 1 va 2-qoidalarda c ning IO'lari $p(c)$ mos ravishda quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

$$\begin{aligned} 1\text{-qoidaning IO': } p(c) &= \min(1, 0.8) = 0.8; \\ 1\text{-qoidaning IO': } p(c) &= \max(0.5, 0.4) = 0.5. \end{aligned} \quad (6.12)$$

Aniqlangan $p(c)$ ning qiymatlaridan qaysi birini tanlash kerak yoki ularning o'rtacha arifmetik qiymatini olish kerakmi?

Shunday qilib, *IK* - bu "qarshimas" va "qarshi" dalillarni chamalashning oddiy usuli hisoblanadi. Ta'kidlaymizki, yuqoridagi formula qarama-qarshi dalillarni (*IO'* va *NO'* ikkalasi ham katta) ma'lumotlar yetarli bo'lmagan holatlardan ajratishga imkon bermaydi (*IO'* va *NO'* ikkalasi ham kichik), bu esa ba'zan foydali hisoblanadi. Shuni ham ta'kidlaymizki, *IK*, *IO'* va *NO'* lar ehtimollik o'lchovlar emas. *IO'* va *NO'* ehtimollar nazariyasining ba'zi aksiomalariga bo'ysunadi, ammo ular hech qanday populyatsiyaning namunalari emas va shuning uchun ularga statik izoh berib bo'lmaydi. Ular shunchaki gipotezalarni mavjudlik darajasiga ko'ra

tartiblashga imkon beradi.

Dalillarni chamalash. Shortliff dalillarni chamalash uchun *aniqlik kiritis* h formulasini taqdim etdi. *Aniqlik kiritish* formulasini yangi ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri eski natijalar bilan birlashtirishga imkon beradi. Bu har bir taxmin bilan bog'liq bo'lgan ishonch va ishonchsizlik o'lchovlariga ham tegishli. Bunday holda (6.7) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$IO'(B:C_1, C_2) = IO'(B:C_1) + IO'(B:C_2)(1 - IO'(B:C_1)). \quad (6.13)$$

C_1 va C_2 o'rtasidagi vergul C_1 dan keyin C_2 ning kelishini bildiradi. Xuddi shunday tarzda NO 'ning qiymatlari ham aniqlanadi.

Aniqlik kiritish formulasini. (6.13) formula ikkita muhim xususiyatga ega:

1) C_1 va C_2 tartibining ahamiyatsizligini hisobga olganda (6.13) formulya simmetrikdir; 2) Qo'llab-quvvatlovchi dalillar to'planganda IO' (yoki NO) aniqlik tomon harakat qiladi.

Misol. Yuqoridagi misolda keltirilgan (6.11) qoidalar asosida (6.12) ko'rinishda aniqlangan c ning alohida IO' lari asosida (6.13) formuladan foydalanib (6.11) dagi 1 va 2- qoidalarining birlashmasini aniqlaymiz:

$$IO'[c:1 - qoida, 2 - qoida] = IO'[c:1 - qoida] + IO'[c:2 - qoida] * (1 - IO'[c:1 - qoida]) = 0,8 + 0,5 (1 - 0,8) = 0,9.$$

Demak $IO'[c:1 - qoida, 2 - qoida] = 0,9$.

Shunday qilib dalillarning birlashtirilgan IO' alohida olingan har bir dalilni IO' dan yuqori bo'lar ekan. Bu bizning intuitsiyamizga ham mos keladi, chunki bitta va xuddi shu yo'nalishga ishora qiluvchi ko'plab dalillar bir-birini kuchaytiradi. Bundan tashqari 1 va 2- qoidalarining qo'llanilish tartibini o'zgartirish mumkin, ammo bu natijalarga ta'sir qilmaydi.

Qoidalarining ishonchliligi. Shortliff sxemasi ma'lumotlar kabi qoidalar ham ishonchsiz bo'lishi mumkinligiga imkon beradi. Bu vaziyatlarning kengroq sinfini tavsiflashga imkon beradi. Bunda har bir qoida "*susayish koeffitsienti (SK)*" bilan ta'minlanadi (0 va 1 orasidagi son) va bu son qoidaning ishonchliligini bildiradi.

U holda ixtiyoriy i -qoidaning P_j va P_k dalillari orasida mantiqiy BA bog'lovchisi bo'lganda i -qoidaning SK bilan ta'minlangandagi IO'

$$IO'[c:i - qoida] = IK(P_j \wedge P_k) \times SK_i, \quad (6.14)$$

agarda P_j va P_k dalillari orasida mantiqiy YOKI bog'lovchisi bo'lganda i-qoidaning SK bilan ta'minlangandagi IO'

$$IO'[c:i\text{-qoida}] = IK(P_j \vee P_k) \times SK, \quad (6.15)$$

aniqlanadi. Bunda $IK(P_j \wedge P_k)$ va $IK(P_j \vee P_k)$ qiymatlari mos ravishda (6.8) va

(6.9) qoidalaridan aniqlanadi.

Shunday qilib, agar (6.11) ko'rinishda berilgan misolda 1-qoidani $SK=0,6$ susayish koeffitsienti va 2-qoidani esa $SK=0,8$ susayish koeffitsienti bilan ta'minlasak, u holda (6.14) va (6.15) formulalarga asosan (6.12) ifoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$IO'[c:1\text{-qoida}] = \min(1, 0.8) * 0.6 = 0.48;$$

$$IO'[c:2\text{-qoida}] = \max(0.5, 0.4) * 0.8 = 0.4.$$

U holda (6.13) aniqlik kiritish formulasini qo'llab 1 va 2-qoidalar birlashmasidan c xulosani IO' ni aniqlash uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$IO'[c:1\text{-qoida}, 2\text{-qoida}] = IO'[c:1\text{-qoida}] + IO'[c:2\text{-qoida}] * (1 - IO'[c:1\text{-qoida}]) = 0,48 + 0,4(1 - 0,48) = 0,48 + 0,208 = 0,688.$$

Ko'p hollarda 0 dan 1 gacha bo'lgan sondan iborat ishonchlilik chegarasi kiritiladi. Agar ma'lum bir xulosaning IK ushbu sondan kichik bo'lsa, u holda bunday xulosani e'tiborga olmaslik mumkin.

Xulosa. Shortliff o'z sxemasini nazariy jihatdan asoslashga urindi, ammo bu unchalik ishonchli emas edi. Biroq Shortliff sxemasi amaliy masalalarda, xususan, MYCIN ETida va unga ergashgan boshqa tizimlarda o'zini yaxshi ko'rsatishi muhim ahamiyatga ega.

MYCIN tizimida ishonchlilik koeffitsientlarini aniqlash. MYCIN tizimida IK lari nafaqat dalillarga, balki qoidalarga ham bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, qoidalarning ishonchsizligini hisobga olish ta'minlanadi va ular ko'pincha evristikli mulohazalar asosida shakllantiriladi. Qoidaning ishonchlilik koeffitsientini IK_q yordamida belgilanadi. IK_q koeffitsient cnin shartlarda qoida xulosasining chinligi darajasiga mos keladi. Agar old shartlar $IK_{old} \neq 1$ bilan tavsiflansa, u holda IK_{xul} xulosa $IK_{mi} = IK_{old} * IK_q$, boyicha hisoblanadi

Xulosalash jarayonida bitta xulosa turli qoidalar bilan tasdiqlanishi mumkin va har bir qoidadagi xulosaning o'zining IK mavjud bo'ladi. Shubhasiz, bir necha qoidalar bilan tasdiqlangan IK oshishi kerak. Qandaydir xulosa ko'proq dalillarga ega bo'lsa uning ishonchlilik darajasi 1ga yaqinroq bo'ladi. Umuman olganda, ba'zi xulosani qo'llab-

quvvatlash uchun dalillarning kombinatsiyasi *EMYCIN* tizimida ishlatiladigan quyidagi formulalarga muvofiq amalga oshiriladi:

$$IK = IK_1 + IK_2 - IK_1 * IK_2, \text{ agar } IK_1 > 0, IK_2 > 0;$$

$$IK = IK_1 + IK_2 + IK_1 * IK_2, \text{ agar } IK_1 < 0, IK_2 < 0;$$

$$IK = \frac{IK_1 + IK_2}{1 - \min(|IK_1|, |IK_2|)}, \text{ agar } IK_1 * IK_2 \leq 0, IK_1 \neq \pm 1, IK_2 \neq \pm 1;$$

$$\text{Agar } IK_1 \neq \pm 1, IK_2 \neq \pm 1, u \text{ holda } IK = 1.$$

Uch yoki undan ortiq qoidalar bilan shakllantirilgan xulosalar *IK* yuqoridagi formulalarni qo'llash orqali ketma-ket ravishda chiqarilishi mumkin. *IK*lari usuli soddaligi tufayli ushbu usulning *afzalliklarini* aniqlaydigan ishonchsiz bilimlarga asoslangan xulosalashni qo'llab-quvvatlaydigan ko'plab tizimlarda keng qo'llaniladi. *Usulning kamchiliklari* nazariy asosning yo'qligi, shuningdek, *IK*larini tanlashning murakkabligi bilan bog'liq.

*IK*larni aniqlashning umumiy tamoyillari quyidagicha shakllantiriladi.

1) Barcha shartlarning *IK*lari orasidan mantiqiy operator *VA* tomonidan ajratilgan minimal *IK* tanlanadi.

2) Agar qoida *YOKI* operatorga ega bo'lsa yoki *VA* operator tomonidan ajratilgan qoidalarning barcha shartlari va *YOKI* operator bilan bog'liq barcha shartlardan *IK*lari minimal qiymatga ega bo'lgani tanlanadi.

3) Tanlangan *IK*ni qoidalar *IK*lariga ko'paytiriladi.

4) Agar bir xil mantiqiy xulosaga ega bo'lgan bir nechta qoidalar mavjud bo'lsa, u holda olingan barcha *IK*laridan maksimal miqdorga ega bo'lgani tanlanadi.

Bu tamoyillarni misollarda ko'rib chiqamiz.

Misol. *C* mantiqiy xulosaga ega bo'lgan ikkita qoidani ko'rib chiqamiz:

AGAR A (IK = 0.3) VA B (IK = 0.6) U HOLDA C (U HOLDA = 0.5);

AGAR D (IK = 0.4) VA E (IK = 0.7) U HOLDA C (U HOLDA = 0.9).

Keltirilgan qoidalarda *C* mantiqiy xulosa uchun *IK* quyidagicha hisoblanadi:

$$IK = \max((\min(0.3, 0.6) \times 0.5), (\min(0.4, 0.7) \times 0.9)) = \\ = \max((0.3 \times 0.5), (0.4 \times 0.9)) = \max(0.15, 0.36) = 0.36.$$

Misol. *YOKI* mantiqiy operatorini qo'llashga misol keltiramiz:

AGAR A ($IK=0.3$) VA B ($IK=0.6$) YOKI D ($IK=0.5$) BO'LSA,
 U HOLDA C ($IK=0.4$).

Ushbu misolda C xulosa uchun IK quyidagicha hisoblanadi:

$$IK = \max((\min(0.3, 0.6), 0.5) \times 0.4 = \max(0.3, 0.5) \times 0.4 = 0.5 \times 0.4 = 0.2).$$

4.3. Gipotezalarning o'xshashlik munosabati

Bayes teoremasining turli manbalardan olingan ma'lumotlarni bog'lash uchun qo'llanilishi haqida to'xtalib o'tamiz [31]. Ushbu yondashuv dalillarning ishonchliligi asosida raqobatlashadigan gipotezalarning nisbiy ehtimolligini hisoblab chiqadi. Qo'llaniladigan qoida

$$O'M(H : E) = P(E : H) / P(E : H') \quad (6.16)$$

asoslanadi. Bunda o'xshashlik munosabati ($O'M$) aniq H gipoteza berilganda E hodisa yoki dalilning $P(E : H)$ ehtimolini H' gipotaza yolg'on bo'lganda E hodisa yoki dalilning $P(E : H')$ ehtimoliga bo'linmasi kabi aniqlanadi.

Masalan, agar biz medalga ega bo'lgan abituriyentlar orasidan kirish imtihonida a'lo baholilar chiqish ehtimolini va boshqa abituriyentlar orasidan ham a'lo baholilar chiqish ehtimolini bilsak, u holda kirish imtihonini a'lo baho bilan topshirgan abituriyentning medal sovrindori ekanligining ehtimolini hisoblashimiz mumkin.

Agarda E hodisa sodir bo'lganligi ma'lum bo'lsa, u holda ko'rib chiqilayotgan gipoteza inkoniyatlariga aniqlik kiritish uchun $O'M$ dan foydalanish mumkin. [31] ga asosan imkoniyatlar tushunchasidan foydalanib Bayes qoidasini taqdim etamiz. Qandaydir X hodisa sodir etilganda B ga qarshi A ning $O(A)$ imkoniyatlarini quyidagicha yozish mumkin

$$O(A) = P(A / X) / P(B / X) = P(A / X) / [1 - P(B / X)]. \quad (6.17)$$

(6.17) da $O = O(A)$ va $P = P(A / X)$ belgilashlarni kiritib O va P orasidagi munosabatlar uchun quyidagi ifodalarni hosil qilamiz

$$O = P / (1 - P); \quad P = O / (1 + O) \quad (6.18)$$

Aniqlik kiritishning bayesli sxemasi quyidagi ifodaga keladi

$$O^*(H) = O(H) \times O'M(H : E), \quad (6.19)$$

bu erda $O(H)$ - H foydasiga talluqli apriorli imkoniyatlar, $O^*(H)$ - $O'M$ ga mos ravishda E hodisa sodir etilganda natijaviy aposterior imkoniyatlar.

Bunday holda turli xil manbalardan olingan ma'lumotlarni oddiy ko'paytirish orqali hisobga olish mumkin. Raqobatbardosh gipotezalar va ular sodir bo'lganligi ma'lum bo'lgan hodisalar uchun apriorli imkoniyatlar berilgan taqdirda aposterior imkoniyatlar va undan keyin ehtimolliklar osongina hisoblab chiqiladi. O'Mlari har gipoteza bo'yicha har bir hodisa qanchalik tez-tez sodir bo'lishini ko'rsatadigan ikki o'lchovli jadvaldan olinadi.

Misol. 6.3-jadvalda 100 kishining umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan. Ulardan 44 kishi 75 yildan ortiq, qolganlari esa 80 va undan kam yil yashagan va ularning orasida sigaret chekkanlar va chekmaganlar soni ko'rsatilgan.

6.3-jadval. Insonning umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar.

Chekishga munosabati	Umr ko'rish davomiyligi > 75 yosh	Umr ko'rish davomiyligi ≤ 75 yosh	Jami
Chekuvchilar	20	33	53
Chekmovchilar	24	23	47
Jami	44	56	100

Bu tanlovdagi 100 nafar insondan 75 yildan ko'p yashaydiganlarning aprior imkoniyatlari

$$O(\text{Uzoq yashagan}) = 44/56 = 0.7857 \quad (6.20)$$

aniqlanadi.

O'xshashlik munosabatlari esa quyidagicha aniqlanadi:

$$O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Chekuvchi}) = (20/44)/(33/56) = 0.8815; \quad (6.21)$$

$$O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Chekmovchi}) = (24/44)/(23/56) = 1.3280.$$

Aytaylik, uzoq umr ko'rish bilan bog'liq bo'lgan yana bir o'zgaruvchi sifatida insonning jinsi ham hisobga olingan bo'lsin (6.4-jadval).

6.4-jadval. Erkak va ayolning umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar.

Inson jinsi	Umr ko'rish davomiyligi > 75 yosh	Umr ko'rish davomiyligi ≤ 75 yosh	Jami
-------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------

Erkaklar	20	36	56
Ayollar	24	20	44
Jami	44	56	100

6.4-jadvaldan ko'rinadiki erkaklar uchun O'M

$$O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Erkak}) = (20/44)/(36/56) = 0.7071 \quad (6.22)$$

va ayollar uchun O'M

$$O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Ayol}) = (24/44)/(20/56) = 1.5273 \quad (6.23)$$

aniqlanadi.

Endi uzoq umr ko'rish uchun (75 yoshdan oshgan) aprior imkoniyatlarning qiymati (6.20) ifodada $O(\text{Uzoq yashagan}) = 0.7857$ bo'lganligini hisobga olib, biz sigaret chekuvchi erkakning uzoq umr ko'rishining aposterior imkoniyatlarini (6.21) va (6.22) ifodalardan foydalanib quyidagicha aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} O'M(\text{Uzoq yashagan}) &= O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Chekuvchi}) \times \\ &\times O'M(\text{Uzoq yashagan} : \text{Erkak}) \times O(\text{Uzoq yashagan}) = \\ &= 0.8815 \times 0.7071 \times 0.7857 = 0.4857. \end{aligned}$$

Boshlang'ich ehtimol 0.44 bo'lganda bu qiymat 0,3288 ehtimolga mos keladi. Bu ikkita salbiy omilni hisobga olish natijasini bildiradi.

O'Mlari har doim musbat bo'lib, $O'M > 1$ bo'lsa gipotezalar foydasiga dalillarni ko'rsatadi, $O'M < 1$ bo'lsa dalillar gipotezalarga qarshi va $O'M = 1$ bo'lsa dalillar qaralayotgan gipotezaning o'xshashligiga ta'sir qilmasligini ko'rsatadi.

Shunday qilib O'M quyidagi afzalliklarni beradi degan xulosaga kelish mumkin:

- bir nechta ma'lumot manbalarini birlashtirishga ruxsat berish;
- agar dalillar ishonchsiz bo'lsa ularni tuzatish mumkin.

4.4. Ekspert tizimlarida xulosalarning noravshan qoidolari

Mantiqiy xulosalashning NQsi tartiblangan (A, B) juftlikdan iborat bo'lib, bu erda A - X kiruvchi qiymatlar fazosining noravshan qismto'plami

va B - Y chiquvchi qiymatlar fazosining noravshan qismto'plamidir.

Masalan: *AGAR narx yuqori VA talab kam bo'lsa,*

$$\begin{matrix} U & \text{HOLDA} & \text{tovar} & \text{aylanmasi} & \text{kam,} \end{matrix} \quad (6.23)$$

bu erda *narx* va *talab* kirish o'zgaruvchilari; *aylanma* - chiquvchi qiymat; *yuqori*, *past* va *kam* - narx, talab va aylanma qiymatlar to'plamlarida mos ravishda aniqlangan mansublik funksiyalari.

Noravshan xulosa chiqarish qoida(NXChQ)lari qoidalar bazasini tashkil qiladi. NETda barcha qoidalar bir vaqtning o'zida ishlaydi va ularning natijaga ta'sir darajasi har xil bo'lishi mumkin.

ETida NXChQlarni qayta ishlash jarayoni 4 bosqichdan iborat:

1. Qoidalarining chap tomonlari IO'sini hisoblash ("agar" va "u holda" o'rtasida) - xulosa qoidalarining chap tomonida ko'rsatilgan kiruvchi qiymatlarning noravshan qismto'plamlarga mansublik darajasini aniqlash.

2. Birinchi bosqichda olingan chin qiymatlarga mos holda xulosa qilish qoidalarining o'ng tomonida ("u holda" dan keyin) ko'rsatilgan noravshan qismto'plamlarni o'zgartirish.

3. O'zgartirilgan noravshan qismto'plamlarni birlashish (superpozitsiyasini hosil qilish).

4. Birlashish natijasini skalarizatsiyalash, ya'ni noravshan qismto'plamlardan skalyar qiymatlarga o'tish.

Har bir qoidaning chap tomonining IO'sini aniqlash uchun NET noravshan qismto'plamlarning MFlarining qiymatlarini kiruvchi o'zgaruvchilarining mos keladigan qiymatlaridan hisoblab chiqadi. Masalan, (6.23) qoida uchun *yuqori* noravshan qismto'plamda o'zgaruvchan *narxning* o'ziga xos qiymatining paydo bo'lish darajasi aniqlanadi. Qismto'plamdagi o'zgaruvchining paydo bo'lishining belgilangan darajasi "narx juda zo'r" predikati chinligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Chinlik qiymatlarni hisoblashda mantiqiy amallarni qo'llash mumkin.

Olingan chinlik qiymatidan qoidaning o'ng tomonida ko'rsatilgan NorTni o'zgartirish uchun foydalaniladi. Ushbu o'zgartirishni amalga oshirish uchun ikkita usuldan biri qo'llaniladi: "minimum" (correlation-min encoding) va "ko'paytirish" (correlation-product encoding). Birinchi usul qoidaning chap tomonini chin qiymati asosida qoidaning o'ng tomonida ko'rsatilgan to'plam uchun mansublik funksiyasini cheklaydi

Barcha qoidalarining chiqish natijalari NET tomonidan alohida hisoblab chiqiladi. Bunday holda ba'zi bir qoidalarining o'ng tomonida bir xil noravshan o'zgaruvchi ko'rsatilgan bo'lishi mumkin. Umumlashtirilgan natijani aniqlash uchun barcha qoidalarni hisobga olish kerak. Shu maqsadda tizim ushbu o'zgaruvchilarning har biri bilan

bog'liq NorTlarning superpozitsiyasini amalga oshiradi. Ushbu operatsiyani xulosa qilish qoidalarini noravshan birlashmasi deb atashadi. Masalan,

AGAR narx past bo'lsa, U HOLDA talab yuqori bo'ladi,

AGAR narx yuqori bo'lsa, U HOLDA talab past bo'ladi

qoidalarining o'ng tomoni bir xil, ya'ni talab o'zgaruvchini o'z ichiga oladi. Ushbu qoidalar bajarilganda olinadigan ikkita noravshan qismto'plam ET tomonidan birlashtirilishi kerak.

"MaxCombination" usuli bo'yicha NorTlarning mansublik funksiyalarining birlashmasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_{\max}(x) = \max\{\mu_i(x)\}; \forall x, i \in [1, n] \quad (6.24)$$

Birlashtirishning "SumCombination" usulining mazmuni barcha mansublik funksiyalar qiymatlarini birlashtirishdan iborat

$$\mu_{\text{sum}}(x) = \sum_{i=1}^n \mu_i(x); \forall x, i \in [1, n] \quad (6.25)$$

Xulosa qilish qoidalari bazasini qayta ishlashning yakuniy bosqichi noravshan qiymatlardan o'ziga xos skaler qiymatlarga o'tish hisoblanadi. NorTni bitta qiymatga aylantirish jarayoni "skalarizatsiyalash" yoki "defuzzifikatsiyalash" deb nomlanadi.

Ko'pincha NorTning mansublik funksiyasining qiymati sifatida "tsentroid defuzzifikatsiyalash usuli" (centroid defuzzification method) ishlatiladi. Uzluksiz va diskret $\mu(x)$ MFsi holatida x_c qiymatni aniqlaydigan ifodalar quyidagi ko'rinishga ega

$$x_c = \int x \mu(x) dx / \int \mu(x) dx; \quad x_c = \sum_i x_i \mu_i(x) / \sum_i \mu_i(x). \quad (6.26)$$

Boshqa keng tarqalgan skalarizatsiyalash yondashuvi bu MFlarining maksimal qiymatidan foydalanish (modal defuzzification method) hisoblanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, superpozitsiya (birlashtirish) va skalarizatsiya usullarini tanlash NETning istalgan xatti-harakatiga qarab har bir aniq holatda amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. NoO' tushunchasi ushlik ko'rinishda qanday beriladi?
2. MF nima va uni qurishning bevosita va bilvosita usullarini keltiring?
3. NoTlar ustida bajariladigan mantiqiy va oddiy amallarni keltiring?
4. NoTdan ravshan to'plamni qanday hosil qilinadi?
5. NM nima va ular matritsa yoki graf ko'rinishda qanday beriladi?

6. NMning birinchi, ikkinchi va global proyeksiyalari qanday aniqlanadi?
7. NMning max-min kompozitsiya qanday ifoda bilan aniqlanadi?
8. Mamdani, Larsen va Zade bo'yicha noravshan xulosa chiqarish qanday amalga oshiriladi?
9. LO' tushunchasi qanday ko'rinushda beriladi?
10. NET nima?
11. NBT arxitekturasining asosiy tarkibiy qismlari qanday?
12. IK, ishonchlilik va noishochlilik o'lchovlari qanday aniqlanadi?
13. Mulohazalarda IKlari qanday qoidalarga muvofiq hisoblanadi?
14. ETlarda noravshan mantiqdan foydalanish xususiyatlari qanday?
15. ETda NXCh qoidalarini qayta ishlash jarayonini tushuntiring?

Nazorat testlari

1. Noravshan to'plam tushunchasini ifodasi to'g'ri ifodalangan javobni ko'rsating?
 - a) $A\{u, \mu_A(u)\}; u \in U;$ b) $A\{u, \mu_A(u)\}; \mu_A(u) \in U;$
 - c) $A\{u, \mu_A(u), U\}; A \in U;$ e) $A\{u, \mu_u(A)\}; u \in U.$
2. Mansublik funksiyasi - bu bilan ifodalaniladigan tushunchaga mos bo'lishi darajasining sub'ektiv o'lchovi.
 - a) A noravshan to'plam; $u \in U$ elementi; b) A noravshan to'plam; U to'plami; c) U ravshan to'plam; $u \in U$ elementi; e) A ravshan to'plam; $u \in U$ elementi;
3. Mansublik funksiyasini qurishning bevosita usuli ekspertlar tomonidan berilgan qanday baholashga asoslanadi?
 - a) $\mu_A(U) = \frac{n_1}{m};$ b) $\mu_U(A) = \frac{n_1}{m};$ c) $\mu_A(U) = \frac{2n_1}{m};$ e) $\mu_U(A) = \frac{n_1 + m}{m}.$
4. R munosabatning global proyeksiyasini aniqlovchi ifodani to'g'ri ko'rsating?
 - a) $H(R) = \bigvee_y \bigvee_x \mu_R(x, y);$ b) $H(R) = \bigvee_y \bigwedge_x \mu_R(x, y);$
 - c) $H(R) = \bigwedge_y \bigvee_x \mu_R(x, y);$ e) $H(R) = \bigvee_y \mu_R(x, y);$
5. Lingvistik o'zgaruvchi tushunchasining strukturasi to'g'ri keltirilgan javobni ko'rsating?
 - a) $\langle A, T(A), U, V, M \rangle;$ b) $\langle A, T(M), U, V, M \rangle;$
 - c) $\langle A, T(V), U, V, M \rangle;$ e) $\langle A, T(U), U, V, M \rangle.$

6. ekspert tizimi - bu bilimlarni o'zgaruvchilar va qoidalar ko'rinishida ishlatadigan hamda yangi bilimlarni olish uchun noravshan xulosa algoritmlaridan foydalanadigan ekspert tizimidir.
- a) Noravshan; lingvistik; noravshan; b) Ravshan; raqamli; noravshan;
d) Gibrid; lingvistik; ravshan; e) Dinamik; raqamli; ravshan.
7. Noravshan boshqaruv tizimi arxitekturasining asosiy tarkibiy qismlari to'g'ri ko'rsatilgan javobni aniqlang?
- a) fuzzifikatsiya; defuzzifikatsiya; qoidalar bazasi; noravshan xulosa chiqarish mexanizmi;
b) fuzzifikatsiya; interpretator; malumotlar bazasi; ravshan xulosa chiqarish mexanizmi;
d) defuzifikatsiya; integrallash; identifikatsiya; qoidalar bazasi;
e) interpretator; defuzifikatsiya; malumotlar bazasi; ekspert.
8. Ishonchlilik koeffitsientini (IK) aniqlash ifodasi to'g'ri ko'rsatilgan javobni aniqlang?
- ... a) $IK(B,C)=IO'(B,C)-NO'(B,C);$ b)
 $IK(B,C)=IO'(B,C)+NO'(B,C);$
d) $IK(B,C)=IO'(B,C)*NO'(B,C);$ e) $IK(B,C)=NO'(B,C)-IO'(B,C).$
9. Oddiy mulohazalardan VA bog'lovchisi yordamida murakkab mulohazalar hosil qilinganda ishonchlilik koeffitsientlari (IK) qaysi ifoda bilan aniqlanadi?
- a) $IK(P_1 \wedge P_2) = \min(IK(P_1), IK(P_2));$
b) $IK(P_1 \vee P_2) = \min(IO'(P_1), NO'(P_2));$
d) $IK(P_1 \wedge P_2) = \max(IK(P_1); IK(P_2));$
e) $IK(P_1 \vee P_2) = \maxmin(IK(P_1); IK(P_2)).$
10. Yangi ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri eski natijalar bilan birlashtirishga imkon beradigan aniqlik kiritish formulasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?
- a) $IO'(B:C_1, C_2) = IO'(B:C_1) + IO'(B:C_2)(1 - IO'(B:C_1));$
b) $IO'(B:C_1, C_2) = IO'(B:C_1) - IO'(B:C_2)(1 - IO'(B:C_1));$
d) $IO'(B:C_1, C_2) = IO'(B:C_1) - IO'(B:C_2)(1 + IO'(B:C_1));$
e) $IO'(B:C_1, C_2) = IO'(B:C_1) + IO'(B:C_2)(1 + IO'(B:C_1)).$

Masala va topshiriqlar

1. U - noravshan to'plamda A(erkak) va B(ayol) - noravshan to'plamostilari berilgan bo'lsin.

$$U = \{155, 160, 170, 185, 190, 195\}, \quad M = [0, 1]$$

$$A = \{(155|0.1), (160|0.2), (170|0.8), (185|0.5), (190|0.4), (195|0.3)\}$$

$$B = \{(155|0.2), (160|0.3), (170|1.0), (185|0.6), (190|0.5), (195|0.4)\}$$

Aniqlang:

- 1) $A \subset B$ yoki $B \subset A$; 2) $A = B$; 3) $A \cap B$; 4) $A \cup B$; 5) $A \oplus B$; 6) $A * B$;
 7) $A \cap B \subset A \cup B$; 8) $A \cap B \subset A \cup B$; 9) $A \oplus B \subset A \cup B$; 10) $A \oplus B \subset A \cap B$;
 11) $\bar{A} \cap B \supset (A \cup B) \cap A$; 12) $A \cap \bar{B} \subset A \cap (A \cup B)$; 13) $(A \oplus B) \cap B \subset A \cup B$;
 14) $(A \oplus B) \cup A \subset \bar{A} \cap \bar{B}$; 15) $(A * B)(A \oplus B) \cup A \subset \bar{A} \cap \bar{B}$; 16) $A \setminus B \subset A * B$;
 17) $(A * B) \cup (A \oplus B) \setminus \bar{A} \cap \bar{B}$; 18) $(A * B) \cap (A \oplus B) \setminus \bar{A} \cap \bar{B}$; 19) $A \oplus B \subset A \cap \bar{B}$;
 20) $((A \cup B) \setminus (\bar{A} \cup (A \oplus B))) \subset (A \oplus B)$; 21) $((A \cap B) \setminus \bar{B} \cup (A \oplus B)) \subset (A * B)$.

2. U - noravshan to'plamda A(erkak) to'plamosti berilgan bo'lsin..

$$U = \{155, 160, 170, 185, 190, 195\}, \quad M = [0, 1]$$

$$A = \{(155|0.1), (160|0.2), (170|0), (185|0.5), (190|0.4), (195|0.7)\}$$

Quyidagi α - darajani ($\alpha = A_{0.3}; \alpha = A_{0.6}$)

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } \mu_A(u_i) < \alpha, \\ 1, & \text{agar } \mu_A(u_i) < \alpha, \\ 0 \text{ yoki } 1, & \text{agar } \mu_A(u_i) = \alpha. \end{cases}$$

qoidadan foydalanib noravshan A to'plamostini ravshan to'plamostiga keltiring.

3. $X = \{1, 3, 5, 7, 9\}$ ko'rinishdagi asosiy to'plam va ekspert xulosalari bo'yicha bu munosabatning matritsasi quyidagi ko'rinishda berilgan.

		1	3	5	7	9
$M(R) =$	1	0	0	0	0	0
	3	0.3	0	0	0	0
	5	0.4	0.2	0	0	0
	7	0.6	0.8	0	0	0
		1	0.6	0.4	0	0

Bu X to'plamda R - "Ancha kichik" munosabatni aks ettiradigan graf ko'rinishda tasvirlang.

4. Quyidagi noravshan qiymatlar to'plami berilgan:

No	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
x_1	0.1	0.2	1	0.4	0.6
x_2	0.5	0.7	0.2	0.1	0.8
x_3	0.6	0.1	0.3	0.3	0.9
x_4	0.4	0.7	0.6	0.3	0
x_5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.6
x_6	0.6	0.8	0.5	0.7	0.3
x_7	0.9	1	0.3	0.5	0.7

Noravshan munosabatlarning birinchi, ikkinchi va global proyeksiyalarini aniqlang.

5. $R_1: X \times Y$ va $R_2: Y \times Z$ noravshan munosabatlar matrisa ko'rinishda berilgan:

$R_1:$

No	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
x_1	0.1	0.2	1	0.4	0.6
x_2	0.5	0.7	0	0.1	0.8
x_3	0.6	0.1	0.3	0	0.9
x_4	0.4	0.7	0.6	0.3	0
x_5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.6
x_6	0.6	0.8	0.5	0.7	0.3
x_7	0.9	1	0.3	0.5	0.7

$R_2:$

No	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
y_1	0.1	0.2	1	0.4	0.6
y_2	0.5	0.7	0	0.1	0.8
y_3	0.6	0.1	0.3	0	0.9
y_4	0.4	0.7	0.6	0.3	0
y_5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.6

"Max-min kompozitsiya" amalini qo'llab $R_1: X \times Y$ va $R_2: Y \times Z$ noravshan munosabatlardan $R_1 \circ R_2$ ni toping.

6. Bir xil xulosaga ega bo'lgan quyidagi NQlar berilgan (dalillar uchun IO' qiymati qavs ichida ko'rsatilgan) bo'lsin.

1-qoida. AGAR Davron kompyuterda dastur tuzsa (IO'=0,75) VA Davron nazariy fanlarni yoqtirmasa (IO'=0,6), U HOLDA Davron informatika ixtisosligini tanlaydi. Bu erda quyidagi belgilashlarni kiritamiz. *P1-dalil:* Davron kompyuterda dastur tuzsa (IO'=0,75); *P2-dalil:* Davron nazariy fanlarni yoqtirmasa (IO'=0,6); *C xulosa:* Davron informatika ixtisosini tanlaydi.

2-qoida: AGAR Davron aniq fanlar bilan shug'ullanishni yaxshi ko'rsa (IO'=0,5) YOKI Davron kompyuterda ishlashni yaxshi ko'rsa (IO'=0,7), U HOLDA Davron informatika ixtisosligini tanlaydi. Bu

erda quyidagi belgilashlarni kiritamiz. *P1-dalil*: Davron aniq fanlar bilan shug'ullanishni yaxshi ko'rsa ($IO'=0,5$); *P2-dalil*: Davron kompyuterda ishlashni yaxshi ko'rsa ($IO'=0,7$); *C xulosa*: Davron informatika ixtisosligini tanlaydi.

Talab qilinadi. 1 va 2 - qoidalarda *P1* va *P2*- dalillar orasida $IK(P1 \wedge P2)$ va $IK(P1 \vee P2)$ larni toping hamda 1 va 2 - qoidalarining birlashmasi uchun IO' ni quyidagi ifodasining qiymatini hisoblang:

$IO' [informatika: 1-qoida, 2-qoida] = ?$

7. Aytaylik, bir xil natijaga ega bo'lgan ikkita NQlar:

1 - qoida : AGAR a VA b U HOLDA c;

2 - qoida : AGAR e YOKI f U HOLDA c;

berilgan hamda a, b, e va f larning IO' lari:

$p(a) = 0.8$; $p(b) = 0.9$; $p(e) = 0.4$; $p(f) = 0.5$;

ma'lum bo'lsin. Shunigdek, 1-qoida $SK=0,5$ va 2-qoida esa $SK=0.6$ susayish koeffitsientlari bilan ta'minlangan bo'lsin.

Talab qilinadi.

1) 1-qoidani $SK=0,6$ va 2-qoidani $SK=0,8$ susayish koeffitsientlari bilan ta'minlab, (6.14) va (6.15) formulalarga asosan 1 va 2-qoidalarining har biri uchun *c* xulosaning IO' larini aniqlang:

$IO'[c:1-qoida] = ?$; $IO'[c:2-qoida] = ?$.

2) 1-qoidani $SK=0,6$ va 2-qoidani $SK=0,8$ susayish koeffitsientlari bilan ta'minlanib hosil qilingan 1- va 2-qoida uchun *c* xulosaning alohida aniqlangan IO' lari asosida (6.13) formuladan foydalanib 1 va 2-qoidalarining birlashmasi uchun IO' ni aniqlang:

$IO'[c:1-qoida, 2-qoida] = ?$

8. D mantiqiy xulosaga ega bo'lgan uchta qoida berilgan bo'lsin.

1-qoida: AGAR A ($IK=0.2$) VA B ($IK=0.5$) VA C ($IK=0.8$)

U HOLDA D ($U\ HOLDA=0.7$);

2-qoida: AGAR K ($IK=0.3$) VA E ($IK=0.7$) VA T ($IK=0.4$)

U HOLDA D ($U\ HOLDA=0.7$);

3-qoida: AGAR F ($IK=0.4$) VA L ($IK=0.5$) VA U ($IK=0.8$)

U HOLDA D ($U\ HOLDA=0.9$);

Keltirilgan 1-3-qoidalarni birgalikda qo'llab D mantiqiy xulosa uchun IK ni hisoblang.

9. Gipotezalarning o'xshashlik munosabatidan foydalanib quyidagi masalani yeching. 6.5-jadvalda 100 kishining umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan. Ulardan 40 kishi 80 yildan ortiq,

qolganlari esa 80 va undan kam yil yashagan va ularning orasida sportchi va spotchimaslar soni ko'rsatilgan.

6.5-jadval. Insonning umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar.

Sportga munosabati	Umr ko'rish davomiyligi > 80 yosh	Umr ko'rish davomiyligi $\leq$ 80 yosh	Jami
Spotchi	22	26	48
Spotchimas	18	34	52
Jami	40	60	100

Talab qilinadi. 6.5-jadvaldan foydalanib quyidagilarni aniqlang:

1) 100 nafar insondan 80 yildan ko'p yashaydiganlarning aprior imkoniyatlarini - $O(Uzoq\ yashagan) = ?$

2) O'xshashlik munosabatlarini:

$$O'M(Uzoq\ yashagan : spotchi) = ?$$

$$O'M(Uzoq\ yashagan : spotchimas) = ?$$

10. Gipotezalarning o'xshashlik munosabatidan foydalanib quyidagi masalani eching. 6.6-jadvalda 100 kishining umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan. Ulardan 40 kishi 80 yildan ortiq, qolganlari esa 80 va undan kam yil yashagan va ularning orasida erkaklar va ayollar soni ko'rsatilgan.

6.6-jadval. Erkak va ayolning umr ko'rish davomiyligi to'g'risidagi ma'lumotlar.

Jinsi	Umr ko'rish davomiyligi > 80 yosh	Umr ko'rish davomiyligi $\leq$ 80 yosh	Jami
Erkaklar	18	36	54
Ayollar	22	24	46
Jami	40	60	100

Talab etiladi. 6.6-jadvaldan foydalanib quyidagilarni aniqlang:

1) erkaklar uchun $O'M(Uzoq\ yashagan : Erkak) = ?$

2) ayollar uchun $O'M(Uzoq\ yashagan : Ayol) = ?$

11. Ikki omilni, ya'ni 10-masalada sportga munosabat (6.5-jadval) va 11-masalada insonning jinsi turini (6.6-jadval) hisobga olib, ularning birgalikda sodir etilishining aposterior imkoniyatlarini aniqlang.

1) 9 - masaladagi uzoq umr ko'rish uchun (80 yoshdan oshgan) hisoblanadigan $O(Uzoq\ yashagan) = ?$ aprior imkoniyatlarni va $O'M(Uzoq\ yashagan : sportchimas) = ?$ hamda 10-masaladagi $O'M(Uzoq\ yashagan : Erkak) = ?$ qiymatlarni hisobga olib, sportchimas erkakning uzoq umr ko'rishining aposterior imkoniyatlarini aniqlang:

$$O'M(Uzoq\ yashagan) = O'M(Uzoq\ yashagan : Shug'ullanmovchi) \times \\ \times O'M(Uzoq\ yashagan : Erkak) \times O(Uzoq\ yashagan) = ?$$

2) 9 - masaladagi uzoq umr ko'rish uchun (80 yoshdan oshgan) hisoblanadigan $O(Uzoq\ yashagan) = ?$ aprior imkoniyatlarni va $O'M(Uzoq\ yashagan : sportchi) = ?$ hamda 10-masaladagi $O'M(Uzoq\ yashagan : Erkak) = ?$ qiymatlarni hisobga olib, sportchimas erkakning uzoq umr ko'rishining aposterior imkoniyatlarini aniqlang:

$$O'M(Uzoq\ yashagan) = O'M(Uzoq\ yashagan : Spotchi) \times \\ \times O'M(Uzoq\ yashagan : Erkak) \times O(Uzoq\ yashagan) = ?$$

7-BOB. NEYRON TARMOQLAR

1-§. Neyron tarmoqlarning asosiy tushunchalari va elementlari

Asosiy tushunchalar. Neyron tarmoq(NT)larning o'rganish qobiliyati bo'yicha birinchi tadqiqotlar *Makkolok va Y. Pitts* tomonidan olib borilgan. Ular tomonidan 1943 yilda "Nerv faoliyatiga talluqli g'oyalarning mantiqiy mulohazalari" ilmiy ishida neyron modeli qurilgan va sun'iy NT(SNT)lari qurishning asosiy qonun-qoidalari shakllantirilgan [8, 11, 31]. 1962-yilda *F.Rozenblatt* tomonidan "*Perseptron*" NT modeli yaratildi [35]. 1970-yillarda tasvirlarning burilishi va mashtabining o'zgarishidan qat'iy nazar, murakkab obyektlarni tanib oluvchi "*Kognitron*" yaratildi [31]. 1982-yilda amerikalik biofizik *Dj. Xopfild* tomonidan *Xopfild* NTLari taklif qilindi [8, 11, 31]. Kiyev Kibernetika institutida 1970-yillardan boshlab stoxastikli NTLar ustida ilmiy-tadqiqotlar olib borildi. 1986 yilda *Dj.Hinton* va uning jamoasi tomonidan "Neyron tarmoq"lar modellari va ularni o'rganish algoritmlari" nomli maqolasi chop etildi [11].



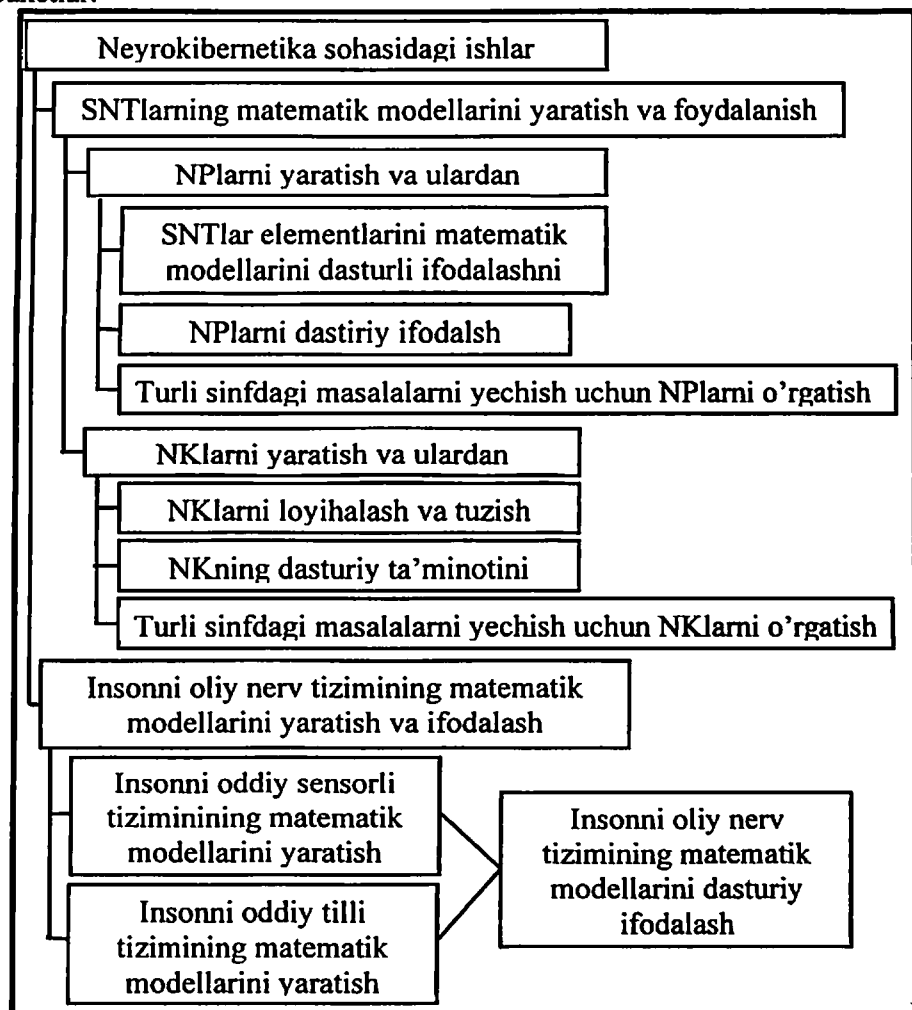
Hozirgi vaqtda Rossiyada neyrotexnologiyalar sohasida Rossiya fanlar akademiyasi qoshida *A.I.Galushkin* [8] raxbarligidagi neyrokompyuter(NK)lar markazi, Moskva davlat universitetida *A.V.Chechkin* [11] raxbarligidagi neyrotexnologiyalar ilmiy maktabi va Krasnoyarsk davlat universitetida *A.N.Gorban* [11] raxbarligidagi neyrotexnologiyalar ilmiy maktablari shakllangan.

Neyrokibernetika sohasidagi ilmiy va amaliy ishlar strukturasi 7.1-rasmda keltirilgan [2].

Ajratilgan yo'nalishlardan birinchisi sun'iy neyronlardan NTLarni qurish va qo'llash bilan bog'liq. Ularni dasturiy ifodalash uchun *neyropaket(NP)lar*, fizik ifodalash uchun esa - *neyrokompyuter (NK)lar* yaratiladi. *Neyropaket* deb - NKlar muhitini emulyatsiyalaydigan dasturlar tizimi tushuniladi.

NPlarni sinflash [2] ishda taklif qilingan bo'lib, unga asosan *NPlar* quyidagi asosiy sinflarga ajratilgan: 1) Boshqa *NPlarni* yaratish uchun *NPlar* (*NPlarni* qurish uchun asboblari); 2) Universal *NPlar*. Universallik deganda-turli strukturali va turli o'rganuvchi algoritmlar bilan SNTlarni modellashtirish imkoniyatlari tushuniladi; 3) Murakkab funksionalli va maxsuslashtirilgan vositalar uchun neyronlardan foydalanuvchi maxsuslashtirilgan NP: tasvirlarni ishlash, obyektlarni tanib olishga,

qo'lyozma va bosma simvollarini tanib olishga, nutqlarni tanib olishga, dinamikli tizimlarni boshqarish, moliyaviy tahlil va b.q.; 4) Neyronli ETlar. 5) SNTni genetik o'rganish paketlari; 6) SNTdan foydalanuvchi noravshan mantiqiy paketlar; 7) Offisdan foydalanuvchi integrallashgan paketlar.

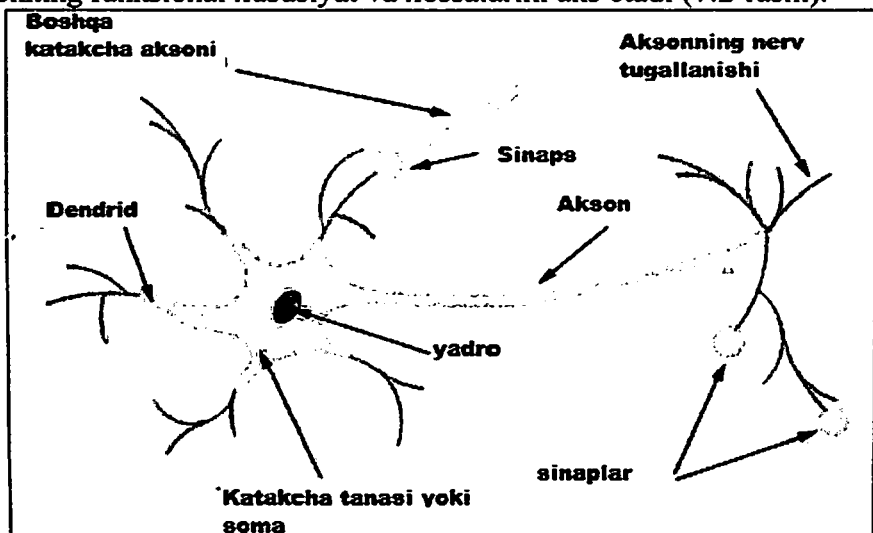


7.1-rasm. Neyrokibernetika sohasidagi ilmiy va amaliy ishlar strukturasi.

NPlarga misollar: OWL (yaratuvchi-Hyper Logic Sof.); Neuro Windows (yaratuvchi -Ward Systems Group); NNet+ (yaratuvchi - Neuro Metric Vision System); Neural Network Toolbox for Matlab

(yaratuvchi -Math Works); NeuroOffice (yaratuvchi -ЗАО «Альфа Систем»).

Neyron bosh miyaning tarkibiy birligi bo'lib, ularni o'zaro harakati axborotni qayta ishlash jarayonida elektr signallarni uzatish va ketma-ket, parallel, kuchaytirish-kamaytirish, nohiziqli qayta o'zgartirish, jamlash kabi qayta o'zgartirishlar yo'li bilan bajariladi. Inson miyasi 10^{10} - 10^{11} neyronlardan iborat. Ular orasida mavjud bo'lgan aloqalar 10^{22} gacha etishi mumkin. Shuning uchun NTLarni tasvirlash va modellash imkoniyatlari juda katta. Sun'iy neyron modeli biologik neyronning funksional xususiyat va xossalarini aks etadi (7.2-rasm).



7.2-rasm. Biologik neyron.

Neyron - elektr faollikkikka ega bo'lgan va organizmni operativ boshqaradigan tirik organizmlar nerv hujayralarining alohida turi hisoblanadi. Neyron tarkibi: soma (tan), dendritlar - kirish axborotlarni va akson - chiqish axborotlarni uzatadigan o'simalardan iborat bo'ladi. Har bir neyron faqat bir akson va bir necha dendritlardan iborat. Neyronning chiqish signali (qo'zg'alishi, impulsi) boshqa neyronga nerv birikish (sinaps)lar orqali keladi. Bu holatda qo'zg'alish signallari kuchaytirilishi yoki kamaytirilishi mumkin. Shuning uchun neyron tanasi kirishiga ikki turdagi - qo'zg'alishli va tormozlanishli signallar keladi. Neyron tanasi - bu signallarni algebraik jamlab, shu jamlangan signal ustida nohiziqli qayta o'zgartirish amalini bajaradi. Jamlangan signal qiymati qandaydir chegarali qiymatidan oshgan holatda neyron qo'zg'aladi va chiqish signalni boshqa neyronlarga yuboradi.

NT hisoblashlarning matematik asosi - har qanday ko'p o'zgaruvchilardan bog'liq bo'lgan nochiziqli funktsiyani oldindan belgilangan aniqligi bilan chiziqli amal va ketma-ket ulangan bir o'zgaruvchidan bog'liq bo'lgan nochiziqli funktsiyalar yordamida apksimatsiyalash (ifodalash) qoidasi bo'ladi.

NTli hisoblashlarning asosiy *xususiyatlari*: a) *konnektsionistlik* - axborotni va qayta ishlash algoritmlarni eslash sifatida neyronlar orasidagi o'lgangan bog'lanishlardan foydalanish; b) *o'rgatish* - masalalarni berilgan sinfiga NTlarni sozlash jarayonida "dasturlash" funktsiyani bajarish. Mazkur xususiyatlar NTlarni universallik, ommaviy parallellik va golografiklik (tuzilmaning qisman buzilishida ishlash jarayonini saqlash) xossalar bilan ta'minlaydi.

NT hisoblashlarning *afzalligi* quydagi holatlarda ko'rinadi:

- masalalarni matematik usullar yordamida formallashtirish mumkin bo'lganda;

- mavjud formallashtiriladigan masalani yechish uchun matematik apparati mavjud bo'lganda;

- formallashtiriladigan masalani yechishning matematik apparati juda katta resurs(vaqt, texnika, energiya va boshqa)larni talab qilganda.

NT - ma'lumotlar oqimini tahlil qilib, undagi qonuniyatlarini o'rganib, o'z ishini takomillashtirish xususiyatiga ega bo'lgan algoritmlar to'plamining umumiy nomlanishi.

NTli texnologiya quyidagi ikki *xususiyatdan* iborat:

- ta'lim olish xususiyati, ya'ni aniq misollar orqali bilimni oshirish;

- yangi vaziyatlarni tushunib olish yoki bashoratlash xususiyati.

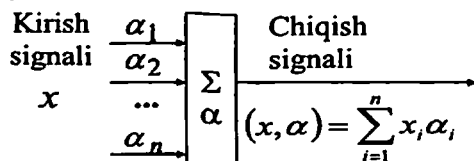
NT texnologiyasini *qo'llash quyidagi bosqichlarga* binoan bajariladi:

1. *Muammoni aniq ta'riflash.* Bu yerda biz olishimiz zarur bo'lgan natijani aniq tasavvur qilishimiz shart. Masalan, obligatsilardan olinadigan foydani grafigi: investitsion loyihani maqbulli ko'rsatkichi.

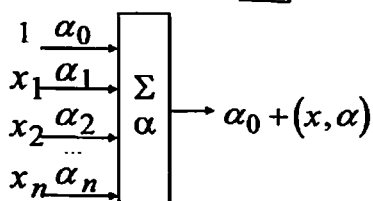
2. *Boshlang'ich ma'lumotlarni aniqlash va tayyorlash.* Bu yerda jarayonni tasvirlovchi zaruriy aniq va to'liq ma'lumotlarni to'plash ko'zda tutiladi. Shu bois ushbu bosqichda o'rganiladigan muammo sohasi bo'yicha mutaxassis jalb qilinishi shart.

3. *Tizimga ma'lumotlarni kiritish, testdan o'tkazish.* Ushbu bosqichdan asosiy maqsad - asosiy vaziyatlarni tashkillashtirish va ma'lumotlarni ushbu vaziyatlar bo'yicha taqsimlash.

Neyron tarmoqlarning elementlari. Neyroinformatikada algoritmlar va qurilmalarni tavsiflash uchun maxsus "sxemotexnikalar" shakllantirilgan bo'lib, ulardagi elementar qurilmalar: summatorlar, sinapslar, neyronlar va boshqalar masalalarni yechish uchun tarmoqlarda birlashgan bo'ladi. Neyrotizimlarning eng muhim elementlaridan biri - bu *adaptivli (moslashuvchan) summator* hisoblanadi. Adaptivli summator x kirish signalini vektorini α parametrlar vektoriga skalyar ko'paytmasini hisoblaydi (7.3-rasm). Uni adaptiv deb atashining boisi - unda α parametrlarga moslashuvchi bektorning mavjudligidir. Ko'pchilik masalalarda chiqish signallarining chiziqli birjinslimas funksiyalariga ega bo'lish foydali hisoblanadi. Uni hisoblashni ham 0-li kirishda doimiy bitta signaldan olinadigan $(n+1)$ kirishdan iborat adaptivli summator yordamida tasvirlash mumkin (7.4-rasm).

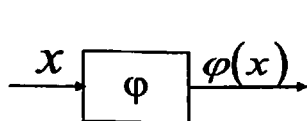


7.3.-rasm. Adaptivli summator.

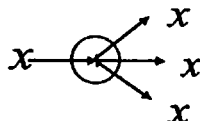


7.4-rasm. Birjinslimas adaptivli summator.

Signalni chiziqsiz o'zgartirtkich 7.5-rasmida tasvirlangan. U skalyarli x kirish signalini oladi va uni $\varphi(x)$ fumksiyaga aylantiradi.

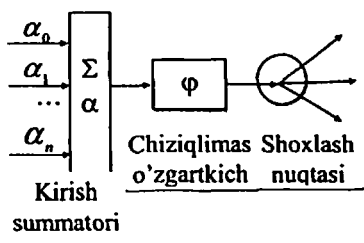


7.5-rasm. Signalni chiziqlimas o'zgartkich.



7.6-rasm. Shoxlash nuqtasi.

Shoxlash nuqtasi bitta signalni bir nechta manzillarga tarqatish uchun xizmat qiladi (7.6-rasm). U skalyarli x kirish signalni oladi va uni o'zining barcha chiqishlariga uzatadi. Standartli formal neyron kirish summatori, chiziqsiz o'zgartkich va chiqishdagi shoxlash nuqtalaridan iborat bo'ladi (7.7-rasm).



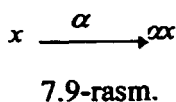
7.7-rasm. Formal neyron.

7.8-rasm. Neyronga misol.

7.8-rasmda quyidagi belgilashlardan foydalanilgan:

x - neyronning kirish signallar vektori; α - neyronning sinaptikli vaznlari vektori; Σ - neyronning kirish sigallari summatori; $p = (\alpha, x)$ - kiruvchi summatorning chiquvchi signali; σ - funksional o'zgartkich; y - neyronning chiquvchi signali.

Chiziqli aloqa-sinaps-summatoridan alohida uchramaydi, lekin ba'zi bir fikrlashlarda bu elementni alohida ajratish qulay hisoblanadi (7.9-rasm). Agar sinapsning kirish signalini x , sinaptikli vaznini esa α yordamida belgilasak, u holda sinapsning chiquvchi signali αx ga teng bo'ladi. Aloqalarni faqat kirish signallari summatoriga emas, balki shoxlash nuqtasiga ham ulash foydalali bo'lishi mumkin. --



Natijada adptivli summatorga ikkiyoqlama va "chiqishli yulduz" deb nomlanuvchi elementni hosil qilamiz. Uning chiqish aloqalari signalni o'zining vazniga ko'paytirishdan hosil bo'ladi.

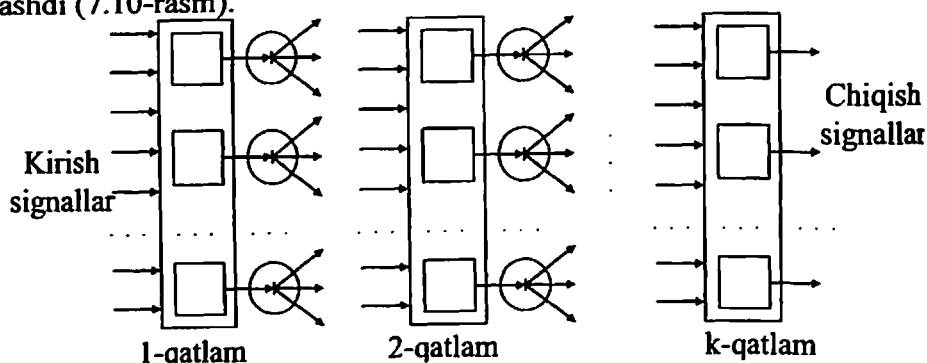
Demak, NTlarni hosil qilidigan asosiy elementlarga tavsif berildi.

2-§. Neyron tarmoqlar arxitekturasini

Endi NTlarni qanday qilib qurish masalasini qaraymiz. NTlarni qurish uchun bir qancha standart arxitekturalardan foydalaniladi va ulardan ortiqchasini olib tashlash yoki ulatga qo'shish yo'li bilan ko'plab foydalaniladigan tarmoqlar quriladi.

NTlar to'plamida ikkita bazaviy arxitekturalarni ajratish mumkin: *qatlamli va tolabog'langan* tarmoqlar.

Qatlamli tarmoqlar. Bu holda neyronlar bir nechta qatlamlarda joylashdi (7.10-rasm).



7.10-rasm. Qatlamli tarmoqlar.

Birinchi qatlamdagi neyronlar kirish signallarini qabul qiladi, ularni almashtiradi va shoxlash nuqtalari yordamida ikkinchi qatlam neyronlariga uzatadi. Undan keyin ikkinchi qatlam almashtirilgan signallarni qabul qiladi va shoxlash nuqtalari yordamida uchinchi qatlam neyronlariga uzatadi va h.k. k-qatlamgacha davom ettiriladi. Natijada k-qatlamda izohlovchiga va foydalanuvchiga chiqish signallari beriladi. Agar teskarisi oldindan kelishib olinmagan bo'lsa, u holda har bir i -qatlamning chiquvchi signali barcha $(i+1)$ -neyronlarning kirishiga uzatiladi. Neyronlar soni har bir qatlamda ixtiyoriy bo'lishi mumkin va boshqa qatlamdagi neyronlar soni bilan oldindan hech qanday bo'g'liq emas. *Kirish signallarini uzatishning standart uslubu*-bu birinchi qatlamdagi barcha neyronlarning kirish signallarini qabul qilishi hisoblanadi. Bunda har bir qatlam o'z nomiga ega: *birinchisi-kiruvchi, ikkinchisi yashirin, uchinchisi-chiquvchi* qatlamlardan iborat bo'ladi.

To'labog'langan tarmoqlar. Har bir neyron o'zi bilan birgalikda chiquvchi signallarini qolgan neyronlarga uzatadi. *Tarmoqlarning chiquvchi signallari* - barcha signallar yoki tarmoqlarning bir nechta taktlarining ishlashi natijasida hosil bo'lgan ba'zi bir chiquvchi signallardan iborat bo'lishi mumkin. Bunda barcha kirish signallari barcha neyronlarga uzatiladi.

To'labo'g'langan tarmoqlar uchun neyronning kirish summatori ikkiga tarqaladi: *birinchisi* - tarmoqlarning kirish signallarining chiziqli funksiyasini hisoblaydi, *ikkinchisi* esa - oldingi qadamda olingan boshqa neyronlarning chiquvchi signallarining chiziqli funksiyasini hisoblaydi.

Summatorning chiquvchi signalini almashtiruvchi ϕ -chiziqlimas o'zgartkichning neyronlarni faollashtiruvchi funksiyasi (xarakteristikali

funksiyasi) tarmoqlarning barcha neyronlari uchun bir xil bo'lishi mumkin (7.7-rasmga qarang). Bu holda tarmoq *birjinsli* deyiladi. Agarda φ - chiziqlimas o'zgartkich qiymatlari neyrondan neyronga o'tganda o'zgaradigan yana bitta yoki bir nechta parametrlardan bog'liq bo'lsa, u holda bunday tarmoq *birjinslimas* tarmoq deb ataladi.

To'labog'langan va qatlamli tarmoqlar o'rtasidagi muhim farq mavjud boladi, qachonki taktlar sonining ishlashi oldindan chegaralanmagan bo'lsa. *Qatlamli tarmoqda* taktlar sonining ishlashi oldindan chegaralangan, *to'labog'langan tarmoqda* esa - chegaralanmagan bo'ladi. Shuning uchun qatlamli tarmoq to'labog'langan tarmoqning xususiy xoli hisoblanadi.

3-§. Neyron tarmoqlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning umumiy sxemasi va uslubi jihatlarlari

NTlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning umumiy sxemasi.
NTlarni obyekt(timsol)larni tanib olishga o'rgatish uchun obyektlardan iborat *o'rgatuvchi tanlov (O'T)* zarur bo'ladi. Har bir obyekt kiruvchi parametrlar tasvirlanadi va oldindan ma'lum bo'lgan javoblar bilan beriladi. Masalan, tibbiy tashxislash masalasida kiruvchi parametrlar sifatida bemorning tibbiy xususiyatlaridan foydalanilsa, oldindan ma'lum bo'lgan javob sifatida unga qoyiladigan *diagnoz* hisoblanadi.

NTlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning umumiy sxemasini qaraymiz.

1. O'Tdan joriy (boshida birinchi) obyekt olinadi va uning kiruvchi parametrlari o'rgatuvchi NTlarning kiruvchi sinapslariga uzatiladi. Odatda obyektning har bir kiruvchi parametri unga mos kiruvchi sinapsga uzatiladi.

2. NT berilgan sondagi taktlarning bajarilishini amalga oshiradi va kiruvchi signallarning vektori neyronlar o'rtasidagi bog'lanishlar bo'yicha tarqaladi.

3. Neyronlar yordamida hosil qilingan chiquvchi signallar o'lchanadi.

4. Hosil qilingan signallarni izohlash amalga oshiriladi va tarmoq yordamida obyektida mavjud bo'lgan javobning talab etilayotgan javob bilan farqli tomonlarini xarakterlaydigan baho hisoblanadi. Bu baho mos funksiyalar baholari yordamida hisoblanadi. Baho qancha kichik bo'lsa, u holda tarmoq yordamida olingan javob talab qilingan javobga

shuncha yaqin bo'ladi. Agar baho nolga teng bo'lsa, u holda oldindan ma'lum bo'lgan javobga erishildi deb hisoblanadi.

5. Agar obyekt bahosi nolga teng bo'lsa, u holda hech qanday ish amalga oshirilmaydi. Aks holda baholar asosida aloqalar matritsasining har bir sinaptikli vazni uchun tuzatish koeffitsiyentlari hisoblanadi, undan keyin esa sinaptikl vaznlarni moslashtirish amalga oshiriladi (teskari ishlash amalga oshiriladi). Tarmoqlarning vaznlarini bunday to'g'rilash esa-tarmoqlarni obyekttni tanib olishga o'rgatish deb ataladi.

6. Navbatdagi obyekt olinadi va yoridagi qadamlardagi amallar takrorlanadi. O'rgatuvchu tanlovning birinchi obyektidan oxirgi obyektigacha barcha obyektlarni tekshirish tarmoqni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning bitta sikli deb ataladi.

Siklning bajarilishida har bir obyekt o'zining bahosiga ega bo'ladi. Bundan tashqari O'Tdagi barcha obyektlar to'plamining yig'indi bahosi hisoblanadi. Agarda siklning bir nechta qadamidan keyin obyektlar to'plamining yig'indi bahosi nolga teng bo'lsa, u holda tarmoq yordamida o'rgatish jarayoni to'xtaydi, aks holda sikllar takrorlanadi.

To'liq o'rgatishga erishish uchun o'rgatish sikllarining soni ko'plab faktorlarga bog'liq bo'ladi. Bu faktorlarga O'Tning hajmi, kiruvchi parametrlarning soni, obyektning ko'rinishi, NTlar turi va parametrlari hamda tarmoqlar nomlanganda ushbu tarmoqlarda vaznlarning tavakkal joylashishi kiradi.

NTlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning uslubiy jihatlari.
Ba'zi hollarda shunday holatlar uchraydiki, bunda tarmoq obyekttni tanib olishga o'rgata olmaydi. Bu shunday holatda ro'y beradiki, qachonki o'rgatishning qandaydir pog'onasida o'rgatuvchi parametrlar va natijalar o'rtasidagi qonuniylikni bundan keyin izlash imkoniyatlari mumkin bo'lmay qoladi. Masalan, oddiy holatda tarmoqqa bir hil parametrlarga ega bo'lgan turli sinflarga tegishli ikkita obyekt yoki turli javov qiymatiga ega bo'lgan ikkita obyekt berilishi mumkin. Korinib turibdiki, bu holda ikkita obyekt fazoning bitta nuqtasiga tushadi, shuning uchun ularni bir-biridan ajratish mumkin bo'lmaydi va o'rgatish jarayoni to'xtaydi. NTlarni boshqaruvchi dastur o'rgatish jarayonining to'xtaganligi haqida signal beradi va bundan keyin o'rgatish jarayoni mumkin emasligini ko'rsatadi. Bu holatda NTlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatuvchi mutaxassisning vazifasi bunday holatlarning oldini olishdan iborat, ya'ni bunday holat ro'y bermasligi

uchun u masalani qat'iy qo'yishi va O'Tni sinchkovlik bilan nazorat qilishi talab etiladi.

NTlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishda yana bir muhim jihatni e'tiborga olish zarur. O'rgatish yutug'i umuman ko'p hollarda tarmoqlardagi neyronlar soniga yoki aniqrog'i tarmoqlar soniga bog'liq. Chunonchi, tarmoqlardagi "tajriba" tarmoqlarning vaznli koeffitsiyentlarida saqlanadi. Nazariy jihatdan neyronlar va tarmoqlar sonini cheksiz ko'paytirish natijasida hammavaqt berilgan O'Tda NTlarni to'liq o'rgatishga erishish mumkin. Bu holda eng muhim masala o'rgatuvchi NTlarning nafaqat O'Tdagi obyektlarni, balkim O'Tga kirmagan yangi obyektlarni ham yaxshi tanib olishi eng muhim masala hisoblanadi.

4-§. Neyron tarmoqlar yordamida yechiladigan asosiy masalalar

NTlar - TTO, ma'lumotlarni ishlash, timsollardagi ma'lumotlarni to'ldirish, assosiativli qidiruv, sinflash, optimallashtirish, bashoratlash, tashxis qo'yish, signallarni ishlash, jarayonlarni boshqarish, ma'lumotlarni segmentlash, ma'lumotlarni siqish, murakkab jarayonlarni boshqarish, mashinali ko'rish, nutqlarni tanish kabi sohalarga qo'llanilmoqda.

Quyida keltiriladigan predmet sohalarining har birida NTlar uchun masalaning qo'yilishini aniqlashtirish mumkin. Hozirgi kunda bunday masalalarni yechishning muvaffaqiyatli amaliy tadbqiqiy sohalarini birma-bar qarab chiqamiz.

Iqtisod va biznes. Bozorlar va banklarning sinishini oldindan aytish, avtomatik diling, kreditlarni qaytarmaslikning oqibatini baholash, ko'chmas mulk narxini baholash, avtomatik reytinglash, buyum va pulli oqimlarni optimallashtirish, chek va shakllarni hisoblashni avtomatlashtirish kabi masalalarni yechishda qo'llaniladi. Misol: yirik savdo shaxobchalarida ma'lumotlarning katta oqimimini tahlil qiluvchi NTli vosita (<http://www.retek.com>).

Tibbiyot. Bu sohada tibbiy tasvirlarni ishlash, bemorlarning holatini monitoring qilish, tashxis qo'yish, davolashni samaradorligini faktotli tahlil qilish, davolashni nazorat qilish, tibbiy asboblar shovqin(xatolik)lari ko'rsatkichlarini tozalash kabi masalalar yechiladi. Misol: ko'z qatlami tomirlaridagi melonomlarni oldindan tashhislash tizimi (<http://www.chat.ru/neurocon>).

Avionika. Bu sohada o'qitilgan avtopilotlar, radar signallarini tanib olishda, kuchli zarar ko'rgan samolyotni adaptiv boshqaruvi, uchuvchisiz uchish apparatlari - dronlarni boshqarish. Misol: Samolyotning qanday shikastlanish turidan qat'iy nazar real vaqt rejimida uchishni avtomatik rejimga o'tkazish.

Aloqa. Bu sohada bideoaxborotlarni siqish, tezkor kodlash-dekodlash, sotkali tarmoqlarni va paketlarni marshrutlash sxemalarini optimallashtirish kabi masalalar yechiladi. Misol: ranglarni 240:1 darajada qisish orqali kodlashtirishning maxsus sxemasi (<http://www.ee.duke.edu/cec/JPL/paper.html>).

Internet. Bu sohada axborotlarni assotsiativ qidiruv, elektron kotibalar va tarmoqlardan foydalanuvchi agentlar, tizimlarda axborotlarni filtrlash, manzilli reklama, elektron savdo uchun manzilli marketing kabi masalalar yechiladi. Misol: alohida neyroagentlar ko'rinishidagi foydalanuvchilarning kasbiga qiziqishlarini va foydalanishlarini ta'minlovchi AGENTWARE tizimi (neyrokotibalar) (<http://www.agentware.com>).

Siyosiy texnologiyalar. Bu sohada sotsiologik so'rovlarni tahlil qilish va umumlashtirish, reytinglarni tashhislashni oldindan aytish, muhim faktorlarni ajratib olish, aholining sotsial dinamikasini vizuallashtirish kabi masalalar yechiladi.

Xavfsizlik va qo'riqlash tizimlari. Ushbu sohada shaxsni anglab olish, shaxs ovozi va yuzini tanib olish, avtomobillarning tartib raqamini tanib olish, aerokosmik rasmlarni tahlil qilish, axborot oqimlarni monitoring qilish, yasama(imzo, rasm, so'z, chek va h.k.)larni aniqlash kabi masalalar yechiladi. Misol: yasama cheklarni aniqlash tizimi (Tearing up the Rules, Banking Technology, noyabr 1993).

Axborotlarni kiritish va ishlash. Ushbu sohada qo'lyozma cheklarni ishlash, imzolarni, barmoq izlarini va ovozlarni aniqlash, kompyuterga iqtisodiy va soliq xujjatlarini kiritish kabi masalalar yechiladi. Misol: to'lov xujjatlarini va soliq deklaratsiyalarini avtomatik kiritish va anglab olish uchun Flex Read seriyali paketlar.

Ishlab-chiqarishni avtomatlashtirish. Ishlab-chiqarish jarayonlarining holatini optimallashtirish, mahsulot sifatini nazorat qilish, ko'p o'lchovli dispetcherli ma'lumotlarni monitoringlash va vizuallashtirish, favqulodda vaziyatlar haqida xabar berish.

Robototexnikada: robot oldindagi ko'rish maydonini, obyektlarni va

to'siqlarni tanib olishgai, harakat yo'lini qurish; manipulyatorni nazorat qilish, muvozanatni saqlash.

Geologik o'rganish(razvedka)da: seysmik ma'lumotlarni tahlil qilish, foydali qazilmalarni qidirishning assotsiativ uslublari, qazilma boylik manbalarini baholash.

NTlarning yuqorida keltirilgan sohalarida qo'llanilishining to'liq tavsiflari [7, 8, 11, 26, 27, 29, 31, 35, 36] ishlarda to'liq keltirilgan. Haqiqatan ham NTlar - ma'lumotlarga ishlov berish va tahlil qilishning turli xil masalalarini yechish uchun kuchli va moslashuvchan vositalar majmuidir. Bunga quyidagilar kiradi:

1) *Sinflash.* Bunday masalalarda obyektning belgilar vektori $X_n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ beriladi. Bular asosida har bir obyektни o'zaro kesishmaydigan $C_1, C_2, \dots, C_m (C_i \cap C_j = \emptyset, i \neq j, i, j = \overline{1, m})$ sinflardan biriga, ya'ni C_i sinfga kiritish kerak. Masalan, uchadigan obyektlarning belgilari qanotlar, dvigatel, patlar va h.k. bo'lishi mumkin. Bunday obyektlarning sinflari: Samolyot, Qush, Raketa va h.k. kabilar bo'lishi mumkin. Belgilarning majmuisi kirish vektorini, sinflar majmuisi esa - chiqish vektorini tashkil qiladi. Mazkur masalani yechish uchun n ta kirish va m ta chiqish neyronlardan iborat bo'lgan perseptron turdagi NT quriladi. Aniq belgilar vektori kirishga berilganda NTning chiqish qatlamida eng yuqori darajadagi faol neyron tanlanadi. Bu neyron beriladigan belgilarga muvofiq bo'lgan sinfni belgilaydi. Masala to'g'ri yechilishi uchun NTni o'rgatish kerak. O'rgatish jarayoni(O'J)da tadqiq qilinayotgan obyektlarning o'zgaruvchan bog'lanishli koeffitsiyentlarining qiymatlari belgilar va sinflarning aniq qiymatlariga munosib etib moslanadi.

2) *Klasterlash.* Bu masalalarda belgilar majmuisi asosida obyektlar alohida klaster(sinf)larga ajratiladi. Bitta sinfga kiradigan obyektlar belgilar majmuisi bo'yicha bir-biriga yaqin bo'lishi kerak. Turli sinflarga kiradigan obyektlar esa belgilar majmuisi bo'yicha bir-biridan uzoq bo'lishi kerak. Bunday masalani yechish uchun dastlabki belgilar majmuasida qatnashadigan belgilar soniga teng bo'lgan kirish va sinflar soniga teng bo'lgan chiqish neyronlardan iborat bo'lgan NT quriladi. Bunday NTning vaznli koeffitsiyent qiymatlari o'rgatish jarayonda topiladi.

3) *Approksimatsiyalash.* Bunday masalada izlangan $F(x)$ funksiyaga to'g'ri keladigan va $d[F(x), F^*(x)] < \varepsilon$ qanoatlantiradigan approksimatsiyalovchi $F^*(x)$ funksiyasi tanlab

olinadi. Bu yerda ε - funksiyalar o'rtasidagi masofa uchun berilgan kichik qiymat (porog). Umumiy holda $F(x)$ funksiyaning ko'rinishi noma'lum bo'ladi. U $x_1 \rightarrow y_1, x_2 \rightarrow y_2, \dots, x_n \rightarrow y_n$ turdagi "kirish - chiqish" qiymatlar juftligi bilan beriladi. Bu yerda x_i - kirish o'zgaruvchilar qiymatlari, y_i esa chiqishdagi funksiyalar qiymatlari. An'anaviy matematik usullardan foydalanib, avval kerakli approksimatsiyalash modeli ($F^*(x)$ funksiyaning ko'rinishi) tanlab olinadi. Keyin tanlab olingan mezonlar bo'yicha $F^*(x)$ funksiyaning koeffitsiyentlari topiladi. NTlar universal approksimatorlar bo'lib, approksimatsiyalovchi $F^*(x)$ funksiyani tanlab olishni talab qilmaydi. Bu yerda NTni o'rgatish uchun faqat qayd qilingan $\{x_i \rightarrow y_i\}$ juftlar qaraladi. Bu masala obyektlarni identifikatsiyalashda, ularning aniq matematik

modellarini qurish murakkab bo'lgan holatlarda keng qo'llaniladi.

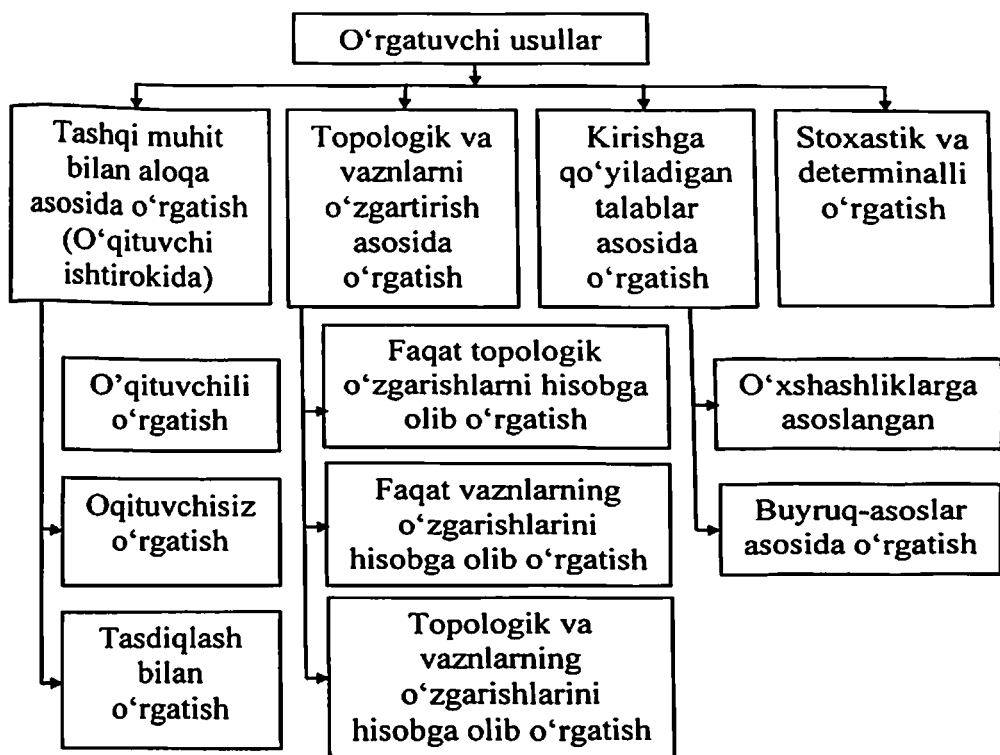
4) *Avtoassotsiatsiyalash*. Bu masala assotsiativli xotira modellarini qurish masalasi bilan bog'liq. Assotsiativ xotirali neyron modelida neyron guruhlar orqali tegishli obyektlarning ba'zi qismlarini xotiraga olinishi ta'minlanadi. Bunday NTning kirishiga obyektning qismi berilganda uning chiqishida butun obyektning tavsiflaydigan neyronlarning barchasi faollashtiriladi.

Shuni qayd qilish kerakki, bir qatlamli NTlar faqat sodda masalalarni yechish qobiliyatiga ega. Murakkab masalalarni yechish uchun turli tipdagi ko'p qatlamli NTlar ishlatiladi.

5-§. Neyron tarmoqlarni o'rgatish usullari

O'Jda NT ning bog'lanishli vazn koeffitsiyenti, chegara va tuzilma kabi qiymatlari to'g'rilanadi. Shu holatda mazkur parametrlarning boshlang'ich qiymatlari odatda tasodifiy ravishda beriladi.

NTning o'rgatish usullari tasnifi 7.11-rasmda keltirilgan ko'rinishda ifodalanadi.



7.11-rasm. NTning o'rgatish usullari tasnifi.

Tasnifning eng asosiy ko'rsatkichlaridan biri-bu tashqi muhit bilan o'zaro aloqaning mavjudligi. O'rgatish (o'qitish) jarayonida tashqi muhitdan keladigan axborotning miqdori va sifati (semantikasi, ma'nosi)ga ko'ra o'qituvchili (supervised learning), o'qituvchisiz (unsupervised learning) va tasdiqlash (reinforcement learning)ni o'rgatadigan usul (algoritm)larga ajratiladi.

O'qituvchili usulda oldindan barcha o'rgatish juftlaridan iborat bo'lgan o'rgatish to'plami shakllanadi. O'rgatish jufti X kirish va unga muvofiq bo'lgan Y chiqish vektorlar qiymatlari bilan ifodalanadi. Bu holatda har bir x_i kirish vektorining i - komponentasi i - kirish neyronga keladigan signalga muvofiq bo'ladi. Shunga o'xshash har bir y_j chiqish vektorining j - komponentasi j - chiqish neyronida paydo bo'ladigan signalga muvofiq bo'ladi.

O'Jda chiqish vektorlarining qiymati berilgan kirish vektorlarining qiymatlariga muvofiq oldindan berilgan chiqish qiymatlarining

og'ishlarini hisobga olib topiladi. Bu og'ishlarning qiymatiga muvofiq NTning parametrlari mazkur og'ishlar qiymatlarini minimum(berilgan)ga keltirish bilan to'g'irlanadi. O'qituvchili o'rgatish algoritmlarining orasida eng keng tarqalgani xatoliklarni (to'liqlarni) teskari tarqatish algoritmi (error backpropagation) hisoblanadi.

O'qituvchisiz usullarda o'rgatish to'plami faqat kirish vektorlari majmaisini o'z ichiga oladi. Bu holatda qo'llaniladigan raqobatli o'rgatish algoritmi (competitive learning) klasterlash masalalarini yechish uchun NTning parametrlarini to'g'rilaydi. O'rgatish jarayonida tegishli klasterga kiradigan kirish komponenta(neyron)lari va bu klasterni tavsiflaydigan chiqish neyronlari orasidagi bog'lanishli vaznlarning qiymatlari maksimal darajada ko'paytiriladi. Shuningdek, chiqish neyronining faol bo'lmagan kirish neyronlari bilan bog'lanishli vaznlar qiymatlari kamaytiriladi.

Tasdiqlash bilan o'rgatish usullari yuqorida keltirilgan ikkita usulning o'rtasida turadi. Bu usulning asosiy tamoyili tashqi muhitdan (o'qituvchidan) keladigan "Tasdiqlash - rad qilish" yoki "Rag'batlantirish - jazolash" (reward/penalty) signalining mavjudligi bo'ladi. Bunday O'Jda navbatdagi kirish vektori berilganda NTning harakati qoniqarli bo'lsa, u holda tasdiqlash («+1») signal, aks holda - rad qilish («0» yoki «-1») signal orqali bajariladi. Bu holatda tarmoqda tasdiqlash signallarini olish tezligini oshirishni ta'minlash maqsadida vazn koeffitsiyentining qiymatlarini tegishli ravishda o'zgartiradi. Bu vazn koeffitsiyentining qiymati maqbul darajasiga yetmaguncha O'J davom etadi.

Tuzilmali o'rgatish usullari endi rivojlana boshladi. Ular murakkab masalalarni yechish uchun mo'ljallangan NTni qurishga imkoniyat beradi.

Kirishlarga quyiladigan talablar bo'yicha o'xshashliklarga va yagona buyruqqa asoslangan o'rgatish usullariga ajratiladi. Bu holatda tadqiq qilinadigan obyektlarni tavsiflaydigan etalon to'plam shakllanadi. Berilgan etalonga muvofiq NT parametrlari shunday qilib tanlanadiki, kirish belgilarining tegishli qiymatlarida faqat mazkur belgilarga ega bo'lgan chiqish neyronlari faollashishi kerak.

Stoxastik o'rgatish usullari ehtimolli qoidalarga, determinalli usullar esa - aniq qoidalarga asoslanadi.

6-§. Neyron tarmoqlar tavsifi

6.1. Neyron tarmoqlarning turlari

Hozirgi kunda NTlarning juda ko'p xilma-xilliklari mavjud. Ularni tarmoq tuzilishi, neyron modelining xususiyatlari, o'qitish xususiyatlariga ko'ra ajratishadi. Tuzilishiga ko'ra NTlarni to'liqsiz bog'lanishli (yoki qatlamli) va to'liq bog'lanishli, tasodifiy va regulyar (qat'iy) bog'lanishli, simmetrik va nosimmetrik bog'lanishli kabi turlarga ajratish mumkin.

To'liqsiz bog'lanishli NTlar to'liqsiz bog'langan yo'naltirilgan graflar bilan tavsiflanadi. Bunday NTlarning keng tarqalgan turi *perseptronlar* hisoblanadi. Ular bir qatlamli (oddiy perseptronlar) va ko'p qatlamli, to'g'ri, kesishuvchi va teskari bog'lanishli turlarga bo'linadi. *To'g'ri bog'lanishli* NTlarda j -qatlam neyronlari kirishlarda faqat i -qatlamdagi neyronlar, ya'ni quyi qatlamdagi neyronlar bilan bog'lanishi mumkin (bu yerda $j > i$). *Kesishuvchi bog'lanishli* NTlarda bir qatlam ichida bog'lanishga ruxsat beriladi, ya'ni yuqorida keltirilgan tengsizlik $j \geq i$ ga almashadi. *Teskari bog'lanishli* NTlarda $j < i$ bo'lganda j -qatlamning kirishlarda i -qatlam bilan aloqasi ham ishlatiladi. Bundan tashqari bog'lanish shakliga qarab perseptronlar *regulyar* va *tasodifiy* bog'lanishli turlarga ajratiladi.

Kirish va chiqishlarda ishlatiladigan signallarga qarab NTlar *analog* va *binar* turlarga bo'linadi.

Vaqtini modellashtirish bo'yicha NTlar *uzluksiz* va *diskret* vaqtli tarmoqlarga bo'linadi. Dasturiy foydalanish uchun diskret vaqtli turi ishlatiladi.

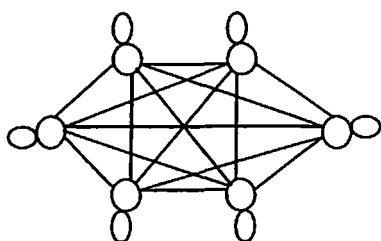
Kirishlarda axborotni uzatish usuliga ko'ra NTlar kirish va chiqish neyronlariga, kirish neyronlarining kuchiga qarab signallarni uzatuvchi turlarga bo'linadi.

Chiqishlarda axborotni uzatish usuliga ko'ra NTlar chiqish neyronlariga qarab va chiqish neyronlari kuchiga qarab signallarni qabul qiluvchi turlarga ajraladi.

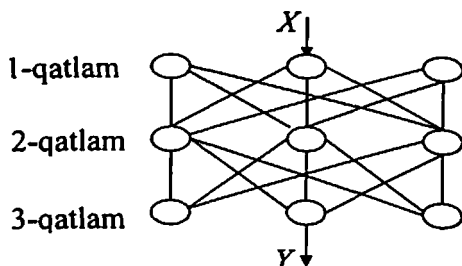
O'qitish usuliga ko'ra NTlar kirishlar bo'yicha va chiqishlar bo'yicha o'qitish turlarga bo'linadi. Kirishlar bo'yicha o'qitishda o'qituvchi misol faqat kiruvchi signallar vektoridan iborat bo'ladi, chiqishlar bo'yicha o'qitishda unga kiruvchi vektorga mos keladigan chiquvchi signallar vektori ham kiradi.

NTlarning *arxitekturasi* va *turlari* neyronlarning tarmoqdagi bog'lanish tartibi bilan belgilanadi.

NTlarini ikki asosiy: to'liq bog'langan va iyerarxikli turlariga ajratadi (7.12-rasm). *To'liq bog'langan NT* - bu har bir neyronning chiqishi barcha boshqa neyronlar kirishlari bilan, uning kirishlari esa qolgan neyronlar chiqishlari bilan bog'langan tarmoq. Bundan tashqari har bir neyronning chiqishi uning kirishiga ulangan bo'ladi ("o'z - o'ziga bog'lanish") (7.12, *a*- rasm). N neyronlardan iborat bo'lgan to'liq bog'langan NTda bog'lanish soni $N * N$ teng.



a) To'liq bog'langan NT.

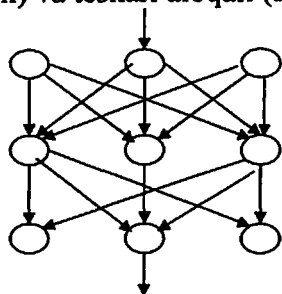


b) Iyerarxikli NT.

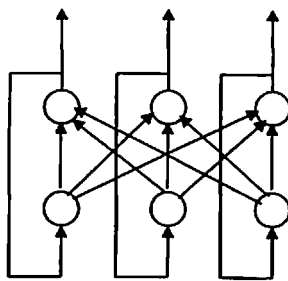
7.12-rasm. NTlar turlari.

Iyerarxikli NT - bu neyron guruhlarining tegishli alohida qatlam va darajalarda joylashgan tarmog'i. Bunday NTda tegishli qatlamning har bir neyroni oldingi va keyingi qatlamlarning har bir neyronlari bilan bog'langan bo'ladi (7.12, *b* -rasm). Uning kirish va chiqish qatlamlari tashqi muhit bilan ham bog'langan.

Bog'lanish yo'nalishlari bo'yicha teskari aloqasiz (feed - forward) (7.13-rasm) va teskari aloqali (feed-back) (7.14-rasm) NTlar ajratiladi.

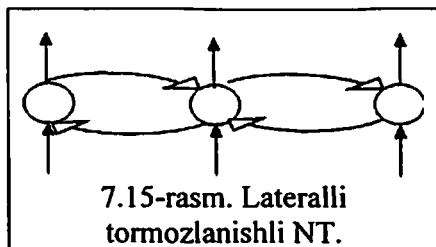


7.13 - rasm. Teskari aloqasiz NT.



7.14 - rasm. Teskari aloqali NT.

Agar teskari aloqali NTda o'zining bir qatlamdagi neyronlar o'rtasida tormozlaydigan (manfiy bog'lanishli vaznlar bilan) aloqalari bo'lsa, u holda bunday tarmoqni lateral yoki lateralli tormozlanishli NT deb ataydi (7.15-rasm).



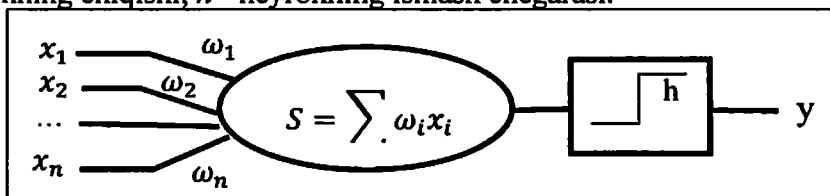
7.15-rasm. Lateralli tormozlanishli NT.

Bir qatlamli NT - bu sodda, iyerarxik, norekurrent turdagi tarmoq. Bunday tarmoqda tashqi muhit signallarini qabul qiladigan va taqsimlaydigan kirish neyronlar qatlami hamda hisoblanadigan neyronlar qatlami mavjud bo'ladi. Ularning har birining chiqish signallari uning kirishiga keladigan vaznlangan yig'indi funksiyasi sifatida belgilanadi. Chiqish signallar majmuisi NTning $Y = W * X$ chiqish vektorini tashkil qiladi. Bu yerda X - n o'lchamli kirish vektori; W - $n * m$ o'lchamli (m - chiqish katlamning neyronlari soni) bog'lanish vaznlar matritsasi; Y - m o'lchamli chiqish vektori.

Ko'p qatlamli NT - bu bir nechta hisoblanuvchi neyronlar qatlamlaridan iborat bo'lgan tarmoqlar. Bunday qatlamlar soni ko'payishi bilan tarmoqning hisoblash quvvati ham oshadi.

6.2. Mak-Kallok-Pitts neyron tarmog'ining formal modeli

Sun'iy neyron modeli ilk bor 1943 yilda Dj. Mak-Kallokk va U. Pits tomonidan tavsiflangan [11, 31]. Mak-Kallok-Pitts neyronining formal modeli 7.16 - rasmda ko'rsatilgan. Bu model hozir ham NTlarda alohida neyronni tavsiflash uchun keng qo'llaniladi. Bu yerda x_i - neyronning i - kirishidagi signal, ω_i - neyronning i - kirishi massasi, y - neyronning chiqishi, h - neyronning ishlash chegarasi.



7.16-rasm. Mak-Kallok-Pitts neyron tarmog'ining formal modeli.

Modelda neyron kirishlaridagi signallarning orttirilgan yig'indisi h chegaraviy qiymat bilan taqqoslanadi, agar u chegaradan oshib ketsa chiqishda signal mavjud bo'ladi. Neyronlarning hozirgi modelida

chegaraviy funksiya umumiy holda chiziqli funksiya bilan almashtiriladi. Bu funksiya sifatida $f(S) = \frac{S}{S + \alpha}$ keltirish mumkin. α parametr odatda siljish deyiladi. Shuning uchun odatda neyron ko'paytuvchilar, summator va chiziqsiz elementlardan tashkil topgan deyiladi.

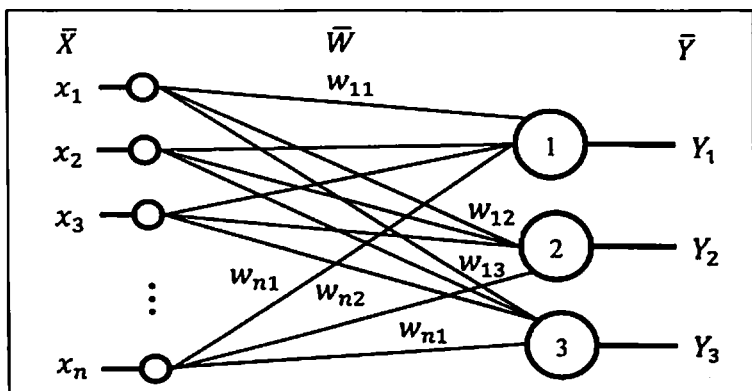
6.3. Rozenblatt perseptroni

Perseptron ta'rif. Perseptron binarli kirish signallari yordamida obyektlarni ikkita sinfga ajratish masalasini yechishi kerak. Kirish signallari naborini n -o'lchovli x vektori bilan belgilaymiz. Vektorning barcha elementlari «*Chin(1)*» yoki «*Yolg'on(0)*» mantiqiy o'zgaruvchilarni qabul qiluvchi elementlar hisoblanadi.

Perseptron deb - $\Psi = [\sum_{i=1}^m \alpha_i \varphi_i > \theta]$ funksiyaning qiymatini hisoblovchi qurilmaga aytiladi. Bu yerda α_i - perseptron vazni, θ - chegaraviy qiymat (porog), φ_i - kirish signallarining qiymatlari, $[\cdot]$ - qavs mantiqiy o'zgaruvchilarning «*Chin*» yoki «*Yolg'on*» qiymatlaridan 0 yoki 1 sonli qiymatlarga o'tishni bildiradi [35]. Perseptronning kirish signallari sifatida barcha tarmoqlarning kirish x signallari va boshqa perseptronlarning chiqish signallari qatnashishi mumkin. Doimiy $\varphi_0 \equiv 1$ kirish signalini qo'chimcha kiritib va $\alpha_0 = -\theta$ e'tiborga olib perseptronni $\Psi = [\sum_{i=1}^m \alpha_i \varphi_i > 0]$ ko'rinishda yozish mumkin.

Korinib turibdiki, ushbu ifoda chegaraviy qiymatli chiziqlimas almashtirgichli bitta neyron bilan hisoblanadi. Neyronlarning shunday bir nechta qatlamlari tizmasi (kaskad) *ko'pqatlamli perseptron* deb ataladi.

Rozenblatt perseptroni tarixiy birinchi o'rgatuvchi NT hisoblanadi. Perseptronning bir nechta turlari mavjud (7.17 va 7.18 - rasmlar).

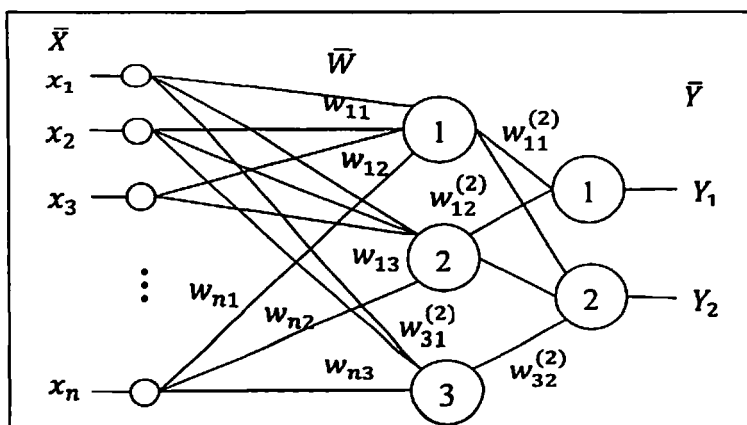


7.17. Birqatlamli perseptron.

Klassikli perseptronni, ya'ni chegaraviy qiymatli neyronlarga va kirish signallari qiymati no'l yoki birga teng bo'lgan tarmoqni qaraymiz.

Barcha sinaptikli (kirish) vaznlar butun sonlardan iborat bo'lishi mumkin. Ko'pqatlamli perseptron o'zining imkoniyatlari bo'yicha ikkiqatlamli ekvivalent bo'ladi. Barcha neyronlar sinapsga ega bo'lib, ushbu sinapslarga doimo birlik signal uzatiladi. Ushbu sinapsning vaznini bundan keyin chegaraviy qiymat (porog) deb ataymiz. Birinchi qatlamning har bir neyroni barcha bog'lanishli aloqalarda kirish signallaridan chiquvchi va minus ishora bilan olingan hamda ikkiga kamaytirilgan chegaraviy qiymati kirish signallarining summatorlar soniga teng bo'lgan bitta sinaptikli vaznga ega bo'ladi.

Ta'kidlaymizki, to'la birinchi qatlamni qurish uchun 2^n ta neyronlardan foydalanish talab qilinadi, bu yerda n - perseptronning kirish signallari to'plami. Albatta n ning yetarli katta qiymatlarida bunday tarmoqlarni qurish mumkin bolmaganligi uchun bu holda birinchi qatlamning ba'zi neyronlar to'plamlaridan foydalaniladi. Bunday to'plamlari sonini faqat masalani to'liq yechib bo'lgandan keyin aniqlash mumkin. Odatda foydalaniladigan to'plamlari tadqiqotchi tomonidan qandaydir *mazmunli mulohazalar asosida* yoki *tavakkal ravishda* tanlanadi.



7.18-rasm. Ikkiqatlamli perseptron.

Ta'kidlaymizki, agar perseptronga birinchi sinfning obykti kelib tushsa, u holda perseptron chiqishda nol(0)li signal, agarda obyekt ikkinchi sinfdan kelib tushsa - bir(1)li signal berishi kerak. Perseptronning batafsil tavsifi va ifodasi [35] ishda keltirilgan.

6.4. Assotsiativ xotirali neyron tarmoqlar

Assotsiativ xotirali NTlarni tuzishdan oldin *assotsiativli xotira* qanday tuzilma va u qanday masalalarni yechishda qo'llaniladi kabi savollarni qarab chiqamiz.

Insonda assotsiatsiya paydo bo'lishi uchun u obyekt haqidagi to'liq bo'lmagan ba'zi axborotlarni olishi va ushbu axborotlar asosida obyektning batafsil tavsiflashi mumkin bo'lsa. Masalan, odam haqida ba'zi bir axborotlarga asoslanib uni tanib olish mumkin. Bu holda odatdagi ko'nikma bo'yicha inson xotirasida assotsiatsiya paydo bo'ladi. Ta'kidlash joizki, obyektning aniq tanib olish uchun to'liq bo'lmagan axborotlar yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun obyektlarni to'liq tanib olishga erishish uchun ular haqidagi qo'shimcha axborotlardan ham foydalanish talab etiladi.

Yuqoridagi misollardan kelib chiqib aytish mumkinki, *assotsiativli xotira*-bu noto'liq va qisman noishonchli axborotlar asosida obyekt haqida yetarli to'liq tavsifni tiklashga imkoniyat yaratadi.

Endi masalalarni *assotsiativli xotira yordamida yechishni formallashtirish* jarayonini qaraymiz [11]:

1. Tanib olinadigan obyektlar bilan ular haqidagi boshlang'ich axborotlarning o'zaro munosabatlarini aniqlash va obyektlarni aniq tavsiflash uchun qo'shimcha axborotlar bilan to'ldirish.

2. Boshlang'ich axborotlardan noishonchli axborotlarni olib tashlash va qolganlari asosida tanib olish masalani yechish.

Bu yerda obyektning *aniq tavsifi* deganda assotsiativli xotira uchun yetarli bo'lgan barcha axborotlar tushuniladi. Ikkinchi masala qadamba-qadam yechilmaydi, balki olingan axborotlarning ma'lum bo'lgan etalonlar va noishonchli axborotlarni saralab olingan axborotlar bilan o'zaro munosabatini aniqlash amalga oshiriladi.

Misol. Masalaning formal qo'yilishi. n -o'lchovli $\{x^i\}$ vektorda m ta etalonlar to'plami berilgan bo'lsin. Shunday tarmoq qurish kerakki, ushbu tarmoqning kirishida ixtiyoriy obyektни tasvirlaydigan x vektor tarmoqning chiqishida "Eng o'xshash" etalonni aniqlasin.

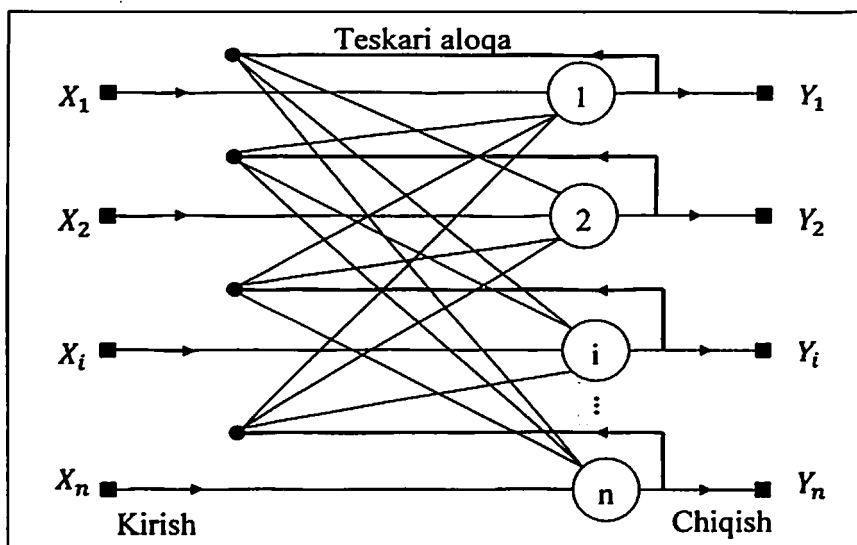
Quyida obyekt deganda ± 1 koordinatali n -o'lchovli vektorlar va etalon misolida x ga "Hammadan ko'ra" tushunchasiga x ga yaqin x^i vektor tushuniladi. Ko'rinib turibdiki, bu talab x va x^i vektorlarning maksimal skalyar ko'paytmasiga ekvivalent

$$\|x - x^i\|^2 = \|x\|^2 + \|x^i\|^2 - 2(x, x^i).$$

O'ng qismning birinchi ikki qo'shiluvchisi ixtiyoriy x va x^i obyektlar uchun mos tushadi, negaki barcha obyektlarning vektor uzunliklari $\sqrt{n}$ ga teng. Demak yaqin obyektlarni izlash masalasi shunday obyektlarni izlashga olib kelinadiki, ularning skalyar ko'paytmasi maksimal bo'lishi kerak bo'ladi.

6.4.1. Xopfild neyron tarmoqlari

Xopfild NT - bu alohida turdagi teskari aloqali NT. Bunday tarmoqda har bir neyronning kirishiga, X kirish vektorning tegishli komponentasidan tashqari, birinchi qatlamning taqsimlovchi neyronlari orqali boshqa neyronlarning chiqish signallari ham keladi. U bitta neyronlar qatlamidan iborat bo'lib, neyronlar soni bir vaqtda tarmoqning kirishi va chiqishi hisoblanadi. Xopfild NTlari taniqli assotsiativ xotirali tarmoqlar hisoblanadi. Xopfild NTlarining struktursi 7.19-rasmda keltirilgan [11].



7.19-rasm. Xopfeld tarmog'ining strukturali sxemasi.

Assotsiativ xotirali tarmoq sifatida masalani yechish quyidagicha shakllantiriladi. Aytaylik etalon obyektida (tasvirlar, jarayonlar...) qandaydir kirish signallar nabori oldindan ma'lum bo'lsin. NT kirishga berilgan mukammal bo'lmagan ixtiyoriy signallardan ularga mos keluvchi etalonni ajratib olishi yoki kirish signallari bõrorta ham etalon obyektga mos kelmasligi haqida xulosa berishi kerak. Umumiy holda ixtiyoriy signal $X = \{x_i; i=0...n-1\}$ shaklda tavsiflanishi mumkin, bu yerda n - tarmoqdagi neyronlar soni va kirish hamda chiqish vektorlarining o'lchovi. Har bir x_i element $+1$ yoki -1 ga teng. k -etalonni tavsiflovchi vektorni X^k deb, uning komponentalari mos ravishda $-x_i^k$ deb belgilanadi, bu yerda $k=0...m-1$, m - etalonlar soni. NT berilgan ma'lumotlar asosida qandaydir etalonni tanib olganda uning chishida xuddi shu namuna hosil bo'ladi, ya'ni $Y = X^k$, bu yerda Y - tarmoqning chiqish signallarining qiymatlari: $Y = \{y_i; i=0,...n-1\}$ bo'ladi. Aks holda chiquvchi vektor birorta ham etalon bilan mos tushmaydi.

Tarmoqni nomlash jarayonida tarmoqning vaznli koeffitsiyentlari quyidagicha o'rnatiladi [11]:

$$w_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases}$$

Bu yerda i va j - indekslar, mos ravishda, oldsinaptikli va ortsinaptikli neyronlar, x_i^k, x_j^k - k -etalon vektorining i -va j -elementlarri.

Xopfild NTLarining ishlash algoritmi quyidagicha (p - iteratsiyalar tartib raqami):

1. Tarmoqning kirishiga noma'lum signal beriladi. Ushbu signalni haqiqiy kiritish aksonlar qiymatlarini o'rnatish yordamida amalga oshiriladi: $y_i(0) = x_i, i = 0...n-1$. Qavsdagi nol tarmoqning ishlash sikllaridagi nolli iteratsiyani bildiradi.

2. Neyronlarning yangi holati
$$s_j(p+1) = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} y_i(p), j=0...n-1$$

va aksonlarning yangi qiymati $y_j(p+1) = f[s_j(p+1)]$ hisoblanadi.

3. Oxirgi iteratsiyadan keyin aksonlarning chiqish qiymatlarining o'zgarganligi tekshiriladi. Agar o'zgargan bo'lsa, u holda 2-qadamga, aks holda tugatish (agar chiqishlar bir maromda bo'lsa). Bu holda chiquvchi signal o'zida kirish signallari bilan eng yaxshi mos tushadigan etalon obyektni aks ettiradi.

Xopfild tarmog'ini *diskret vaqt oralig'ida* quramiz. Tarmoq kiruvchi x vektorni shunday o'zgartirishni amalga oshirishi kerakki, x^i chiquvchi vektorning hisoblangan to'g'ri javobi etalonga yaqin bo'lishi kerak.

Tarmoqning o'zgarishini
$$x^i = \text{Sign}\left(\sum_{i=1}^m w_i x^i\right)$$
 ko'rinishda

izlaymiz. Bu yerda, w_i - i - etalonning vazni bo'lib, uning x vektorga yaqinligini xarakterlaydi, Sign - chiziqlimas operator, y_i koordinatali vektorni

$\text{sign}(y_i)$ koordinatali vektorga o'zgartiradi.

Tarmoqlarning harakat qilishi. Tarmoq quyidagi tartibda ishlaydi:

1. Tarmoq kirishiga x obyekt beriladi, chiqishida esa x^i obyekt hosil qilinadi.

2. Agar $x^i \neq x$ bo'lsa, u holda $x = x^i$ bo'ladi va 1- qadamga o'tiladi.

3. Olingan x^i vektor natija hisoblanadi.

Shunday qilib, hamma vaqt natija tarmoqni o'zgartirishdagi qo'zg'almas nuqta hisoblanadi va xuddi shu shart (tarmoqning obyektni qayta ishlashdagi o'zgarماسligi) to'xtash sharti bo'lib hisoblanadi.

Aytaylik i' - x obyektga yaqin joylashgan etalon raqami bo'lsin. Agar x boshlang'ich obyektga proporsional yaqin etalonning vazni tanlansa, u holda x^i obyekt $x^{i'}$ etalonga x ga qaraganda yaqin bo'ladi va bir nechta

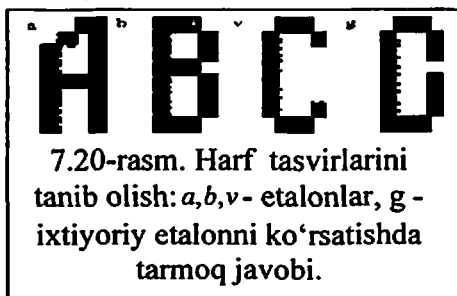
iteratsiyalardan so'ng x^i obyekt $x^{i'}$ etalon bilan ustma-ust tushadi.

(7.1) ko'rinish Xopfild tarmog'ining *diskret varianti* hisoblanib, unda taqdim etilayotgan obyekt vazni etalonlarning skalyar ko'paytmasiga teng.

$$x' = \text{Sign} \left(\sum_{i=1}^m (x, x^i) x^i \right) \quad (7.1)$$

Xopfild tarmoqlari (7.1) haqida [24] ishda ma'lum bo'lib, ular "0.15 n tartibli sust korreliirlangan obyektlar"ni eslab qolish va aniq tasvirlash xususiyatiga ega. Bu mulohaza ikkita *cheklanishlar*, ya'ni etalonlar soni 0.15 n dan oshmaydi va etalonlar sust korreliirlangan bo'ladi. Xususan, ikkinchi cheklanish muhim ahamiyatga ega, negaki tarmoq ishlov beradigan obyektlar ko'pincha juda o'xshash bo'ladi.

Misol tariqasida lotin alfavitining harflarini keltirish mumkin. Xopfild tarmog'ini (7.1) formula yordamida o'rganganda uchta birinchi harflarni (7.20, a, b, v - rasmlarga qarang) tanib olishganda, tarmoqning kirishiga javob sifatida ixtiyoriy etalonlar taqdim etilganda, 7.20, g-rasmda keltirilgan harflar olinadi (barcha harflar 10x10 nuqtali ramkalarda keltirilgan). Bunday keltirilgan misollar bilan assotsiativ xotirada tarmoqning ishlash sifati haqidagi birinchi savol quyidagicha: Tarmoq bu etalon harflarning o'ziga to'g'ri ishlov bera oladimi (ya'ni ularni buzmaydimi)?

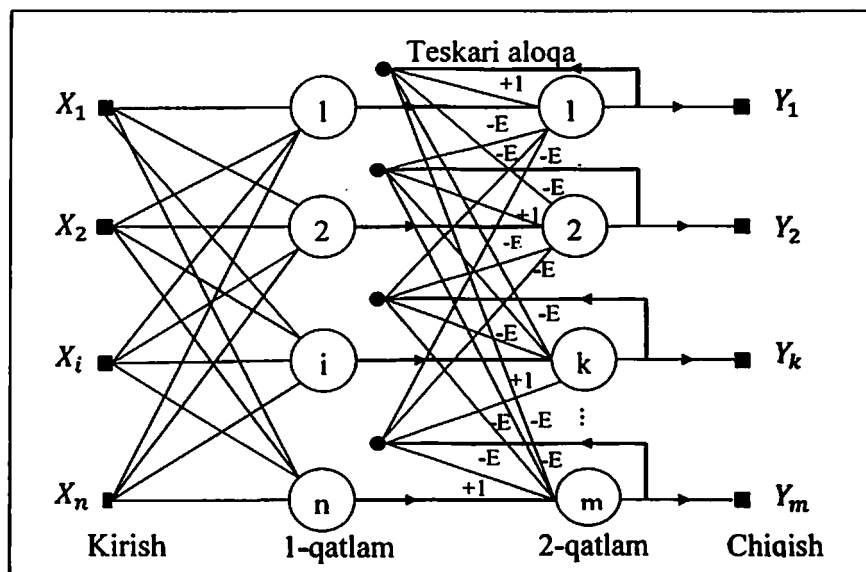


Obyektlarning korreliirlangan o'lchovi deb - $C_{ij} = \frac{|(x^i, x^j)|}{n}$ miqdor qaraladi.

6.4.2. Xemming neyron tarmoqlari

Agar NT yordamida etalonni *oshkora ko'rinishda emas*, balki uning *tartib raqaminigina olish yetarli* deb hisoblansa, u holda assotsiativ

xotirali Xemming NTidan foydalanish qulay hisoblanadi [11]. Bunday holda Xemming tarmog'iga Xopfield tarmog'iga nisbatan xotira va hisoblashlar hajmi kam sarflanadi. Bu Xemming NTining strukturasidan ham ochiq ko'rinadi (7.21-rasm).



7.21-rasm. Xemming NTning strukturali sxemasi.

Tarmoq ikkita qatlamdan iborat. Birinchi va ikkinchi qatlamlarning har biri m ta neyronlardan iborat, bu yerda m -etalonlar soni. *Birinchi qatlam neyronlari* tarmoqning kirishlar bilan bo'g'langan n ta tarmoqlardan (soxta nolli qatlamni hosil qiluvchi) iborat. *Ikkinchi qatlam neyronlari* bir-biri bilan *ingibitorli* (manfiylik teskari) sinaptikli aloqalar bilan bo'g'langan. Har bir neyron uchun musbat teskari aloqali bitta sinaps uning aksonlari bilan birlashtirilgan.

Xemming NTlarining goyasi - bu testlanayotgan obyektдан boshqa barcha etalon obyektlargacha bo'lgan Xemming masofasini topishdan iborat. *Xemming masofasi* deb ikkita binar qiymat qabul qiluvchi vektorlarning bitlardagi farqlar soniga aytiladi. Tarmoq kirishdagi noma'lum obyektgacha minimal masofaga ega bo'lgan etalon obyektни tanlashi kerak va natijada tarmoqda ushbu etalon obyektga mos keluvchi bitta chiqish faollashadi.

Birinchi qatlamning vaznli koeffitsiyentlarining nomlanish jarayoniga va chegaraviy qiymatli (porogli) aktivlashuv funksiyasiga

quyidagi qiymatlar beriladi: $w_{ik} = x_i^k / 2, i=0...n-1, k=0...m-1; T_k = n / 2, k = 0...m-1$. Bu yerda x_i^k - k-etalon obyektning i-elementi.

Ikkinchi qatlamda tarmoqlarni to'xtatuvchi vaznli koeffitsiyentlarni qandaydir $0 < \varepsilon < 1/m$ qiymarlarga teng qilib olinadi. Neyronning sinapsi o'zi bilan bo'g'langan aksonlari bilan +1 vaznga ega bo'ladi.

Xemming tarmoqlarining ishlash algoritmi quyidagicha:

1. Tarmoqning kirishlariga noma'lum $X = \{x_i: i=0...n-1\}$ vektor berildi. Ushbu vektordan foydalanib birinchi qatlamning neyronlari holati hisoblanadi (yuqoridagi qavsli index qatlam tartib raqamini bildiradi):

$$y_j^{(1)} = s_j^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} x_i + T_j, j=0...m-1.$$

Bundan keyin olingan qiymatlar bilan ikkinchi qatlam aksonlari qiymatlari nomlanadi: $y_j^{(2)} = y_j^{(1)}, j = 0...m-1$.

2. Ikkinchi qatlam neyronlarining yangi holati

$$s_j^{(2)}(p+1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{i=0}^{n-1} y_i^{(2)}(p), k \neq j, j=0...m-1$$

va ularning aksonlarining qiymatlari $y_j^{(2)}(p+1) = f[s_j^{(2)}(p+1)], j=0...m-1$ hisoblanadi.

3. Oxirgi iteratsiyadan keyin ikkinchi qatlam neyronlarining chiqishi qiymatlarining o'zgarganligi tekshiriladi. Agar o'zgargan bo'lsa, u holda 2-qadamga, aks holda tugatish.

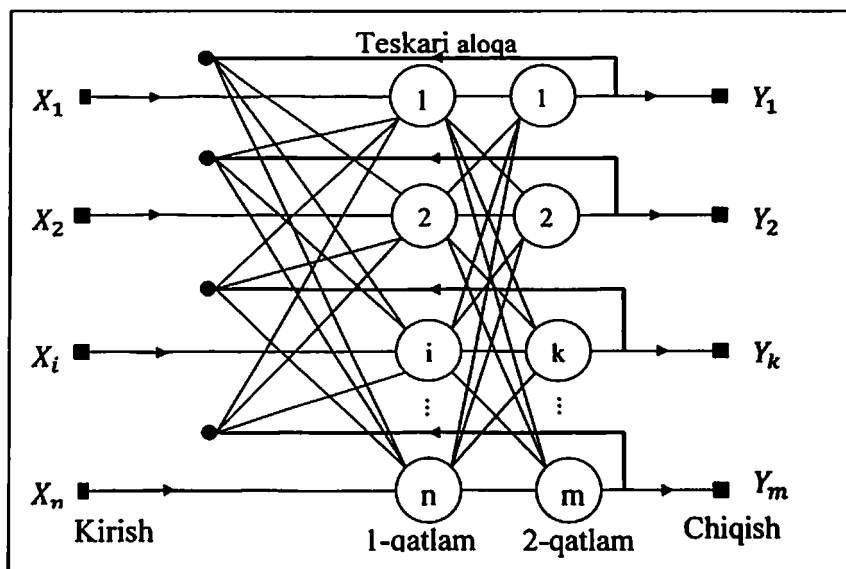
Ta'kidlash joizki, Xemming NTLari bilan obyektlarni tanib olish boshqa tarmoqlarga nisbatan ancha oddiy hisoblanadi.

6.4.3. Ikki yo'nalishli assotsiativli xotira

Ikki yo'nalishli assotsiativli xotira (IAX) Xopfild tarmoqlarining mantiqiy davomi bo'lib, ularga ikkinchi qatlam qoshiladi. IAX strukturasida 7.22 -rasmida keltirilgan [11, 31].

Tarmoq bir-biri bilan assotsiatsiyalashgan juft obyektlarni eslash qobiliyatiga ega. Aytaylik juft obyektlar $X^* = \{x_i^k: i=0...n-1\}$ va $Y^* = \{y_j^k: j=0...m-1\}, k=0...r-1$ (bu yerda r-juft obyektlar soni) vektorlar ko'rinishida yozilgan bo'lsin. Tarmoqning birinchi qatlamining kirishiga qandaydir $P = \{p_i: i=0...n-1\}$ vektorning uzatilishi ikkinchi qatlamning kirishida qandaydir boshqa $Q = \{q_j: j=0...m-1\}$ vektorni tashkil qilishga chaqiradi va ushbu vektor keyin yana birinchi qatlamning kirishiga tushadi.

Vektorlarning har bir shunday siklida birinchi va ikkinchi qatlamlarning chiqishlarida etalon obyektlarning juftligiga yaqinlashadi, ya'ni ulardan eng boshida tarmoqning kirishiga uzatilgan birinchisi X - obyekt P ga juda o'xshash bo'ladi, ikkinchisi - Y - esa u bilan assotsiyalangan bo'ladi. Vektorlar o'rtasidagi assotsiyalashuv birinchi qatlamning vaznli $W^{(1)}$ matritsasida kodlashtiriladi.



7.22-rasm. IAX ning strukturali sxemasi.

Ikkinch qatlamning vaznli $W^{(2)}$ matritsasi birinchi qatlamning vaznli $W^{(1)}$ matritsasining transponirlangan $(W^{(1)})^T$ matritsasiga teng. IAX tarmog'ini obyektlarni tanib olishga o'rgatish jarayoni. xuddi *Xopfild tarmoqlari* kabi, W va W^T matritsalarining elementlari qiymatlarini oldindan quyidagi formula yordamida hisoblashdan iborat:

$$w_{ij} = \sum_k x_i y_j, i = 0 \dots n-1, j = 0 \dots m-1 \quad (7.2)$$

Bu formula xususiy hol uchun, ya'ni obyektlar vektor ko'rinishda yozilganda $W = \sum_i X^T Y$ matritsali tenglamaning kengaytirilgan ko'rinishdagi yozuvi hisonlanadi. Bunda mos $[n \times 1]$ va $[1 \times m]$ o'chovli ikkita matritsaning ko'paytmasi (7.2) ko'rinishga keladi.

Yuqoridagilardan quyidagicha xulosaga kelamiz. *Xopfild*, *Xemming* va *IAX* tarmoqlari noto'liq va noto'g'ri (buzilgan) axborotlar bo'yicha obyektlarni tiklash masalasini oddiy va samarali yechishga

imkoniyat yaratadi. Ushbu tarmoqlar hajmining unchalik katta emasligi (eslab qoladigan obyektlar soni) shundan iboratki, ular nafaqat obyektlarni eslab qoladi, balkim ularni umumlashtiradi ham, masalan, Xemming tarmoqlari yordamida maksimal o'xshashlik kriteriyasi asosida obyektlarni sinflashni ham amalga oshiradi. Shuning bilan birgalikda keltirilgan NTlar uchun daturiy va apparatik modellarni qurish ularning ko'plab sohalarida qo'llanilishiga imkoniyat yaratadi.

6.5. O'qituvchisiz o'rgatuvchi neyron tarmoqlar

Yuqorida keltirilgan tarmoqlar o'qituvchili o'rgatuvchi tarmoqlarga kiradi. Ularni muvaffaqiyatli qo'llash uchun ekspertning ishtiroki zarur bo'ladi.

O'qituvchisiz o'rgatuvchi tarmoqlarda o'rgatish jarayonida tarmoqlarning vaznlari to'g'rilanib (tuzatilib) boriladi. Bunda tarmoqlarni to'g'rilab borish neyronlardagi mavjud vaznli koeffitsiyentlar asosida olib boriladi. Ushbu prinsip asosida ishlashdigan Xebba NTini keltiramiz.

6.5.1. Xebba tarmog'i bo'yicha o'rgatishning signalli usuli

Bu usul bo'yicha o'rgatishda vaznlarning o'zgarishi quyidagi qoida bo'yicha aniqlanadi [11, 31, 53, 54]:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot y_i^{(n-1)} \cdot y_j^{(n)}, \quad (7.3)$$

bu yerda $y_i^{(n-1)}$ - (n-1)-qatlamning i-neyronining chiquvchi qiymati; $y_j^{(n)}$ - n-qatlamning j-neyronining chiquvchi qiymati; $w_{ij}(t)$ va $w_{ij}(t-1)$ - sinapsning vaznli koeffitsiyentlari bo'lib, ular mos ravishda t va (t-1)-iteratsiyalarda ushbu neyronlarni birlashtiradi; α - o'rgatish tezligining koeffitsiyenti. Bu yerda va bundan keyin n sifatida tarmoqning ixtiyoriy qatlami tushuniladi.

Xebba tarmog'i bo'yicha o'rgatishning *differensial usuli* ham mavjud.

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot [y_i^{(n-1)}(t) - y_i^{(n-1)}(t-1)] \cdot [y_j^{(n)}(t) - y_j^{(n)}(t-1)] \quad (7.4)$$

Bu yerda $y_i^{(n-1)}(t)$ va $y_i^{(n-1)}(t-1)$ - (n-1)-qatlamni i-neyronining t va (t-1) iteratsiyalardagi mos chiqish qiymatlari; $y_j^{(n)}(t)$ va $y_j^{(n)}(t-1)$ - n-qatlamni i-neyronining t va (t-1) iteratsiyalardagi mos chiqish qiymatlari.

Yuqorida keltirilgan formulalar asosida *Xebba tarmog'i bo'yicha o'rgatishning to'liq algoritmi* quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

1. Barcha vaznli koeffitsiyentlarga katta bo'lmagan qiymatlar ta'minlanadi.

2. Tarmoqning kirishiga kiruvchi obyekt uzatiladi va uyg'otuvchi signallar klassik to'g'riqatlamli prinsip bo'yicha tarmoqning barcha qatlamlarga tarqaladi (feedforward), ya'ni tarmoqdagi har neyron uchun orttirilgan yig'indi hisoblanadi va unga neyronning aktivlashgan funksiyasi qo'llaniladi, natijada neyronning chiqish qiymatlari $y_i^{(n)}$, $i=0...M_i-1$, (M_i - i-qatlamdagi neyronlar soni; $n=0...N-1$, N -tarmoqdagi qatlamlar soni) hosil bo'ladi.

3. (7.3) yoki (7.4) formulalar bo'yicha olingan neyronlarning chiqiash qiymatlari asosida vaznli koeffitsiyentlar o'zgartiriladi.

4. Chiqish qiymatlari berilgan aniqlikda barqarorlashmagunch 2-qadamdan sikl bajarilaveradi.

Siklning ikkinchi qadamida kiruvchi obyektlarning barchasi navbatma-navbat tarmoqning kirishiga taqdim qilinadi.

6.5.2. Koxonen neyron tarmoqlari

Koxonen tarmoqlari [24] dinamik yadrolar usulining xususiy holi bo'lib, sinflash masalasini *o'qituvchisiz yechadigan tarmoqlar* hisoblanadi. Koxonen tarmoqlarining fazoli variantini qaraymiz. n-o'lchovli fazoda m nuqtadan (obyektdan) iborat $\{x^p\}$ nabor berilgan bo'lsin. *Talab qilinadi*, $\{x^p\}$ nuqtalar to'plamini Evklid masofasining kvadrati bo'yicha bir-biriga yaqin bo'lgan k ta singlarga ajratish. Buning uchun α^i ta shunday k nuqtalarni topish kerakki, ular uchun $D = \sum_{l=1}^k \sum_{x \in P_l} \|a^l - x\|^2$ minimal bo'lsin, bu yerda $P_l = \{x: \|a^l - x\| < \|a^q - x\|, \forall q \neq l\}$.

Bu masalani yechishning turli algoritmlari mavjud. Ulardan eng samaralirog'ini keltiramiz [11, 24].

1. Ba'zi boshlang'ich a^l nuqtalar naborini beramiz.

2. $\{x^p\}$ nuqtalar to'plamini quyidagi qoida bo'yicha K ta sinflarga ajratamiz

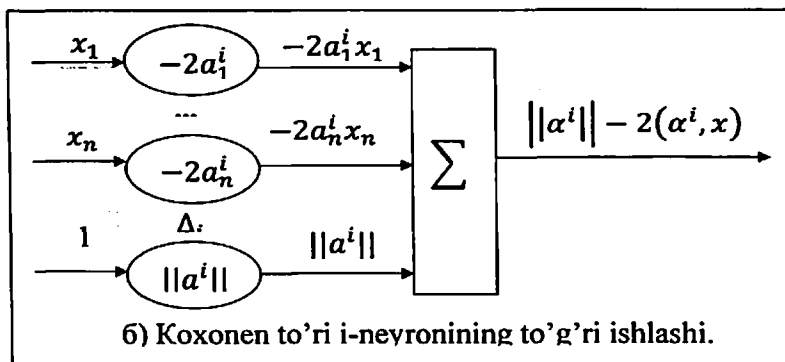
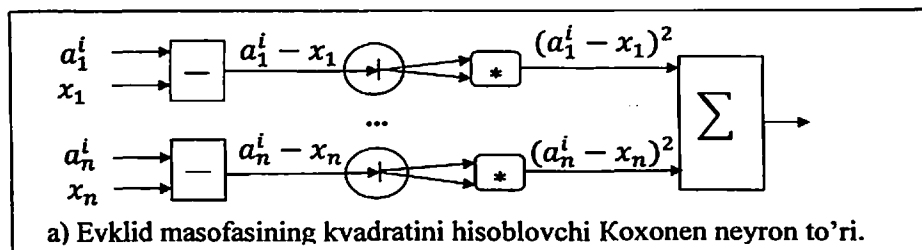
$$P_l = \{x: \|a^l - x\| < \|a^q - x\|, \forall i \neq q\}.$$

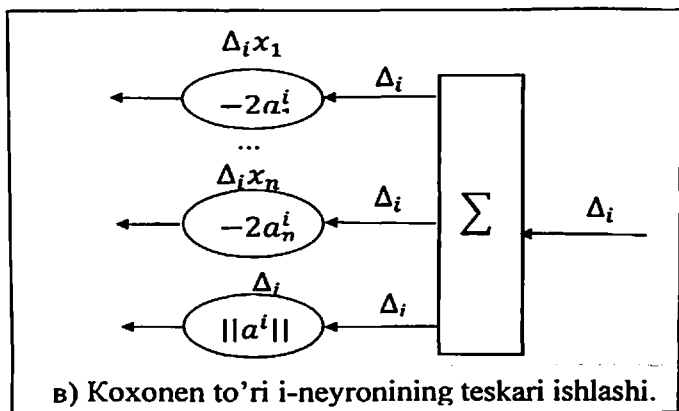
3. Hosil qilingan ajratish bo'yicha minimallik sharti $D_l = \sum_{x \in P_l} \|a^l - x\|^2$ bo'yicha yangi a^l nuqtani hisoblaymiz.

$|P^i|$ yordamida i -sinfdagi nuqtalar sonini belgilaymiz va 3-qadamda qo'yilgan masalaning yechimini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin $a^i = \frac{1}{|P^i|} \sum_{x \in P^i} x$.

Algoritmning 2 - va 3-qadamlarini a^i nuqtalar nabori o'zgarmas bo'lib qolguncha davom ettiramiz. Obyektlarni sinflasga o'rgatishning oxirida shunday n NTni hosil qilamizki, u ixtiyoriy x nuqtadan barcha qolgan a^i nuqtalargacha Evklid masofasining kvadratlarini hisoblaydi va x nuqtani k -sinfnining biriga talluqli ekanligini aniqlaydi. Tarmoqda javob sifatida minimal signalni beruvchi neyronning tartib raqami olinadi.

Endi ushbu algoritmni NTli ifodalashni qaraymiz. Birinchidan, Evklid masofasining kvadratini hisoblashni tarmoqlar ko'rinishida ifodalash ancha murakkab hisoblanadi (7.23, a-rasm).





7.23-rasm. Кокхонен тarmog'i va neyronlarining to'g'ri va teskari ishlashi.

Ta'kidlaymizki, kvadrat masofalarni to'liq hisoblash shart emas. Haqiqatdan ham:

$$||\alpha^i - x|| = (\alpha^i - x, \alpha^i - x) = ||\alpha^i|| - 2(\alpha^i, x) + ||x||.$$

Oxirgi formulada birinchi had x nuqtadan bo'g'liq emas, ikkinchi had adaptivli summator yordamida hisoblanadi va uchinchi had barcha taqqoslanadigan qiymatlar uchun bir xil. Demak, har bir sinf uchun birinchi ikkita hadlarni hisoblaydigan NTni oson hosil qilish mumkin (7.23, 6-rasm).

O'rgatuvchi tarmoqni qisqartirishning ikkinchi tomoni algoritmnining ikkinchi va uchinchi qadamlarini ajratishdan voz kechish hisoblanadi.

Sinflash algoritmi.

1. 7.23, 6-rasmda keltirilgan bitta neyronlar qatlamidan iborat NT kirishiga x vektor uzatiladi.

2. Minimal javobni beradigan neyron tartib raqami x vektor qarashli bo'lgan sinf raqami hisoblanadi.

O'rgatish algoritmi.

1. Barcha tarmoqlardagi tuzatishlarni nolga teng deb hisoblaymiz.

2. $\{x^p\}$ to'plamdagi har bir nuqta uchun quyidagi protseduralarni bajaramiz.

2.1. Tarmoqda sinflash uchun nuqtani (obyektni) olamiz.

2.2. Aytaylik sinflashda nuqta l -sinfga tegishli degan javob olingan bo'lsin. U holda tarmoqning teskari ishlashi uchun Δ vektor uzatilgan bo'lsin va uning koordinatalari quyidagi qoida bo'yicha aniqlansin:

$$\Delta_i = \begin{cases} 0, i \neq 1 \\ 1, i = 1 \end{cases}$$

2.3. Ushbu nuqtalar uchun hisoblangan tuzatmalar oldingi hisoblanganlarga qo'shiladi.

3. Har bir neyron uchun quyidagi prorseduralarni amalga oshiramiz.

3.1. Agar oxirgi sinaps bilan hisoblangan tuzatma 0 ga teng bo'lsa, u holda NTdan olib tashlanadi.

3.2. Aytaylik, o'rgatish parametri qiymati-oxirgi sinaps yordamida hisoblangan tuzatmaga teskari qiymatga teng bo'lsin.

3.3. Birinchi n ta sinapslarda to'plangan tuzatmalarning kvadratlar yig'indisini hisoblaymiz va (-2) ga bo'lib, oxirgi sinapsning tuzatmasiga kiritamiz.

3.4. $h_1 = 0, h_2 = -2$ parametrlar bilan o'rgatish qadamini bajaramiz.

4. Agar yana hisoblangan sinaptikli vaznlar oldingi qadamda olingan vaznlardan farq qilsa, u holda algoritmnining birinchi qadamiga o'tamiz.

7-§. Neyron tarmoqlarning yutuqlari va kamchiliklari

NTlarning bilimlarni tasvirlash usuli sifatidagi yutuqlari:

- bilimlarni formallashtirishning zarur emasligi, ya'ni formallashtirishning obyektlarni o'rganishga almashganligi;
- noravshan bilimlarni tabiiy tasvirlash va ishlash tabiiy intellektual tizimidek, ja'ni inson miyasidek amalga oshiriladi;
- parallel ishlashga yo'naltirilganligi - mos apparatli quvvatlash natijasida real vaqtda ishlash imkoniyatini ta'minlaydi;
- ko'po'lchovli ma'lumotlar va bilimlarni ishlash imkoniyati.

NTlarning bilimlarni tasvirlash usuli sifatidagi kamchiliklari:

- NTlar ishi natijalarini verballashtirishning va nima uchun u yoki bu qarorni qabul qilganligini tushuntirishlarning qiyinligi;
- olingan natijalarni takrorlanishini va birqiyamatligini ta'minlashning mumkin emasligi.

Hozirgi vaqtda NTlardan foydalanib bilimlarni tasvirlashning mantiqiy va empiric usullarini bitta tizimga birlashtirish g'oyasi ustida tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu ning natijasida semantikli NTlar, noravshan NTlar va "Ikkiyarimsharli" ETlar kabi tadqiqot yo'nalishlari paydo bo'ldi. Bu yo'nalishlardagi *tadqiqotlarning maqsadi* - bu shunday SIT yaratiga yo'naltirilgan bo'lib, ular xuddi insonga o'xshab

o'rgatish qobiliyatiga ega bo'lishi, o'rgatishda tashqi olam parametrlari va simvolli tushunchalar hamda tushunchalar ierarxiyasi o'rtasidagi assotsiativli aloqalarni yaratishi, assotsiativli izlash va mantiqiy xulosalashni birgalikda qo'llab masalalarni yechishi kerak.

Nazorat savollari

1. NTlar qnday elementlardan iborat?
2. "Perseptron" qanday ishlaydi?
3. Neyron nima va neyron tarkibiga nimalar kiradi?
4. NTli hisoblashlarning afzalligi qanday holatlarda ko'rinadi?
5. NT qanday murakkab masalalarni yechishda qo'llaniladi?
6. Mak-Kallok-Pitts neyronining formal modeli qanday?
7. To'g'ri bog'lanishli va to'liqsiz bog'lanishli NT sxemasini keltiring?
8. NTlarning qanday turlari mavjud?
9. To'liq bog'langan, iyerarxikli NTlar sxemasini keltiring?
10. Bir qatlamli va ko'p qatlamli NTlar qanday tarmoqlar?
11. Xopfild va Xemming NT sxemalarini keltiring?
12. NTlar yordamida yechiladigan tanib olish, sinflash, klasterlash, approksimatsiyalash va avtoassotsiatsiyalash masalalari mohiyatini tushuntiring?
13. NTlarni o'rgatishning o'qituvchili, o'qituvchisiz va tasdiqlash usullarini tushuntiring?
14. Xopfild tarmog'ida neyronlarning to'g'ri va teskari faollashuvi sxemasini keltiring?

Nazorat testlari

1. Elektr faolliklikka ega bo'lgan va organizmni operativ boshqaradigan tirik organizmlar nerv hujayralarining alohida turi - bu hisoblanadi.
a) neyron; b) sinaps; c) akson; e) soma.
2. Dendritlar, akson, soma tarkibiga kiradi.
a) neyron; b) sinaps; c) tarmoq; e) kompyuter.
3. NTlar yordamida asosan qanday tipdagi masalalar yechiladi?
a) sinflash, klasterlash, approksimatsiyalash, avtoassotsiatsiyalash;
b) differensiallash, klasterlash, integrallash, avtoassotsiatsiya;
c) bo'laklash, ketma-ket izlash, to'plamlarni qo'shish;
e) to'plamlarni ko'paytirish, mantiqiy amallar bajarish, sinflash.

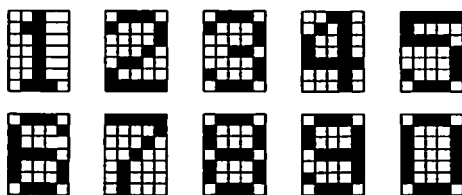
4. To'g'ri bog'lanishli NTlarda odatda uch turdagi qanday neyronlar qatlamlari mavjud bo'ladi ?
 a) Kiruvchi, yashirin va chiquvchi; b) Topologik , o'xshashlik va chiquvchi; c) O'qituvchili, vaznli va sinapsli; e) Buyruq-asosli, topologik va kiruvchi.
5. O'rgatishni tashkil etishga ko'ra NTlar qanday turlarga bo'linadi?
 a) O'qituvchili va o'qituvchisiz; b) Topologikli va chiquvchi signallarsiz; c) O'qituvchili va vaznli; e) Buyruq-asosli va topologikli.
6. Har bir neyronning chiqishi barcha boshqa neyronlar kirishlari bilan, uning kirishlari esa qolgan neyronlar chiqishlari bilan bog'langan bo'lsa-bu NT deyiladi.
 a) to'liq bog'langan; b) topologikli; c) o'qituvchili; e) to'liq bog'lanmagan.
7. Neyron guruhlarining tegishli alohida qatlam va darajalarda joylashgan tarmog'i - bu NT bo'ladi.
 a) iyerarxikli; b) topologikli; c) o'qituvchili; e) to'liq bog'langan.
8. Bir nechta hisoblanuvchi neyronlar qatlamlaridan iborat bo'lgan tarmoqlar - bu NTlar bo'ladi.
 a) ko'p qatlamli; b) to'liq va topologikli; c) teskari aloqali; e) lateralli va to'liq bog'langan.
9. Mak-Kallokk va U. Pits NTining formal modeli qaysi formula bilan tavsiflanadi?
 a) $S = \sum \omega_i x_i$; b) $S = \frac{1}{n} \sum \omega_i x_i$; c) $S = -\frac{1}{2} \sum \omega_i x_i$; e) $S = -\sum \omega_i x_i$.
10. Perseptron nechta qatlamli bo'lishi mumkin ?
 a) ko'pqatlamli; b) faqat bir qatlamli; c) faqat ikki qatlamli; e) faqat nol qatlamli.
11. Xopfeld NTlariva.....hisoblanadi.
 a) bir qatlamli; teskari aloqali; b) bir qatlamli; to'g'ri aloqali; c) ko'p qatlamli; teskari aloqali; e) ko'p qatlamli; to'g'ri aloqali.
12. Xemming NTining kirishdagi obyektgacha masofaga ega bo'lgan etalon obyekttni tanlashi kerak va natijada tarmoqda ushbu etalon obyektga mos keluvchichiqish faollashadi.
 a) noma'lum; minimal; bitta; b) noma'lum; maxsimal; bitta; c) noma'lum; minimal; ikkita; e) noma'lum; minimal; uchta.

Masala va topshiriqlar

1. NTlardan foydalanib kichik harflarni katta harflarga aylantiring. Bunda kichik harflar NTning kirishiga beriladi va chiqishid mos kata harflar hosil bo'ladi.
2. NTlar yordamida darajalarni radianlarga o'tkazishni amalga oshiring.
3. NTlar yordamida valyuta konvertorini dollardan so'mga o'tkazishni amalga oshiring.
4. Ikkita kirish, ikkita chiqish va bir nechta yashirin neyronlarga ega bo'lgan NT berilgan bo'lsin. Tarmoqni shunday tashkil qilishkerakki, kirish signallarining joylari chishda joylarini o'zgatsin, ya'ni kirisga 0.47 va 0.64 sonlari berilsa, chiqishda 0.64 va 0.47 sonlari hosil bo'lsin.
5. NTni ikkita son ustida arifmetik amallarni bajarishga o'rgating.
6. NTni ikkita binar o'zgaruvchilar ustida mantiqiy amallarni bajarishga o'rgating.
7. NTdan foydalanib zodiac belgisini sana va oyga qarab belgilashni amalga oshiring. Zodiac belgisi tarmoqning chiqish neyronidan kelgan signal kattaligi bilan belgilanadi.
8. Quyidagi jadvalda nuqtalar nabori berilgan bo'lsin.

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Y	3.75	6.45	3.78	2.89	9.65	4.98	5.76	2.74	8.05

- Ushbu bog'liqlikni NT yordamida ikkinchi darajali polinom ko'rinishda approssimatsiya qiling. Natija boshlang'ich nuqtalarni va neyron tarmog'i yordamida hosil qilingan egri chiziqdan iborat bo'lishi kerak.
9. NT yordamida $[0,1]$ oraliqdagi uchta sonni ko'paytirish amalini bajaring.
 11. Siqish koeffitsienti 2 ga teng bo'lgan 16×16 piksellik ikkilik tasvirlarni siqishni neyron tarmog'i yordamida amalga oshiring.
 12. 5×7 o'lchovli matritza ko'rinishda berilgan 0 dan 9 gacha bo'lgan raqamlarni tanib oluvchi NTni quring.



10. Quyidagi jadvalda obyektlar, ularning binar parametrlari va obyektlarning qaysi sinfga qarashliligi berilgan bo'lsin.

Obyek t	Parametrlar			Sinf
	1	2	3	
1	1	1	0	1
2	1	0	1	1
3	0	1	1	2
4	0	1	0	3
5	0	1	1	2
6	0	0	1	3
7	0	1	0	3
8	1	1	1	1
9	0	0	0	2

Ushbu jadvaldan foydalanib, agar obyektning 1-parametri = 1 bo'lsa, u holda 1-sinfga, agar 2-parametri = 3 bo'lsa, u holda 2-sinfga, aks holda 3-sinfga qarashli bo'lishini to'g'ri aniqlovchi neyron tarmog'ini yarating.

8-BOB. VIZUAL AXBOROTNI QAYTA ISHLASH TIZIMLARINING QO'LLANILISH SOHALARI, VAZIFALARI VA TASNIFLANISHI

1-§. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib olish masalasi

Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib oluvchi tizim(TOT)lar. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni o'rganish va tanib olish TOTlar nazariyasining muhim masalalari jumlasiga kiradi. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni o'rganish va tanib olish masalalarini yechishda, avval tasvir ko'rinishdagi obyektlar qayta ishlanadi va kompyuterga kiritiladi. Kompyuter tasvir ko'rinishdagi obyektдан tizim taniydigan qismlarni topadi va bu tasvir ko'rinishdagi obyektни haqiqiy belgilar bilan, ya'ni mashina kodi bilan almashtiradi.

Hozirgi kunda ilmiy tahlil qilinishi lozim bo'lgan tasvirlarni asosan quyidagilarga ajratish mumkin:

- harakatdagi tasvirlar (bunday tasvirlar turiga yurib ketayotgan shaxs, harakatdagi avtomashina va h.k.larni misol qilib ko'rsatish mumkin);

- biometrik tasvirlar (shaxs yuzi, barmoq izi, ko'z qorachig'i va h.k.);

- biologik yoki tibbiyotga oid tasvirlar (mikroskop yordamida olingan hujayralar tasvirlari va h.k.);

- kosmik tasvirlar (sputnik yordamida olingan yer sathi yoki turli boshqa sayyoralar sathi tasvirlari va h.k.);

- haritalar va turli geologik tasvirlar.

Tasvirlarni ilmiy tahlil qilish uchun uni qayta ishlash usullaridan foydalaniladi. Tasvirlarni *qayta ishlash usullariga* rangli tasvirni kulrang tasvirga o'tkazish, tasvirni binar (oq-qora) tasvirga o'tkazish, tasvirlarni bo'laklash, chegara ajratish, tasvir sifatini yaxshilash, tasvirni burchak bo'yicha burish, tasvirni masshtablash kabilarni keltirish mumkin. Tasvirlar bilan bog'liq masalalarning aksariyatida tasvirdagi obyektни tahlil qilish va uni tanib olish muammolari hal etiladi. Masalan, harakatdagi avtomashina raqamini tanib olish, fotosuratdagi shaxsni tanib olish va h.k. Tasvirdagi obyektlarni tanib olish uchun esa TOTlar usullaridan foydalaniladi [4, 12, 17, 18, 28, 33, 43].

Masalani hal etishda birinchi bosqichda qilinadigan ish - bu tasvirlarni qayta ishlash orqali obyekt belgilarini ajratib olishdir. Ikkinchi bosqichda ajratib olingan belgilarni tahlil qilish orqali obyekt

tanib olinadi. Bu yerda shuni ta'kidlash kerakki, obyektни tanib olish natijasining ishonchliligi birinchi bosqichda olinadigan natijalarga bevosita bog'liqdir. Shuning uchun tasvirlarni qayta ishlash va ular asosida obyekt belgilarini aniqlashda masala mohiyatidan kelib chiqqan holda usullarni tanlash hamda ular asosida ishonchli algoritmlarni yaratish talab etiladi.

Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib olishda shablonli, strukturali va belgili tanib olish tizimlaridan foydalaniladi.

Belgilar asosida TOTlar. Bu tizimlarda har bir tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarning o'rtacha tasviri n -o'lchovli belgilar fazosidagi obyekt sifatida aks ettiriladi. Bu yerda kiruvchi tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib olishda qiymati hisoblanadigan belgilar ro'yxati tanlanadi. Hosil qilingan n o'lchovli vektor etalon bilan taqqoslanadi va tasvir ko'rinishda berilgan obyektlar ularning ichidan ko'proq mos keladiganiga tegishli bo'ladi. Obyektlar sinfini tavsiflashni yaxlitligining zarur, ammo yetarli bo'lmagan sharti shundan iboratki, berilgan sinfdagi barcha obyektlar tavsifni qanoatlantirishi kerak.

Shablonlar asosida TOTlar. Bunday tizimlar alohida tasvir ko'rinishda berilgan obyekt belgilarini rastrliga almashtiradi, uni bazada mavjud bo'lgan barcha etalonlar bilan taqqoslaydi va kiruvchi tasvir ko'rinishda berilgan obyektlardan eng kam nuqtalar bilan farq qiluvchi shablonni tanlaydi. Shablonlar asosida TOTlar tasvir ko'rinishda berilgan obyektlar kamchiliklariga yetarlicha bardoshli va kirituvchi ma'lumotlarni o'rganish jarayonida yuqori tezlikka ega, ammo shabloni unga ma'lum bo'lgan shriftlarnigina yaxshi taniy oladi. Agar taniladigan shrift etalondan ozgina farq qilsa, shablonlar asosida tanib oluvchi tizimlar hatto yuqori sifatli tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni o'rganish jarayonida ham xato qilishi mumkin.

Strukturali TOTlar. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib olishda strukturali TOTlardan keng foydalaniladi. Bu usullarga ko'ra tasvir ko'rinishda berilgan obyektlar bir nechta muhim va doimiy qatnashadigan obyektlarga ajratiladi. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarning muhim nuqtalari sifatida uning chetki nuqtalari va ikkita kesmaning yoki uchta kesmaning kesishishidan hosil qilingan tugunlar hisobga olinadi. Rastrli tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarning vektorli ko'rinishi deganda shunday grafni tushunamizki, undagi tugunlarga tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarning chetki va kesishish nuqtalari, qirralariga esa chetki va kesishish nuqtalari orasidagi bog'lanishlar mos keladi. Bog'langan nuqtalar sifatida tasvir ko'rinishda

berilgan obyektlarning rastrida o'zaro bog'langan ikkita nuqta tushuniladi.

Tasvir ko'rinishida berilgan obyektlardan etalon obyektlarni hosil qilish algoritmi. Tasvirlarni tanib olishni o'rgatish jarayonini modellashtirish uchun tasvir ko'rinishida berilgan obyektlar bilan mashina o'rtasida ma'lum bir aloqani o'rnatish talab qilinadi. Tasvirni mashinaga kiritish uchun uni avvalombor kodlashtirish, yani mashina tiliga o'tkazish talab etiladi. Shuning uchun tasvirlarni kodlashtirishning ba'zi bir tamoyillarini ko'rib chiqamiz. Bizga tasvir timsoli tushirilgan ekran berilgan bo'lsin. Ushbu ekranni ma'lum katakchalarga bo'lamiz va uni tartiblaymiz. Bunday ekranni tarmoq yoki retseptor maydon deb qabul qilamiz. Tarmoqning har bir kvadratini retseptor deb ataymiz [12].

Raqam, harf va yordamchi simvol ko'rinishida berilgan tasvirlarni kodlashtirishda biz tabiiy usuldan foydalanamiz. Buning uchun vertikal va gorizontal to'g'ri chiziqlar bilan bo'lingan kvadratchalardan iborat to'rni olamiz. Ushbu to'rga tasvirlarni tushiramiz. To'rning kataklariga tasvirning qismlari tushsa -1, agarda tushmasa - 0 qo'yamiz. To'rning satrlarini ketma-ket yozib chiqamiz. Natijada tasvirning 1 va 0 lardan iborat ikkilik kodi hosil bo'ladi.

Umumiy holda tasvirning kodi $x_1, x_2, \dots, x_n$ bilan ifodalanadi. Bu yerda i - kvadrat tartibi, n - kvadratlar soni bo'lib, x_i - 0 yoki 1 qiymat qabul qiladi.

Tasvirlarning kodi aniqroq bo'lishi uchun olingan to'rni ko'proq kvadratlariga bo'lish zarur, ya'ni vertikal va gorizontal chiziqlar sonini ko'paytirish kerak. Bu usulni kriminalistika masalalarida, ya'ni barmoq izlarini kodlashtirishda va guvohlarning bergan ma'lumotlariga binoan shaxs rasmini chizishda va uni kodlashtirishda, shuningdek, turli xil imlo bilan yozilgan harflarni, raqamlarni va boshqa simvollarni hamda imzolarni kodlashtirishda qo'llasak bo'ladi.

Masalan, "S" harfi va "9" raqamini kodlashtirsak, quyidagi kodlarni hosil qilamiz (8.1-rasm):

0	0	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0

1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0

8.1-rasm.

“S” - 001110 001110 001000 001110 000010 010010 011100

“9” - 111110 100010 100010 111110 000010 010010 001110

Aytaylik bizga turli xil dastxat bilan yozilgan *A* harfi berilgan bo'lsin. Bu *A* harflarining har birini kodlashtirib, ulardan bitta etalon *A* harfini hosil qilamiz. Buning uchun bir xil o'lchamli to'r olamiz va har bir *A* harfini ushbu to'rga tushiramiz va mos ravishda ularning har biri uchun kodlarni hosil qilamiz. Hosil bo'lgan kodlarni ustun bo'yicha yig'indisini topamiz. Undan keyin hosil bo'lgan yig'indilarni satr bo'yicha qo'shamiz va hosil bo'lgan yig'indini 0 dan farq qiluvchi razryadlar soniga bo'lamiz. Natijada turli dastxatdagi *A* harflarining o'rtacha qiymat chiqadi. Ushbu o'rtacha qiymatni bo'sag'a sifatida qabul qilamiz va har bir razryadni ushbu bo'sag'a bilan solishtiramiz. Agar x_i razryaddagi son bo'sag'a dan katta yoki teng bo'lsa 1, aks holda 0 qo'yamiz. Hosil bo'lgan yangi kod turli xil dastxat bilan yozilgan *A* harflarning o'rtachasi, ya'ni etaloni bo'ladi. Bu jarayonning algoritmi quyidagi qadamlardan iborat:

1. $n \times m$ o'lchovli to'r olinadi.

2. $n \times m$ o'lchovli to'rga tasvirni tushiriladi.

3. Kodlashtiriladi:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{agar tasvir qismi katakchaga tushsa,} \\ 0, & \text{agar tasvir qismi katakchaga tushmasa} \end{cases} \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

4. Kodlar tagma - tag joylashtiriladi va mos razryadlar ustun bo'yicha qo'shiladi va yangi *Z* kod hosil qilinadi.

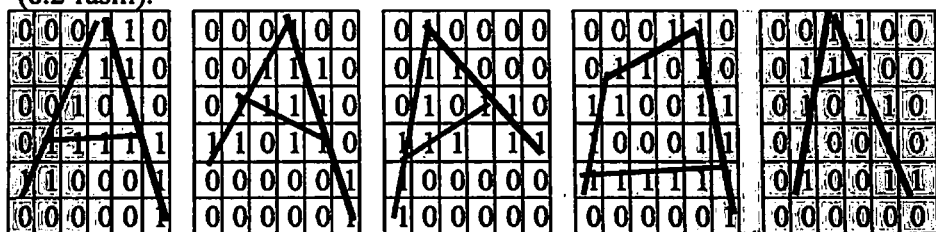
5. *Z* kodni razryadlari qo'shiladi va *S* yig'indi hosil qilinsdi.

6. Hosil bo'lgan *S* yig'indi $z_i \neq 0$ bo'lgan razryadlar soniga bo'linadi va hosil bo'lgan son o'rtacha qiymat, ya'ni bo'sag'a δ deb qabul qilinadi.

7. δ ga nisbatan etalon tasvir hosil qilinadi:

$$Z = \begin{cases} 1, & \text{agar } z_i > \delta \\ 0, & \text{agar } z_i < \delta \end{cases}$$

Misol: Bizga 5 xil shaklda yozilgan A harfi berilgan bo'lsin [4]
(8.2-rasm).



8.2-rasm

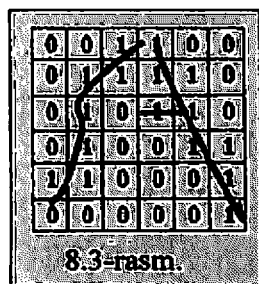
Bu raqamlardan quyidagi kodlar hosil qilinadi va ustunlar bo'yicha mos razryadlar qo'shiladi.

A 000110	001110	001010	011111	110001	000001
A 000100	001110	011110	110110	000001	000001
A 010000	011000	010110	111011	100000	100000
A 000110	011010	110011	100011	111111	000001
A 001100	011100	010110	010010	010011	000000
Z -011420	035330	142351	342253	331124	100003

Hosil bo'lgan Z kodni z_i razryadlari yig'indisi $S=73$ hisoblanadi. $z_i \neq 0$ bo'lgan razryadlar soni $t=28$ iborat. O'rtacha qiymat, ya'ni $\delta = s/t = 73/28 \approx 2.6$ bo'sag'a aniqlanadi. Hosil bo'lgan $\delta \approx 2.6$ bo'sag'a yordamida Z kodlashtiriladi:

$$Z = \begin{cases} 1, & \text{agar } z_i > 2.6 \\ 0, & \text{agar } z_i < 2.6 \end{cases}$$

Natijada $Z = 000100011110 \ 010110 \ 110011 \ 110001 \ 000001$ hosil bo'ladi. Ushbu kod besh xilda yozilgan A harflarning etaloni bo'ladi (8.3-rasm). Hosil bo'lgan etalon kodda 1 raqami bo'lgan razryadlar A harfi uchun bo'lgan umumiy xususiyatlarini anglatadi, ya'ni ushbu xususiyat A harflarining ko'prog'ida uchraydi va 0 raqami bo'lgan razryadlar A harflarining ko'pchilik qismida uchramaydigan xususiyatni bildiradi.



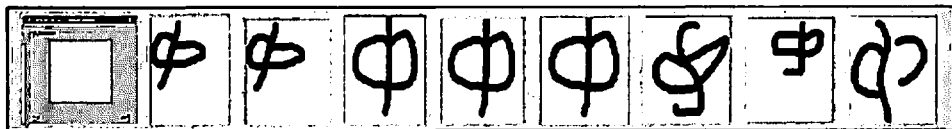
8.3-rasm

Yangi obyektlarni tanib olish. Tasvir ko'rinishida, masalan turli shaklda yozilgan harflarni o'rganish

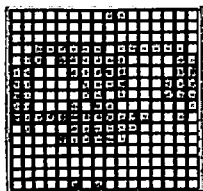
jarayonida biz etalon ishoralar jadvalini hosil qilamiz. Bu etalon jadvalni hosil qilishda biz belgilar fazosini va obyektlar sonini qisqartirdik, ya'ni etalon jadvalda faqat muhim belgilar va obyektlarni qoldirdik. Ushbu belgilar va obyektlardan biz yangi obyekt(YO)larni tanib olishda foydalanamiz. Bu jarayon quyidagicha amalga oshiriladi: YOlarining koordinatalari etalon jadvaldagidek ustunlar bo'yicha mashinaga kiritiladi. Biz obyektning kodini satr sifatida hosil qilamiz. Mashina YOning kodini jadvaldagi har bir obyektning kodi bilan solishtiradi. Agar YOning kodi etalon jadvaldagi obyektlarning birortasi bilan mos tushsa, mashina YOni mos tushgan obyekt joylashgan sinfga qarashli ekanligini aniqlaydi.

Agarda YOning kodi turli sinflarda uchraydigan bir nechta obyektlarning kodi bilan mos tushsa, u holda YO qaysi sinfdagi obyektlarga ko'proq o'xshasa, o'sha sinfga qarashli bo'ladi. Bu jarayon ko'proq ovoz olish yo'li bilan sinflashtirish deyiladi. Bu holda o'xshashlik funksiyalarining qiymatini hisoblash, baholarni hisoblash, chekli qisqartirish va qismaniy pretsedentli algoritmlardan foydalanish mumkin. Biz quyida harf va raqamlarnig etalonini topish va yangi harf va raqamlarni o'xshashlik funksiyalarini hisoblash algoritmidan foydalanib tanib olish dasturiy ta'minot(DT)ini keltiramiz.

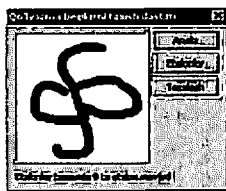
Dasturiy ta'minot. Qo'lyozma tasvirlar, masalan Φ harfining 8 ta turli xil tasviri kompyuterga kiritiladi [4] (8.4-rasm).8 xilda kirilgan Φ harfining etaloni 8.5-rasmdagi oynachada hosil bo'ladi. 8.5-rasmdagi tashqi oyna maydonchasiga yangi Φ harfi kiritiladi va 8.5-rasmdagi Φ harfining etaloni bilan solishtirish natijasida uning qaysi harf ekanligi 8.7-rasmdagidek aniqlanadi.



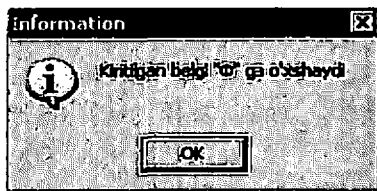
8.4-rasm.



8.5-rasm.



8.6-rasm.



8.7-rasm.

2-§. Strukturali belgilar bilan berilgan obyektlarni tahlil qilish va tanib olish

Strukturali TOTni yaratishda strukturali belgilar bilan berilgan obyektlarni avtomatik qayta ishlash va ularni tanib olish bo'yicha avtomatlashgan tizimini yaratish uchun bir necha muammolarni hal qilish kerak. Buning uchun strukturali belgilar bilan berilgan obyekt tasvirlarni tavsiflovchi burchaklari, kesishish chiziqlari, chetki nuqtalari, vertikal va gorizontal chiziqlari va h.k.larni aniqlash va ular orasidagi bog'lanishlarni topish masalalaridir. Qo'lda chizilgan obyekt tasvirlarni kompyuterga kiritish, ularni qayta ishlash, ularning boshlang'ich strukturali belgilar ro'yxatidan muhimlarini topish strukturali TOTni yaratishning asosiy masalalaridan hisoblanadi. Bunday TOTni yaratish uchun qo'lda chizilgan obyekt tasvirlari kompyuterga maxsus skanerlar orqali kompyuterga kiritiladi va qayta ishlanadi. Undan keyin kompyuterda maxsus algoritmik dasturlar yordamida avvalo tasvirni xarakterlovchi belgilar ro'yxati tuziladi va undan keyin ular orasidan muhimlari aniqlanadi.

Aytaylik, obyekt tasvirining nomlariga mos $K_1, K_2, \dots, K_l$ sinflar berilgan bo'lsin. Sinf sifatida tasvir nomimi belgilaymiz. Har bir K_i sinfdagi tasvir turli shakllardan iborat bo'lishi mumkin. Bu tasvirlar majmuasini etalon tanlov (EtT) ko'rinishda berish mumkin (8.1-jadval).

8.1-jadval. Etalon tanlov.

Sinflar	Tasvirlar	Belgilar
K_1	1 - tasvir	$\alpha_{11} \alpha_{12} \dots \alpha_{1n}$
		
	m_1 - tasvir	$\alpha_{m_1 1} \alpha_{m_1 2} \dots \alpha_{m_1 n}$
...	...	...
K_l	$m_{(l-1)}$ - tasvir	$a_{m_{(l-1)1}} a_{m_{(l-1)2}} \dots a_{m_{(l-1)n}}$
		
	m_l - tasvir	$a_{m_l 1} a_{m_l 2} \dots a_{m_l n}$

Bu yerda n - tasvirlarda berilgan belgilar soni, $m_1, m_2, \dots, m_i$ - mos ravishda $K_1, K_2, \dots, K_i$ sinflardagi tasvirlar soni bo'lib, $m = m_1 \cup m_2 \cup \dots \cup m_i$.

Shuningdek, bizga qandaydir yangi tasvirlar to'plami (sinov tanlov) berilgan bo'ladi (8.2-jadval).

8.2-jadval. Sinov tanlov.	
Tasvirlar	Belgilar
1 - tasvir	$b_{11} \ b_{12} \ \dots \ b_{1n}$
.....	
r - tasvir	$b_{r1} \ b_{r2} \ \dots \ b_{rn}$

Bu yerda, n - belgilar soni, r - yangi berilgan tasvirlar soni.

Talab etiladi: Tasvirlarni kompyuterga turli shakllarda kiritib, shakllarning belgilar ro'yxatini aniqlash, etalon tasvirlarni hosil qilish va ularning muhim belgilari asosida sinov tanlovda berilgan yangi tasvirlarni oldindan berilgan sinflarning qaysi biriga tegishli ekanligini aniqlash.

Tasvir ko'rinishda berilgan geometrik shakl(GSH)larni tanib olish. Aytaylik, GSHlarning qo'lda chizilgan turli tasvirlari berilgan bo'lsin [4]. GSHlarni tanib olish algoritmini keltiramiz. Bu algoritim bo'yicha har bir GSHda chekka nuqtalari, kesishish nuqtalari, vertikal chiziqlari, gorizontaal chiziqlari, kesmalar kesishmasi, yuqori vertikal va gorizontaal chiziqlar kesishmalari, quyi vertikal va gorizontaal chiziqlar kesishmalari, vertikal va gorizontaal chiziqlar kesishmalari, ovallar, yuqori ovallar va quyi ovallari, burchaklar miqdori, bisktrisa, absissa, ordinata, mediana kabi belgilar miqdoridan belgilar sifatida foydalaniladi. Masalan, to'rtburchak 4 ta chetki maxsus nuqtalar va ikkita chiziqlarning kesishishidan hosil bo'lgan nuqtalar va 4 ta chiziqdan iborat. Bu usulda GSHlarni o'rganish jarayonida har bir GSH uchun belgilar ro'yxati quriladi (8.3-jadval).

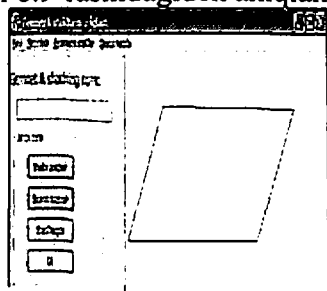
EtT da har bir GSHning bir nechta ko'rinishi qaraladi. Har bir GSH uchun $\alpha_i, i = 1, n$ belgilar tahlil qilinadi. F_i orqali i - belgiga ega bo'lgan GSHlar to'plamini belgilaymiz. U holda har bir i uchun $F_i = S_{i1}, \dots, S_{im_i}$ ko'rinishda bo'ladi. $F_i = S_{i1}, \dots, S_{im_i}$ belgi uchun qarama-qarshiliklar izlanadi. Agar qandaydir 2 ta GSH uchun belgilar qiymati kesishsa $F_i \cap C_j \neq \emptyset$, u holda ushbu qarama-qarshilik yo'qotiladi. Bu holda GSHlarni bir-biridan yaxshiroq ajratuvchi shunday j - belgi topiladiki, ushbu belgi F to'plamni o'zaro kesishmaydigan to'plam

ostilariga ajratadi. Undan keyin har bir to'plam ostilari uchun protsedura takrorlanadi va qarama-qarshiliklar tekshiriladi va h.k.

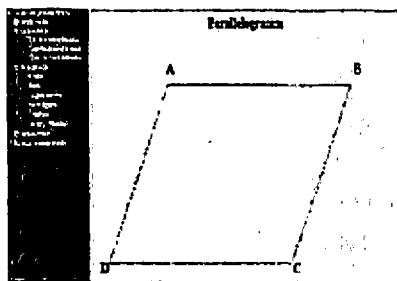
Umumiy holda bir xil ma'noni anglatuvchi qo'lda chizilgan turli shakldagi bir nechta GSHlardan har birining etalonini hosil qilish va hosil qilingan etalon GSHlar yordamida yangi qo'lda chizilgan GSHlarni tanib olish talab etiladi.

GSHlar uchun yuqorida keltirilgan protsedurani barcha GSHlari uchun amalga oshiramiz va GSHlarni xarakterlovchi xususiyatlardan tashkil topgan ETni hosil qilamiz. Sinov tanlovda berilgan yangi qo'lda chizilgan GSHlarni tanib olish uchun uning xususiyatlari aniqlanadi va EtTdagi GSHlarning mos belgilari bilan solishtiriladi va qaysi GSHga ko'proq o'xshasa, o'sha sinfga qarashli deb topiladi.

Dasturiya'tminot. GSHlarni kompyuterga kiritish yoki chizish maydonida sichqoncha yordamida chizish bilan ularning bazasi hosil qilinadi [4]. Yangi GSH, masalan parallelogramm kiritiladi (8.8-rasm) va bazadagi GSHlar bilan solishtirish natijasida uning qanday GSH ekanligi 8.9-rasmdagidek aniqlanadi.



8.8-rasm.



8.9-rasm.

3-§. Qo'lyozma raqamlarni tanib olish

Qo'lyozma raqamlarni tanib olish. Qo'lyozma raqam(QR)larni tanib olishda strukturali usullardan keng foydalaniladi. Bu usullarga ko'ra raqamlar bir nechta muhim va doimiy qatnashadigan elementlarga ajratiladi.

Raqamlarning muhim nuqtalari sifatida uning chetki nuqtalari va ikkita kesmaning yoki uchta kesmaning kesishishidan hosil qilingan tugunlar hisobga olinadi.

QRlarni tanib olishda ishlatiladigan *algoritmni* keltiramiz. Har bir raqam uchun quyidagi topologik belgilar hisoblanadi:

1. Raqamning normallashtgan maxsus nuqtalari olinadi.

2. Har bir tugundan navbatdagi tugungacha yoyning uzunligi foizlarda hisoblanadi (foizlar grafdagi yoylarning umumiy uzunligidan olinadi).

3. Berilgan maxsus nuqtadan navbatdagi nuqtagacha normallashtirish yo'nalishi aniqlanadi.

4. Ikkita yoki uchta kesmaning kesishishidan hosil bo'lgan tugunlar aniqlanadi.

5. Ikki yoki uchta kesmaning kesishishidan hosil bo'lgan maxsus nuqtaning navbatdagi chap yoki o'ng tugunlar bilan bog'lanishi aniqlanadi.

Masalan 1 raqami 3 ta chetki V_1, V_3, V_5 maxsus nuqtalar, V_2 va V_4 tugunlar ikkita kesmalarining kesishish nuqtalaridan iborat (8.10- rasm).

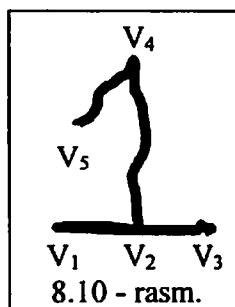
Usulning mazmuni shundan iboratki, raqamlarni o'rganish jarayonida har bir raqam uchun topologik kodlar quriladi. Bu usulda daraxtsimon tanib olish masalasidan foydalaniladi.

EtTda har bir raqamning qo'lyozma shakldagi bir nechta ko'rinishi qaraladi. Har bir raqam uchun $p[i], i=1, \dots, N$ belgilar tahlil qilinadi. Bu yerda N - qaralayotgan raqamning belgilari soni. A_i orqali 1 raqamida uchraydigan i - belgining to'plamini belgilaymiz. U holda har bir i uchun, $0 < i \leq N, A_i$ quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

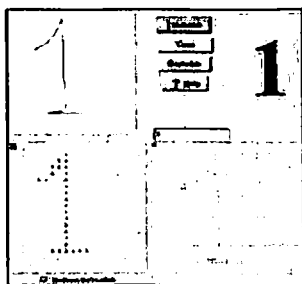
$$A_i = A_{i1} \cup A_{i2} \cup \dots \cup A_{im_i}, \text{ bu erda } A_{ij} = \{x \in R, s_{ij} \leq x \leq e_{ij}\}$$

m_i har bir i va har bir j uchun turlicha. Undan keyin qarama-qarshiliklar izlanadi. Agar qandaydir raqamlar, masalan 1 va 2 uchun belgilar qiymati kesishsa, ya'ni $A_i \cap B_i \neq \emptyset, \forall i, i=1, 2, \dots, N$ bo'lsa, u holda ushbu qarama-qarshilikni yo'qotishga urinishiladi. Bu holda raqamlarni bir-biridan yaxshiroq ajratuvchi shunday j - belgi topiladiki, ushbu belgi A to'plamini o'zaro kesishmaydigan shunday A', A'' to'plam ostilariga ajratadiki, ular uchun $A = A' \cup A'', A_j = A'_j \cup A''_j$, bu erda $A'_j = A_{j1} \cup A_{j2} \cup \dots \cup A_{jk}, A''_j = A_{jk+1} \cup A_{jk+2} \cup \dots \cup A_{jm_j}, 0 < k < m_j$. Undan keyin har bir A', A'' uchun protsedura takrorlanadi hamda qarama-qarshiliklar tekshiriladi va h.k.

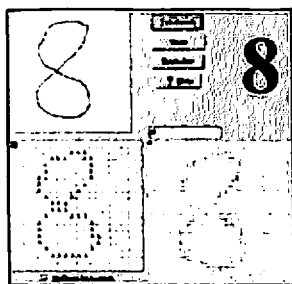
Boshqa raqamlar uchun maxsus nuqtalar 8.10 - rasmdagidek aniqlanadi.



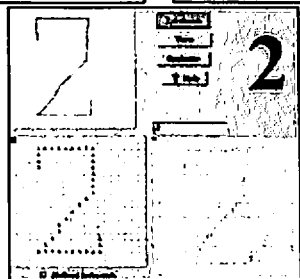
Dasturiy ta'minot. Raqam tasviri kompyuterga kiritiladi yoki chiziladi, har bir raqam tasviri 8.4-jadvaldagi belgilar asosida tanib olinadi [4]. Masalan 1, 8, 2 raqamlarning har biri qanday raqam ekanligi dastur yordamida aniqlandi (8.11-8.13-rasmlar).



8.11-rasm.



8.12-rasm.



8.13-rasm.

4-§. Shaxs imzolarini o'xshashlik koeffitsiyentlari asosida tanib olish

Shaxs imzolarni kodlashtirish, o'xshashlik koeffitsiyentlari va funksiyalarini hisoblash asosida yangi shaxs imzolarini tanib olishni ta'minlovchi algoritmnı keltiramiz.

Algoritm quyidagi qadamlardan iborat:

1. Tezkor xotiraga V EtT sifatida $V_1, V_2, \dots, V_l$ sinf(shaxs)lar nomlari, har bir sinfda shaxsning $X_1, X_2, \dots, X_m$ imzolari hamda V^* sinov tanlov sifatida shaxslarning yangi $X_1, X_2, \dots, X_m$ imzolari kiritiladi yoki kom'pyuterda chiziladi.

2. $X_1, X_2, \dots, X_m$ imzolar $n * m$ - o'lchovli retseptor maydonida kodlashtiriladi va hosil qilingan $n * m$ kodlar 1-o'lchovli $x_1, x_2, \dots, x_n$ vector shakliga keltiriladi.

3. $i = 1$. V^* dan X_i^* imzo olinadi.

4. $j = l$. V dagi V_j sinf tanlanadi.

5. $k = l$. V_j sinfdan X_k imzo tanlanadi.

6. $t = l$. V^* dagi X_t^* imzo kodi va V_j sinfdagi X_k imzo kodi bilan a_i, h_i, q_i, b_i koefitsiyentlar hisoblanadi [4, 43].

7. $t = t + 1$. Agar $t \leq n$ bo'lsa, u holda algoritm 6-qadamga o'tadi, aks holda 8-qadamga o'tadi.

8. $k = k + 1$. Agar $k \leq m$ bo'lsa, u holda algoritm 5-qadamga o'tadi, aks holda 9-qadamga o'tadi.

9. V^* dagi X_t^* imzo kodi va V_j sinfdagi X_k imzo kodi bilan hisoblangan a_i, h_i, q_i, b_i koefitsiyentlarning har birining yig'indisi hisoblanadi [4, 43]:

$$a_{\Sigma} = a_1 + a_2 + \dots + a_n, \quad h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + \dots + h_n, \quad q_{\Sigma} = q_1 + q_2 + \dots + q_n, \\ b_{\Sigma} = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

10. V_j sinf uchun $n_{\Sigma} = a_{\Sigma} + h_{\Sigma} + q_{\Sigma} + b_{\Sigma}$ hisoblanadi.

11. V_j sinf uchun 9 ta o'xshashlik funksiyalarning qiymatlari hisoblanadi [11, 109].

12. $j = j + 1$. Agar $j \leq l$ bo'lsa, u holda algoritm 4-qadamga o'tadi, aks holda 13-qadamga o'tadi.

13. $i = i + 1$. Agar $i \leq m^*$ bo'lsa, u holda algoritm 3-qadamga o'tadi, aks holda 14-qadamga o'tadi.

14. V^* dagi X_i^* imzoning qaysi sinf(shaxsga)ga tegishli ekanligini aniqlash uchun

$$15. R(X_i^*) : \begin{cases} X_i^* \in V_j, \text{ agar } S_i' > S_i^t \\ X_i^* \in V_k, \text{ agar } S_i' > S_i^t \\ X_i^* \notin V_j \text{ va } X_i^* \notin V_k, \text{ agar } S_i' = S_i^t \end{cases} \quad (i = \overline{1,9})$$

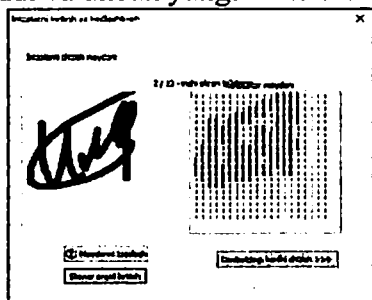
HQQdan foydalaniladi.

Dasturiyta'minot. Shaxs imzolarini kompyuterga kiritish yoki kompyuterda sichqoncha yordamida hosil qilish 8.14 - rasmdagidek va ularni kodlashtirish 8.15 - rasmdagidek amlaga oshiriladi [4].

Natijada shaxs imzolarining kodlaridan iborat V etalon va V^* sinov

tanlovlar hosil qilinadi (8.15-rasm). V^* dagi yangi shaxs imzosini (8.16-rasm) tanib olish uchun uning kodini V da joylashgan har bir sinfdagi

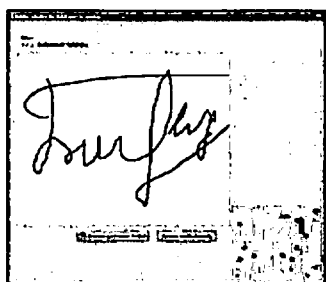
shaxs imzolarining kodlari bilan o'xshashlik koeffitsiyenlari va ular asosida o'xshashlik funksiyalari hisoblanadi [4, 43]. O'xshashlik funksiyalarining qiymatlari asosida hal qiluvchi qoida (HQQ) $R(X_j)$ quriladi va undan yangi imzolarni tanib olishda foydalaniladi.



8.14-rasm.

	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13
Ind1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Ind2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ind5	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Ind6	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind7	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind8	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind9	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind10	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind11	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind12	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind13	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind14	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind15	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind16	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind17	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind18	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind19	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind20	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind21	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind22	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind23	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind24	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind25	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind26	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind27	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind28	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind29	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind30	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind31	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind32	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind33	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind34	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind35	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind36	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind37	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind38	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind39	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind40	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind41	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind42	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind43	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind44	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind45	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind46	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind47	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind48	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind49	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind50	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind51	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind52	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind53	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind54	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind55	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind56	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind57	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind58	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind59	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind60	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind61	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind62	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind63	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind64	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind65	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind66	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind67	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind68	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind69	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind70	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind71	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind72	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind73	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind74	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind75	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind76	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind77	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind78	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind79	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind80	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind81	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind82	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind83	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind84	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind85	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind86	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind87	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind88	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind89	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind90	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind91	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind92	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind93	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind94	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind95	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind96	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind97	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind98	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind99	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ind100	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0

8.15-rasm.



8.16-rasm.

[illegible]

8.17-rasm.

Yangi imzoning qaysi shaxsga tegishli ekanligi haqidagi natija aniqlanadi

U-na'-an ob'yeht Darronov - shaz=ga regisli

8.18-rasm.

5-§. Rastrli tasvirlar va videotasvirlarga ishlov berish va tadqiqot o'tkazish dasturiy vositalari

Rastrli tasvirlarga ishlov berishning dasturiy vositalarini ishlatilishiga qarab shartli ravishda ikkiga ajratib olish mumkin: foydalanuvchilar uchun va tadqiqotchilar uchun. Foydalanuvchilar uchun dasturiy vositalarga shaxsiy, korxona va tijorat ishlarida foydalaniladigan dasturiy vositalarni kiritish mumkin, masalan, Adobe Photoshop, CorelPhoto-Paint, PhotoFinish, Picture Man, Paintbrush, VixWin Platinum (tibbiyotchilar uchun) va boshqalar. Tadqiqotchilar uchun dasturiy vositalar tasvirlarga ishlov berish algoritmlarini sinovdan o'tkazish, dastur tuzish va ilovalar yaratish uchun mo'ljallangan bo'ladi va ularga yuqori dasturlash tillari (C++, Java, Python, C#, ...) va amaliy matematik dasturiy paketlar (MATLAB, Mathcad, Maple, Mathematica va boshqalar)ni keltirish mumkin.

Raqamli videotasvirlarga ishlov berish dasturiy vositalarini ham shunday sinflashtiradigan bo'lsak, birinchi sinfdagilarga Kinostudiya Windows (Movie Maker), VirtualDub, Avidemux, Adobe After Effects, ZS4 Video Editor, VSDC Free Video Editor, Pinnacle Studio, Corel VideoStudio Pro, Edius videomontaj dasturlarini va ikkinchi sinfga esa obyektga yo'naltirilgan dasturlash tillari, OpenGL, OpenCV, MATLAB tizimini misol qilib keltirish mumkin.

OpenCV - kompyuterning ko'rish algoritmlarining, tasvirlarga ishlov berish va ochiq kalitga ega bo'lgan umumiy belgilanishdagi sonli algoritmlarning kutubxonasidir. C/C++ da amalga oshirilgan, shuningdek, Python, Java, Ruby, Matlab, Lua va boshqa tillar uchun ishlab chiqilmoqda. Akademik va tijorat maqsadlarida bimalol foydalanilishi mumkin — BSD litsenziyasi shartlarida tarqatiladi.

MATLAB paketida tasvirlarga ishlov berish vositasi. MATLAB nomi ingliz tilidagi MATrixLABoratory so'z birikmasidan kelib chiqadi. MATLAB tizimi LINPACK (Linear System Package) va EISPACK (Eigen System Package) loyihalari doirasida ishlab chiqilgan matritsali dasturiy mahsulotlardan foydalanishni engillashtirish uchun yozilgan edi.

Hozirgi vaqtda MATLAB yadrosi matritsali hisoblashlar uchun eng zamonaviy DTni o'z ichiga oladigan LAPACK (Linear Algebra Package) va BLAS (Basic Linear Algebra Subprograms) kutubxonalariga o'rnatilgan. Universitet muhitida MATLAB

matematika, texnika va boshqa ilmiy fanlar bo'yicha boshlang'ich va chuqurlashtirilgan kurslar uchun standart hisoblash asbobi hisoblanadi.

Sanoatda esa MATLAB ko'pgina tadqiqotchilar va ishlab chiqaruvchilar tomonidan keng foydalaniladi. MATLAB tizimidan ingliz tilida toolbox (asboblarni to'plam) deb ataladigan ixtisoslashtirilgan dasturlar to'plamlari ko'rinishida keng foydalaniladi.

Image Processing Toolbox raqamli ishlov berish va tasvirlar tahlili uchun vositalarning keng spektrini tavsiya etadi. MATLAB ilovalarini ishlab chiqish muhiti bilan chambarchas bog'liq bo'lgan Image Processing Toolbox paketi kuchni asosiy ilmiy yoki amaliy vazifani hal etishga to'plash imkonini yaratgan holda sizni kodlashning uzoq davom etadigan operatsiyasini bajarish va algoritmlarni sozlashdan xalos etadi [34].

MATLAB va Image Processing paketi foydalanuvchining yangi g'oyalari va usullarini rivojlantirish, joriy etish uchun maksimal darajada moslashtirilgan.

Image Processing Toolbox ilovasi MATLAB muhitida raqamli hisoblashlar imkoniyatini kengaytiradigan funksiyalar to'plamidan iborat. *Ilova tasvirlarga ishlov berishning turli operatsiyalarini*, jumladan tasvirlarning vaqt oralig'idagi qayta o'zgarishi, morfologik operatsiyalar, o'zgaruvchan va qobiqli ishlov berish, turli filtrlar yordamida chiziqli filtrlash, tasvirlarni tahlil qilish va ularni yaxshilash, tasvirlarni tiklash, buzilishlarni yo'q qilish, qaratilgan sohasiga ishlov berish kabilarni o'z ichiga olgan holda qo'llab quvvatlaydi.

Ilovaning ko'pgina funksiyalari MATLAB tizimida mantiqiy-fayllar ko'rinishida taqdim etiladi. Ularda tasvirlarga ishlov berishning eng ko'p ma'lum bo'lgan algoritmlari amalga oshirilgan. Shuningdek, funksiyalarning ushbu algoritmlarni amalga oshiradigan dasturiy kodlarini qo'rib chiqish imkoni mavjud.

Image Processing Toolbox ilovasining barcha M-fayllari bir xil funksiyalarga ega va ulardan Signal Processing Toolbox va Wavelet Toolbox kabi boshqa ilovalar M-fayllari kombinatsiyalarida foydalanish mumkin.

Image Processing Toolbox paketi olimlar va muhandislar uchun raqamli ishlov berish va tasvirlarni tahlil qilish uchun vositalarning keng spektrini taqdim etadi. Uning *asosiy xususiyatlari* tasvirlar detallarini tiklash va ajratish, rasvirlarning ajratilgan qismi bilan ishlash, tasvirni tahlil qilish, chiziqli filtrlash, tasvirlarni qayta o'zgartirish, geometrik o'zgarishlar, muhim detallar kontrastligini oshirish, binar

o'zgarishlar, tasvirga ishlov berish va statistika, rang o'zgarishlari, palitraning o'zgarishi va tasvirlar turlarini o'zgartirish kabilardan iborat.

MATLAB va Image Processing Toolbox paketi foydalanuvchining yangi g'oyalari va usullarini rivojlantirish uchun maksimal darajada moslashgan. Buning uchun mumkin bo'lgan o'ziga xos va noan'anaviy masalalarni hal etish uchun yo'naltirilgan paketlar to'plami mavjud.

Image Processing paketi hozirgi vaqtda dunyo bo'yicha 4000 ta kompaniya va universitetlarda ishlatiladi. Shu bilan birga foydalanuvchilar ushbu paket yordamida juda ko'p sohalarga tegishli, masalan: kosmik tekshiruvlar, harbiy ishlab chiqarishlar, astronomiya, tibbiyot, biologiya, robotlarni qurish, materialshunoslik, genetika va boshqa sohalar bilan bog'liq masalalarni hal etmoqdalar.

Image Processing Toolbox ilovasi tasvirlarga ishlov beradigan standart algortmlar va grafik vositalarning to'liq to'plamidan iborat. Siz tasvirni yaxshilashni, shovqinni kamaytirishni, tahlil qilish, vizuallashtirish va algortmlarni rivojlantirishingiz mumkin. Asboblar panelining ko'pgina funksiyalari ko'p oqimli hisoblanadi.

MATLAB paketini yuqori dasturlash tillari (C/C++, Java, Delphi, FORTRAN) bilan qiyoslasak, u ochiq arxitekturaga ega va yangi algortmlarni ishlab chiqish hamda sohaga oid masalalarni yechishda vaqtni tejaydi. Unda yozilgan dasturni C++, Java yoki FORTRAN tillariga avtomatik o'tkazish imkoniyati mavjud. Shuning uchun biz quyida faqat MATAB paketida tasvirlarni tahlil qilish uchun misollar keltiramiz.

Misol. Rang asosida yuzni topish. Kompyuterli ko'rish tizimining masalalaridan biri tasvirda shaxs yuzini tanib olishni avtomatlashtirish masalasi hisoblanadi. Bu masalani yechishda ko'plab yondashuvlar mavjud bo'lib, ushbu ishda ranglarni tahlil qilish asosida tasvirda yuzni avtomatik topish usulini MATLAB muhitida qarab chiqamiz [18].

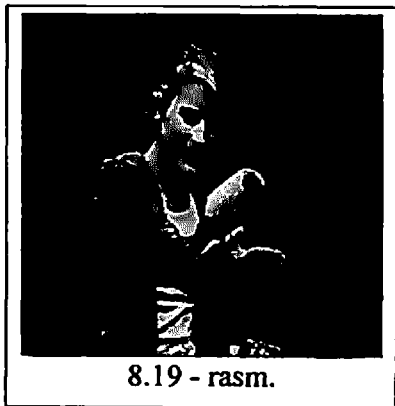
1-qadam. Matlab muhitida biror rasmni o'qib olinadi (8.19 - rasm):

```
clear; %boshlang'ich tasvirni o'qish;
```

```
L=imread('im.jp'); [N M
```

```
s]=size(L);
```

```
L=double(L)/255; figure,  
imshow(L); title('Rasm');
```



8.19 - rasm.

2-qadam. So'ngra yuz tasvirida

xarakterli ranglardagi piksellarni tanlash zarur, buning uchun ularning intensivligining o'rtachasini va o'rtacha kvadratik

chetlanishini aniqlaymiz:

```
[x,y,z]=impxel; r=median(z(:,1));
```

```
std_r=std(z(:,1));
```

```
g=median(z(:,2));
```

```
std_g=std(z(:,2)); b=median(z(:,3)); std_b=std(z(:,3));
```

Yuz piksellari intensivligi qiymatlari va ularning mumkin bo'lgani variatsiyasi haqidagi bilimlarga tayanib tasvir segmentlanadi (8.20-rasm):

```
%Ranglar tahlil asosida segmentlash.
```

```
for i=1:N; disp(i); for j=1:M; if (abs(L(i,j,1)-
```

```
r)<std_r)&(abs(L(i,j,2)-g)
```

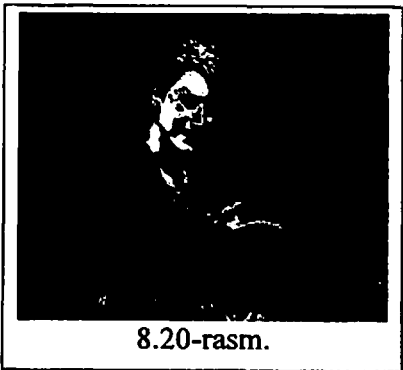
```
<std_g)&(abs(L(i,j,3)-b)<std_b); L1(i,j)=1; else L1(i,j)=0; end;
```

```
end; end;
```

```
figure, imshow(L1);title('Segmentlash natijasi');
```

Segmentlash natijasida yuz tasviri piksellari intensivligiga mos

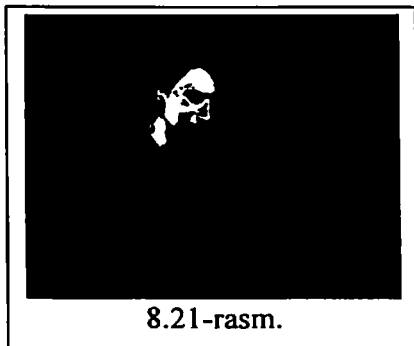
piksellar boshqa obyektlarda ham uchrashi va ular ham segmentlanishi mumkin. Bu paytda segmentlangan tasvirda kerakli obyekttni, ya'ni yuzni topish talab qilinadi. Qidirish mezonini turlicha bo'lishi mumkin: maydon, shakl va boshqalar. Masalan, yuz tasviri katta bo'lmagan sohani egallaydi, degan farazni olaylik. Maydonga asoslangan mezon orqali yuzni qidirish maydondan kichik sohalarni olib tashlash mumkin.



8.20-rasm.

3-qadam. %boshqa obyektlar (berilgan qiymatlardan kichik maydon)ni olib tashlash, shovqinni tozalash (8.21-rasm).

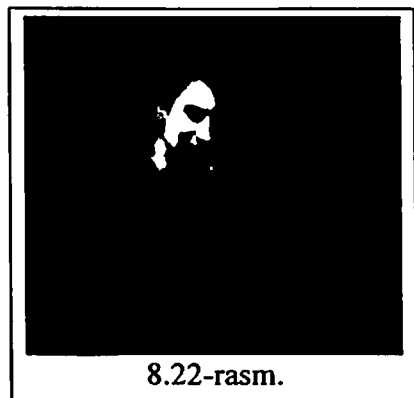
```
[mitka num]=bwlabel(L1,8);
feats=imfeature(mitka,'Area',8);
Areas=zeros(num); for i=1:num;
Areas(i)=feats(i).Area; end;
idx=find(Areas>750);
L1=ismember(mitka,idx);
figure,imshow(L1);title('Tozalash
natijasi');
```



8.21-rasm.

4-qadam. Segmentlangan yuz tasvirida boshqa obyektlarni olib tashlash (8.22-rasm): $L1=1-L1$;

```
[mitka num]=bwlabel(L1,8);
feats=imfeature(mitka,'Area',8);
Areas=zeros(num); for i=1:num;
Areas(i)=feats(i).Area; end;
idx=find(Areas>750);
L1=ismember(mitka,idx); L1=1-
L1; figure,imshow(L1); title('Yuz
tasvirni tozalash');
```



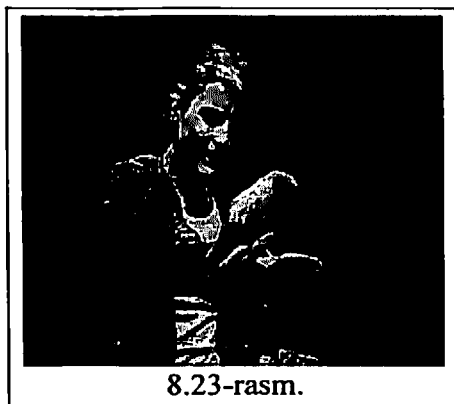
8.22-rasm.

Bu mezon boyicha yuz tasvirini ishonchli qidirish etarli bo'lmashligi mumkin. Shuning uchun yuz tasvirini qidirishda boshqa mezonlardan foydalanish lozim. Odatda yuz shakli haqidagi aprior ma'lumotlariga asoslanadigan mezonlarni tavsiya qilish mumkin.

5-qadam. Avval segmentlangan yuz tasvirini to'g'rito'rtburchak bilan

belgilaymiz (8.23-rasm):

```
MIN_i=N;MIN_j=M;MAX_i=0;
MAX_j=0; for i=1:N;
disp(i); for j=1:M;
if L1(i,j)==1; if i>MAX_i;
MAX_i=i; end; if j>MAX_j;
MAX_j=j;
end; end; end; figure,
imshow(L);
```



8.23-rasm.

```

line([MIN_j MAX_j],[MIN_i MIN_i]);hold on;
line([MAX_j MAX_j],[MIN_i MAX_i]);
line([MAX_j MIN_j],[MAX_i MAX_i]);
line([MIN_j MIN_j],[MIN_i MAX_i]);hold off;

```

Nazorat savollari

1. Tasvir ko'rinishida berilgan obyektlardan etalon obyektlar qanday hosil qilinadi?
2. Tasvirlar kodlarga qanday aylantiriladi?
3. Tasvirlarning kodi aniqroq bo'lishi uchun to'rda qanday operatsiyani amalga oshirish kerak?
4. Bo'sag'a sifatida qanday qiymatni olamiz?
5. Mutloq va nisbiy kodli tavsiflash nima?
6. Tasvirlarni qayta ishlashning va tanib olishning qanday usullari mavjud?
7. Belgilar, shablonlar va strukturali TOTlarning farqlari nimada?
8. Obyektlarning tasvirlaridan etalon qanday hosil qilinadi?
9. GSHlarni tanib olish qanday amalga oshiriladi?
10. QRLarni maxsus nuqtalar bo'yicha tanib olish qanday amalga oshiriladi?
11. Shaxs imzolarini tanib olish algoritmini keltiring.
12. Vdieotasvir nima?
13. Raqamlarni binar rastrga keltirish qanday amalga oshiriladi?

Nazorat testlari

1. Obyektlarni kodli tavsiflash kodli tavsiflashga bo'linadi.
 a) mutloq va nisbiy; b) mutloq va oddiy; v) oddiy va abstrakt;
 g) mutloq va abstrakt.
2. Mutloq kodli tavsiflashda qarab yetarli aniqlik bilan tasvirni yana tiklash mumkin.
 a) kodiga; b) o'rtachasiga; v) boshlang'ich shartga;
 g) chegaraviy shartga.
3. Nisbiy kodli tavsiflashda ba'zi bir belgilari hisobga olinadi.
 a) obyektning; b) sinfnig; v) belgining; g) boshlang'ich shartning.

4. Tasvir timsoli tushirilgan to'ramaydoni deb nomlanadi.
a) retseptor; b) yadro; v) sinf; g) satr.
5. Tasvir timsoli tushirilgan to'ring katakchalari deb nomlanadi.
a) retseptor; b) tekislik; v) satr; g) yadro.
6. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni anglashda qanday tizimlardan foydalaniladi?
a) shablonli, strukturali, belgili; b) shablonli, ehtimolli, mantiqli;
v) strukturali,determinalli, sonli; g) shablonli, belgili, nominalli.
7. Belgilar asosida tanib oluvchi tizimarda har bir tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarning tasviri belgilar fazosidagi obyekt sifatida aks ettiriladi.
a) o'rtacha; n-o'lchovli; b) shablonli; diskret;
v) strukturali; sonli; g) sonli; nominalli.
8. Shablonlar asosida tanib oluvchi tizimar alohida tasvir ko'rinishda berilgan obyekt belgilarini almashtiradi, uni bazada mavjud bo'lgan barcha bilan taqqoslaydi va kiruvchi tasvir ko'rinishda berilgan obyektlardan eng nuqtalar bilan farq qiluvchi shablonni tanlaydi.
a) rastrliga; etalonlar; kam; b) shablonliga; obyektlar; kam;
v) strukturaliga; etalonlar; ko'p; g) sonliga; obyektlar; ko'p.
9. Strukturali tanib oluvchi tizimarga ko'ra tasvir ko'rinishda berilgan obyektlar bir nechta vaqatnashadigan obyektlarga ajratiladi.
a) muhim; doimiy; b) shablon; kam;
v) muhimmas;; etalonlar; g) sonli; muhim.
10. Raqamlarning binar rastrli deganda nuqtalardan iborat shunday ikki o'lchovli matritsa tushuniladiki, bunda raqamlar rangda va fonlar rangda beriladi.
a) oq va qora; qora; oq; b) 1 va 2; 1; 0; v) ko'k va sariq; sariq; oq;
g) oq va qizil; qora; oq.
11. Rastrli raqamlarning vektorli ko'rinishi deganda shunday grafni tushunamizki, undagi tugunlarga raqamning mos keladi.
a) bog'langan nuqtalari; b) bog'lanmagan nuqtalari;

v) kesishmaydigan chiziqlari; g) bog'lanmagan chiziqlari.

Masala va topsiriqlar

1. x xil qo'lyozma shaklda yozilgan y (K_1 -sinf) va z (K_2 -sinf) raqam yoki harflarini $m \times n$ retseptor maydonida kompyuterda kodlashtiring. x xil qo'lyozma shaklda yozilgan y va z raqam yoki harflarning etalonini aniqlovchi va yangi ikkitadan y va z raqamlarini K_1 yoki K_2 - sinfga tegishli ekanligini aniqlovchi dastur tuzing.

Topshiriq variantlari

Variantlar	x	y	z	n	m	k
1	10	1	7	6	5	1
2	12	A	B	5	5	2
3	14	3	8	5	7	3
4	9	S	T	8	5	2
5	15	5	6	7	6	2
6	20	R	G	6	6	3
7	14	D	W	6	4	1
8	16	2	8	6	8	2
9	14	F	5	7	7	3
10	16	2	S	5	8	1
11	10	T	7	6	5	1
12	12	K	B	5	5	2
13	14	8	8	5	7	3
14	9	3	T	8	5	2
15	15	U	6	7	6	2
16	20	L	G	6	6	3
17	14	Q	W	6	4	1
18	16	P	8	6	8	2
19	14	H	5	7	7	3
20	16	7	S	5	8	1

2. Quyidagi jadvalda keltirilgan GSHlarni aniqlovchi DT yarating.

Variyantlar	Geometrik shakllar	Shakllar soni	Yangi shakllar soni
1	Uchburchak va to'rtburchak	10	6
2	Uchburchak va	8	6

	parallelogram		
3	Uchburchak va romb	14	5
4	Uchburchak va trapetsiya	9	4
5	Uchburchak va doira	10	5
6	To'rtburchak va parallelogram	12	4
7	To'rtburchak va romb	8	4
8	To'rtburchak va trapetsiya	12	6
9	To'rtburchak va doira	14	7
10	Parallelogram va romb	12	7
11	Parallelogram va trapetsia	8	4
12	Parallelogram va doira	9	4
13	Romb va trapetsiya	12	6
14	Romb va doira	8	4

3. Shaxs imzolarini namunaviy imzolar asosida tanib oluvchi DT yarating.

9-BOB. GENETIK ALGORITMLAR VA ULARNING MODIFIKATSIYALARI

1-§. Genetik algoritm va uning asosiy tushunchalari

GAlar g'oyasi J. Xolland tomonidan XX asrning 60-yillari oxiri 70-yillari boshlarida taklif qilingan va uning birinchi tadqiqotlar natijalari "Tabiiy va sun'iy tizimlarga moslashish" [47]



monografiyasida, shuningdek, uning aspiranti Kennet De Yongning dissertatsiyasida [14] umumlashtirilgan. Shuningdek, D. E. Goldberg [10] tomonidan oddiy GA tuzilmasi to'g'risida ilmiy ishlar chop etilgan.

GAlar tirik organizmlar dunyosida yuz beradigan tabiiy jarayonlarni, xususan, evolyutsiyani va tirik mavjudotlar populyatsiyasining shu bilan bog'liq tanlanishini (tabiiy tanlanishini) kuzatish va nusxalashga urinishlar natijasida paydo bo'lgan.

GA - bu tabiatdagi tabiiy seleksiyalashga o'xshash mexanizmlardan foydalanib, kerakli parametrlarni tasodifiy tanlab olish, birlashtirish va o'zgartirish orqali optimallashtirish va modellashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladigan evristik qidiruv algoritmi. Bu EHning bir turi bo'lib, evolyutsiya muammolarini tabiiy evolyutsiya usullaridan foydalangan holda, masalan *meros, mutatsiyalash, tanlab olish va chatishtirish* kabi muammolarni hal qiladi. GAlar o'z ishlarida irsiyat, o'zgaruvchanlik va tabiiy tanlanishning evolyutsion tamoyillaridan foydalanadilar.

Genetik algoritmning asosiy tushunchalari. GAlarda genetikadan olingan bir qator atamalar, birinchi navbatda genlar va xromosomalar, shuningdek populyatsiya, individual, allel, genotip, fenotip kabilar ishlatiladi. Shuningdek, ushbu atamalarga mos keladigan texnik leksikadagi tushunchalar, xususan, zanjir, ikkilik ketma-ketlik, tuzilma kabilardan ham foydalaniladi [36].

Populyatsiya - bu cheklangan xromosoma(zot)lar to'plami. GAlarda populyatsiyaga kiritilgan *xromosomalar* ular ichida kodlangan muammoli parametrlar to'plami bo'lgan xromosomalar bilan ifodalanadi, ya'ni, echimlar, boshqacha qilib aytganda qidiruv fazosidagi nuqtalar (qidiruv nuqtalari) deb ataladi.

Xromosoma - bu irsiy ma'lumotlarning tashuvchisi. Xromosomalar to'plami individni xarakterlaydi. Xromosoma genlardan tashkil topgan. *Xromosomalar* (qatorlar yoki kodlar ketma-ketligi deb ham ataladi) - bu

genlarning tartiblangan ketma-ketliklari hisoblanadi. Ba'zi bir ilmiy ishlarda xromosomalar *organizmlar* deb ham ataladi.

Gen (xususiyat, belgi yoki detektor deb ham ataladi) - bu genotipning atomar elementi, xususan xromosomalar hisoblanadi. *Genlar* - irsiy axborotni kodlash elementlari. Axborotni bitli kodlash ko'pincha genlar vazifasini bajaradi.

Genetik operator - bu avlodni olish uchun zarur bo'lgan bir yoki bir nechta ota-onalarga nisbatan tartiblangan harakatlar ketma-ketligi.

Individ (organizm) - xromosomalar to'plami.

Individual moslanuvchanlik - kerakli parametrga nisbatan berilgan parametrlar to'plami uchun maqsad funksiyasining qiymati.

Genotip yoki tuzilma - bu ma'lum bir individning xromosomalar to'plami hisoblanadi. Binobarin, populyatsiyaning individual a'zolari genotiplar yoki bitta xromosomalar bo'lishi mumkin (keng tarqalgan holatda siftida genotip bitta xromosomadan iborat bo'lgan holar qaraladimasala

Fenotip - bu ma'lum bir genotipga mos keladigan qiymatlar to'plami, ya'ni. masala parametrlarining dekodlangan tuzilmasi yoki to'plami (echimi, qidiruv fazosining nuqtasi).

Allel - bu ma'lum bir genning qiymati, shuningdek xususiyatning qiymati yoki xususiyatning bir varianti sifatida aniqlanadi.

Lokus yoki joy - bu ma'lum bir genning xromosoma(zanjir)da joylashgan joyini ko'rsatadi. Genlar joylarining to'plami *lokalar* deb ataladi.

Moslanuvchanlik funksiyasi (MosF) - bu genetikaga xos bo'lib, u populyatsiyadagi muayyan xromosomalarning jismoniy tayyorgarligini baholash va eng munosiblarini tirik qolish evolyutsion prinsipiga muvofiq ular orasida eng munosibini (ya'ni MosFning maksimal qiymatlariga ega bo'lganini) tanlashga imkon beradi. *Genetika algoritmining* har bir takrorlanishida ma'lum bir populyatsiyaning har bir xromosomasiini jismoniy tayyorgarligi MosFdan foydalangan holda baholanadi va shu asosda muammoning potentsial echimlari to'plamini tashkil etadigan jismoniy xromosomalarning navbatdagi populyatsiyasi yaratiladi, misol sifatida optimallashtirish masalasini keltirish mumkin.

Xromosomalarning boshlang'ich populyatsiyasini yaratish - bu MosF parametrlarining qiymatlari tasodifiy tanlangan va ushbu parametr qiymatlari uchun MosF qiymati topilgan holat hisoblanadi.

Seleksiyalash (tanlash) - ko'payish uchun eng yaxshi moslashuvchanligi bo'lgan xromosomalarni seleksiyalash

(moslanuvchanlik (maqsad) funksiyasi qiymati bo'yicha saralash). Xromosomaning moslanuvchanlik tayyorgarligi qanchalik yaxshi bo'lsa, kelajak avlodga uning genlarini chatishtirish va meros qilib olish imkoniyati shunchalik yuqori bo'ladi.

Chatishtiruv - bunda tasodifiy ravishda xromosomalar qatoridagi qo'shni bitlar orasida uzilish nuqtasi tanlanadi. Ikkala ota-ona xromosomalari ham shu vaqtda ikkita segmentga bo'linadi. Keyin, turli xil ota-onalarning tegishli segmentlari biriktiriladi va avlodning ikkita genotipi olinadi.

Mutatsiyalash - bu genlarning tasodifiy o'zgarishi. Tasodifiy tanlangan gen qandaydir ehtimollik bilan bosqasiga o'zgaradi.

Inversiyalash - xromosoma kodi qismlarini kelish tartibini o'zgartirish bo'lib, bunda tasodifiy ravishda xromosoma kodidagi qo'shni bitlar orasida uzilish nuqtasi tanlanadi. Uzilish nuqtasi bo'yicha ota-ona xromosoma kodidagi qismlar joulari almashtiriladi va undan keyin birlashtiriladi.

Avlod - GAdagi navbatdagi populyatsiya va "yangi avlod" yoki "avlodlar avlodi" atamasi xromosomalarning yangi yaratilgan populyatsiyasiga nisbatan qo'llaniladi.

Ikklilik kodlash - bu xromosomaning genotipini nol va birdan iborat raqamli ketma-ketlik sifatida aks ettirish usuli.

Haqiqiy kodlash - bu xromosomaning genotipini haqiqiy sonlar to'plami sifatida aks ettirish usuli.

Rekombinatsiyalash (aralashma) - bu genlarning yangi kombinatsiyalarini paydo bo'lishiga olib keladigan jarayondir

Urchish - ota-ona xromosomalari genlarining rekombinatsiyalash natijasida yangi xromosomalarni yaratishni anglatadi. Urchish uchun ikki: *chatishtiruv* va *mutatsiyalash* amallari bajariladi.

Chatishtiruv amali - bu ota-ona xromosoma juftlari genlarini qayta kombinatsiyalash yo'li bilan avlodlarning mutlaqo yangi xromosomalarni yaratishga imkoniyat beradi.

Mutatsiyalash amali - bu ayrim xromosomalar tuzilmalarida tegishli o'zgarishlarni yuzaga keltirishi mumkin.

Sodda GA mexanizmi. *U quyidagi protseduralarni o'z ichiga oladi:*

a) tasodifiy ravishda dastlabki xromosomalar (parametrlarni bit satrlar, string-xromosomlar, xromosomalar)ning ketma-ketliklar populyatsiyasini shakllantirish;

b) olingan dastlabki populyatsiyaga seleksiya, mutatsiyalash va chatishtiruv amallarni qo'llash;

v) ushbu amallarning bajarilishi natijasida xromosomalarning yangi populyatsiyalarini shakllantirish;

g) yangi populyatsiyaning moslanuvchanlik darajasi(MD)ni baholash (tanlangan mezon asosida) va moslashuvchanlik bahosi qoniqarli bo'lgan populyatsiyani yangi dastlabki populyatsiya sifatida saqlab qolish, aksincha - yo'qotish (yaroqsiz deb topish). Oxirgi holatda avvalgi dastlabki populyatsiyaga qaytiladi va seleksiyalash, mutatsiyalash hamda chatishtiruv amallari yangi parametrlar bilan barcha protseduralar takrorlanadi.

GAarning qo'llanilish sohalari. GAlarni tez-tez ishlatib turadigan ba'zi sohalarni ham keltirib o'tamiz:

- *optimallashtirishda* - ma'lum cheklovlar to'plami ostida maqsad funksiyasining berilgan qiymatini maksimal darajaga ko'tarish yoki kamaytirishdan iborat;

- *iqtisodiyotda* - veb-model, o'yinlar nazariyasidagi muvozanatni aniqlash, mahsulotlar narxlari va boshqalar kabi turli xil iqtisodiy modellarni tavsiflash uchun ham ishlatiladi;

- *Ntlarida* – Ntlarni (ayniqsa takrorlanuvchi Ntlarni) o'rgatishda qo'llaniladi;

- *parallel hisoblashda* - GA shuningdek juda yaxshi bir vaqtda ishlash qobiliyatiga ega va muayyan muammolarni hal qilishda juda samarali vosita bo'lib, tadqiqot uchun yaxshi maydon yaratadi.

- *tasvirlarni qayta ishlashda* - turli xil raqamli tasvirlarni qayta ishlashda foydalaniladi hamda piksellarni zichli taqqoslashda ishlatiladi.

- *avtotransport yo'nalishidagi muammolarda* - bir nechta yumshoq vaqt oynalari, bir nechta omborlar va turli tipdagi parklar orasidagi marshrutlarni aniqlashda qo'llaniladi;

- *rejalashtirish ilovalarida* - turli xil rejalashtirish masalalarida, xususan vaqtni aniqlash masalalarida ishlatiladi;

- *robot yo'lini generatsiya qilishda* - robotning qo'li bir nuqtadan ikkinchisiga o'tishda harakatlanadigan yo'lni rejalashtirish uchun ishlatiladi;

- *samolyotlarni parametrik loyixalashda* - parametrlarini o'zgartirish va yaxshi echimlarni ishlab chiqish uchun samolyotlarni loyihalashda foydalaniladi;

- *Dezoksiribonuklein kislotasi (DNK) tahlilida* - namunadagi spektrometrik ma'lumotlar yordamida DNKning tuzilishini aniqlash uchun foydalaniladi;

- *multimodal optimallashtirishda* - bir nechta optimal echimlarni topish kerak bo'lganda multimodal optimallashtirishda ishlatiladi.

GA ning afzalliklari. Bunga quyidagilar kiradi:

- hech qanday yasama ma'lumotlarini talab qilmaydi (ular haqiqiy hayotdagi ko'plab muammolar uchun mavjud bo'lmasligi mumkin);

- bu an'anaviy usullarga qaraganda tezroq va samaraliroq ishlaydi;

- juda yaxshi parallel ishlash imkoniyatlarga ega;

- uzluksiz va diskret funksiyalarni hamda ko'p maqsadli

masalalarni

optimallashtiradi;

- bitta yechim emas, balki "yaxshi" echimlar ro'yxatini taqdim etadi;

- vaqt o'tishi bilan yaxshilanadigan muammoga doimo javob oladi;

- qidiruv fazosi juda katta bo'lganida va ko'plab parametrlar mavjud bo'lganda foydalanish qulay.

GA ning cheklovlari va kamchiliklari. Bunga quyidagilar kiradi:

- GA barcha muammolarga mos kelmaydi, ayniqsa, sodda va ular uchun ma'lumot mavjud bo'lgan muammolar uchun;

- MosF qiymati masalani echishda bir necha bor hisoblab chiqiladi, bu esa ba'zi masalalarni echishda hisoblashlar hajmining oshishiga olib keladi;

- stoxastik bo'lganligi sababli echimning optimalligi yoki sifatiga hech qanday kafolat mavjud emasligi;

- agar GA to'g'ri bajarilmasa u optimal echimga yaqinlashmasligi mumkin.

GAlardan foydalanib masalalarni echishda quyidagi *muammoli holatlar* paydo bo'lishi mumkin: aniq global optimallashtirish kerak bo'lganda; funksiyani baholashni bajarish vaqti uzoq bo'lganda; masalaning birortasini emas, balki barcha echimlarini topish kerak bo'lganda; echimlarni kodlash oddiy bo'lmaganda.

2-§. Genetik algoritmlarda kodlash

Masalani echish uchun obyektning har bir xususiyatini GAda ishlatish uchun mos bo'lgan shaklda taqdim etish kerak bo'ladi. Dastlabki populyatsiyani seleksiyalash - bu parametrlarni xromosomalar

ko'rinishida ifodalash bilan bog'liq bo'lib, u xromosomalni ifodalash deb ataladi [36]. Bu ifodalash kodlash uslubi bilan aniqlanadi.

So'nggi yillarda GAning samarali bajarilishini ta'minlash uchun turli xil kodlash usullari ishlab chiqildi. Ularni *ikkilik kodlash*, *Greya usuli bilan kodlash* [36], *butun sonli kodlash*, *haqiqiy sonli kodlash* va *ma'lumotlar umumiy tuzilmasini kodlash* kabi sinflarga bo'lish mumkin.

Ikkilik kodlash. Ikkilik $B_i = \{0,1\}$ alfavitni kiritamiz. Butun sonli $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ vektorni $B_i = \{0,1\}$ alfavitda aks ettirish uchun ikkilik belgilarning shunday θ maksimal sonini aniqlash kerakki, u $[0, K]$ sohadan olingan ixtiyoriy β_i qiymatni ikkilik kodga akslantirish uchun etatli bo'lsin. Aniqlangan θ parametr quyidagi tengsizlikni qanoatlantiradi

$$K < 2^\theta, \quad (9.1)$$

bunda $K = \max K_i (1 \leq i \leq n)$. U holda $\beta_i (0 \leq \beta_i \leq 2^\theta)$ uchun

$$\beta_i = \sum_{j=1}^{\theta} \alpha_j \times 2^{j-1}, \quad (9.2)$$

yozish mumkin, bu erda α_j - ikkilik son (0 yoki 1); θ - butun β_i sonni kodlovchi ikkilik so'zning uzunligi.

9.1-misol. $\beta_i = 19$ sonni xromosoma qatori sifatida tasvirlaylik. $\beta_i = 19$ sonini ikkilik kodda ifodalash uchun (9.1) va (9.2) formulalarni e'tiborga olgan holda $\theta = 5$ aniqlaymiz, chunki $2^4 = 2^5 = 32$. (9.2) formula bo'yicha quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} 19 &= 1 \times 2^{5-1} + 0 \times 2^{5-2} + 0 \times 2^{5-3} + 1 \times 2^{5-4} + 1 \times 2^{5-5} = \\ &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0. \end{aligned}$$

U holda xromosomaning kodli satri quyidagicha bo'ladi:

1	0	0	1	1
---	---	---	---	---

Bitta α_i xromosoma n ta gen bilan tavsiflanadi va ularning har biri tegishli boshqariladigan o'zgaruvchining butun sonli kodini shakllantirish uchun javobgar hisoblanadi. Bu holda xromosomani quyidagi $E(X)$ shaklida aniqlash mumkin (9.1-jadval):

9.1-jadval. Xromosomaning tasvirlanishi.

α_i^1	...	α_o^1	α_i^2	...	α_o^2	...	...	...	α_i^n	...	α_o^n
$e_o(\beta_1)$			$e_o(\beta_2)$			...			$e_o(\beta_n)$		
1-gen			2-gen			...			n-gen		
1-lokus			2-lokus			...			n-lokus		
Xromosoma											

Shunday qilib xromosoma tayinlangan uzunlikdagi bitli qator hisoblanadi. Bu holda qatorning har bir qismiga *gen* mos keladi. Qator ichidagi genning uzunligi bir xil yoki har xil bo'lishi mumkin. Masalan, har biri to'rtta element genomi bilan kodlangan beshta xususiyatli obyekt uchun xromosomalarning umumiy uzunligi $5 \times 4 = 20$ bit [0010 1010 1001 0100 1101] bo'ladi.

Ikkilik qatorlar (xromosomal) uchun n bitlardan foydalanganda satrning ikkilik kodidan o'nlik qiymatiga o'tkazilish $x_i = a_i + decimal(100...010) \frac{b_i - a_i}{2^n - 1}$ formula bo'yicha amalga oshiriladi, bunda a_i va b_i - i - xususiyatning quyi va yuqori chegaralari; $decimal(100...010_2)$ - ikkilik qatorning o'nlik qiymati.

Greya usuli bilan kodlash. So'nggi yillarda GAda Greya kodidan foydalanish tendentsiyasi kuzatilmoqda, bu esa xemmingli siljishni tuzatish imkoniyatini kafolatlaydi. Ushbu usul bilan standart usulda butun sonlarni kodlovchi ikkilik qator $s_1, \dots, s_2$ tegishli $g_1, \dots, g_2$ satrga quyidagicha aylantiriladi:

$$g_k = \begin{cases} s_1, & \text{ecnu } k=1 \\ s_{i,k} \oplus s_1, & \text{ecnu } k>1 \end{cases}$$

bu erda $\oplus$ belgi ikki modul bo'yicha yig'ishni bildiradi (ya'ni $0 \oplus 0 = 0$; $0 \oplus 1 = 1$; $1 \oplus 0 = 1$; $1 \oplus 1 = 0$).

Teskari almashtirish $s_k = \sum_{j=1}^k \oplus g_j$ ifoda bilan aniqlanadi, bu erda yig'indi 2 modul bo'yicha olinadi.

9.2-jadvalda ikkilik kod va Greya kodi yordamida 0 dan 7 gacha bo'lgan butun sonlarni kodlash natijalari taqqoslash uchun ko'rsatilgan.

9.2-jadval. Ikkilik va Greya kodlarni taqqoslash.

Butun	0	1	2	3	4	5	6	7
Binarli kod	000	001	010	011	100	101	110	111
Greya kodi	000	001	011	010	110	111	101	100

Ta'kidlaymizki, qo'shni butun sonlarni kodlaydigan qatorlar orasidagi Xemming masofasining minimal qiymati 1 ga teng bo'ladi.

Butun sonli kodlash. Butun sonli kodlash butun son qiymatlarini qabul qiladigan o'zgaruvchilar to'plamining optimal qiymatlarini topish masalasini hal qilishda afzalroq hisoblanadi. Misol sifatida chekli to'plam bilan chegaralangan holatga {Shimol, Sharq, Janub, G'arb} larni ifodalovchi {0, 1, 2, 3} qiymatlar to'plami bilan chegaralangan kvadrat panjarada yo'lni topish masalasini keltirish mumkin. Bunday holatda butun sonli kodlashni 9.1 - rasmdagidek tasvirlash mumkin

1	2	3	4	2	3	1	4	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

9.1-rasm.

Har qanday holatda ham butun sonli kodlash ikkilik kodlashga nisbatan afzalroq hisoblanadi.

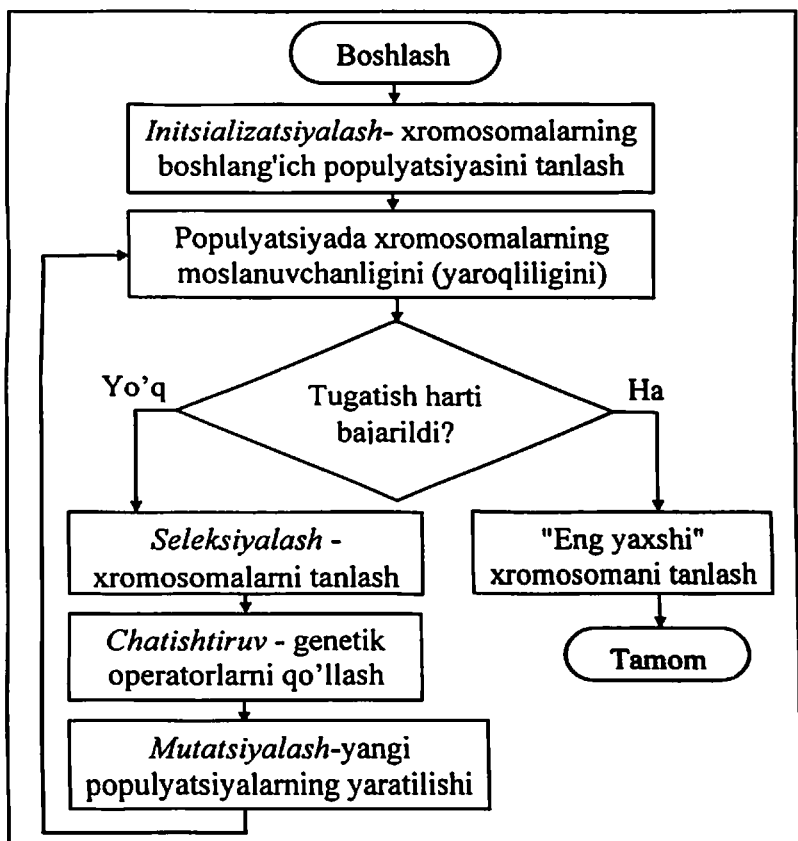
Haqiqiy sonli kodlash. Ko'pincha mumkin bo'lgan echimni namoyish etishning eng to'g'ri usuli - bu haqiqiy sonlar qatori hisoblanadi. Bunday holda k genlardan iborat genotip vektor hisoblanadi va u 9.2-rasmdagidek tasvirlanadi.

0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

9.2-rasm.

3-§. Klassik genetik algoritim va uning asosiy bosqichlari

Klassik GAning bosqichlari 9.3-rasmda tasvirlangan. GAning asosiy bosqichlarini tahlil qilamiz [9, 36].



9.3-rasm. GA bosqichlarini blok-sxemasi.

1. **Initsializatsiyalash** - tasodifiy ravishda dastlabki xromosomalarning populyatsiyasini shakllantirishdan iborat. Populyatsiya kattaligi, ya'ni undagi xromosomalar soni, masalaning kattaligiga bog'liq bo'lib tadqiqotchi tomonidan beriladi. Har bir xromosoma - bu 0 va 1 dan iborat bo'lgan ikkilik tizimda kodlangan satrdan iborat bo'ladi. Masalan, agar xromosomalar 0 dan 31 gacha butun sonlar bilan ifodalangan bo'lsa, unda uning ikkilik tizimda kodlangan ifodasi

$$x_1 = (00000); \quad x_2 = (00001); \quad x_3 = (00010); \quad \dots; \quad x_{31} = (11111).$$

ko'rinishda tasvirlanadi. Bu yerda har bir satrda 5 ramz(bit)lar mavjud. Ular *genlar* deb, satrlar esa - *xromosomalar* deb nomlanadi.

Shunday qilib, boshlanishda initsializatsiyalash bloki tasodifiy ravishda m ta xromosomalardan iborat bo'lgan

$$x_1 = (01100); \quad x_2 = (01001); \quad x_3 = (10010); \dots; \quad x_m = (01101)$$

populyatsiyani shakllantiradi.

2. Baholash - olingan xromosomalarning MDni, ya'ni ularning yaroqliligini aniqlashdir. Bular xromosomalarning sifatini (yaroqliligini) baholashda (masalan, optimallashtiriladiganda) $f(x)$ funksiyani optimallashtirish nuqta(xromosoma)lardagi $f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)$ qiymatlarini $f(x_i) = \sum_{i=1}^n x_i (i = \overline{1, n})$ hisoblash yo'li bilan aniqlanadi, bunda l -xromosomaning uzunligi. Keyin *populyatsiyaning* umumiy bahosi (yig'indisi)

$$F = \sum_{i=1}^n f(x_i) \quad (9.3)$$

hisoblanadi, bu yerda $f(x_i) - x_i$ xromosomaning sifatini baholash funksiyasi.

Populyatsiyada xromosomalarning MosFlarning o'rtacha qiymatini F_{or} bilan belgilanadi va $F_{\text{or}} = F/n$ aniqlanadi. (9.3)ni hisobga olib har bir xromosomaning "*Omon qolish*" ehtimoli

$$P_c(x_1) = f(x_1)/F; \quad P_c(x_2) = f(x_2)/F; \quad \dots; \quad P_c(x_n) = f(x_n)/F \quad (9.4)$$

hisoblanadi. Keyin (9.4) nisobga olib har bir xromosomaning *kumulyativ* deb ataladigan "*Omon qolish*" ehtimoli - *yaroqliligini* baholash

$$P_{\text{kum}}(x_1) = P_c(x_1); \quad P_{\text{kum}}(x_2) = P_c(x_1) + P_c(x_2); \quad \dots; \quad P_{\text{kum}}(x_n) = \sum_{i=1}^n P_c(x_i) \quad (9.5)$$

amalgah ohiriladi.

Topilgan baholash qiymatlari oldingi popultsiya xromosomalarning tegishli baholashlar qiymatlari bilan solishtiriladi. Agar ularning farqi kichik(berilgan mumkin bo'lgan doirada) bo'lsa, u holda qidirish jarayoni to'xtatiladi. Bunday holat, qoida bo'yicha, qandaydir bir nechta, yoki oldindan berilgan generatsiyalar sonidan keyin kelib chiqadi. Aks holda navbatdagi seleksiyalash blokiga o'tiladi.

Populyatsiyada xromosomalarning yaroqliligini baholash ushbu populyatsiyaning har bir xromosomasi uchun MosFni hisoblashdan iborat. Ushbu funksiya qiymati qanchalik katta bo'lsa, xromosomaning sifati shunchalik yuqori bo'ladi.

3. Algoritmni to'xtatish shartini tekshirish. GAni to'xtatish sharti uning o'ziga xos qo'llanilishiga bog'liq. Optimallashtirish muammolarida, agar MosFning maksimal (yoki minimal) qiymati ma'lum bo'lsa, u holda algoritmi kutilgan optimal qiymatga talab qilingan aniqlikda ershgandan keyin to'xtashi mumkin. Algoritmni

to'xtatish uning bajarilishi oldin erishilgan qiymatning yaxshilanishiga olib kelmasa ham sodir bo'lishi mumkin. Algoritm ma'lum bir belgilan vaqtdan keyin yoki ma'lum bir qator takrorlashni bajargandan so'ng to'xtatishi mumkin. Agar to'xtash sharti bajarilgan bo'lsa, u holda "eng yaxshi" xromosomani seleksiyalashning yakuniy bosqichiga o'tish amalga oshiriladi, aks holda keyingi seleksiyalash (tanlov) bosqichga o'tadi.

4. Seleksiyalash - bu tabiiy genetik tanlashga o'xshash. *Seleksiyalash* natijasida yuqori yaroqli baholash qiymatlariga ega bo'lgan xromosomalar tanlab olinadi, chunki ularning "Omon qolish" imkoniyati ko'proq bo'ladi.

Seleksiyalashni o'tkazish uchun tasodifli sonlar datchigi $[0,1]$ intervaldan r_i tasodifiy sonni chiqaradi. Agar uning qiymati $P_{kum}^k < r_i \leq P_{kum}^{k+1}$ intervalda bo'lsa, unda navbatdagi generatsiyaga $x'_{i,1}$ (i - generatsiya tartibi) xromosoma tanlab olingan deb hisoblanadi. Ushbu tasodifiy soni bilan protsedura n marta takrorlanadi va natijada navbatdagi generatsiyada n ta xromosomalar tanlab olinadi. Bu holatda yuqoriroq yaroqli baholash qiymatlariga ega bo'lgan xromosomalarning yangi generatsiyada bir nechta nusxalari bo'lishi mumkin, kichik qiymatlarga ega bo'lganlarining esa - bitta ham nusxasi bo'lmasligi mumkin.

Xromosomalarning tanlovi keyingi populyatsiya uchun avlodni, ya'ni keyingi avlodni yaratishda ishtirok etadigan xromosomalarning tanlanishidan (ikkinchi bosqichda hisoblangan MosF qiymatlari asosida) iborat. Bunday tanlov tabiiy tanlanish prinsipiga muvofiq amalga oshiriladi, ya'ni unga ko'ra MosFning eng yuqori qiymatiga ega bo'lgan xromosomalar yangi xromosomalarni yaratishda ishtirok etishda eng katta imkoniyatlariga ega bo'ladi. Seleksiyalashning turli xil usullari mavjud. *Eng mashhur usullardan biri* - bu mashhur qimor o'yiniga o'xshashligi bilan nom olgan *ruletni tanlash (roulette wheel selection)* usuli hisoblanadi. Har bir xromosomani ruletka g'ildiragi sektori bilan bog'lash mumkin, uning qiymati ushbu xromosomaning MosF qiymatiga mutanosib ravishda o'rnatiladi. Shuning uchun, MosF qiymati qanchalik katta bo'lsa, rulet g'ildiragidagi sektor shunchalik katta bo'ladi. Barcha rulet g'ildiragi ko'rib chiqilayotgan populyatsiyaning barcha xromosomalarining MosF qiymatlari yig'indisiga mos keladi. (9.4) ifodani e'tiborga olib belgilangan har bir $x_i (i = 1, n)$ xromosomaga (bu erda n - populyatsiyalar sonini bildiradi) quyidagi formulaga muvofiq foizda ifodalangan g'ildirak sektori mos keladi:

$$q(x_i) = P_i(x_i) \cdot 100\%, \quad (9.6)$$

Xromosomani seleksiyalash ruletni burish natijasida ifodalanishi mumkin, chunki "g'olib" (ya'ni tanlangan) xromosoma ushbu g'ildirakning tashlab yuborilgan sektoriga tegishli. Shubhasiz, sektor qanchalik katta bo'lsa, mos keladigan xromosoma "g'alaba qozonishi" ehtimoli katta bo'ladi. Shuning uchun berilgan xromosomani seleksiyalash ehtimoli uning MosF qiymatiga mutanosib bo'ladi. Agar rulet g'ildiragining butun atrofi raqamli $[0,100]$ oraliq sifatida ifodilangan bo'lsa, u holda xromosomani seleksiyalash $[a,b]$ oraliqdan raqamni tanlash bilan aniqlanishi mumkin, bu erda a va b mos ravishda g'ildirakning ushbu sektoriga mos keladigan aylana qismining boshi va oxirini bildiradi, bunda $0 \leq a < b \leq 100$. Bunday holda rulet g'ildiragi bilan tanlash g'ildirak atrofidagi ma'lum bir nuqtaga mos keladigan $[0,100]$ oraliqdagi raqamni tanlashga mos keladi. Boshqa seleksiyalash usullari 8-§ da qaraladi.

Seleksiyalash jarayoni natijasida ota-ona populyatsiyasi (OOP) yaratiladi.

5. Chatishtiruv - bu amalning bajarilishda seleksiyalash natijasida tanlab olingan xromosomalar ichidan tasodifiy ravishda juftli chatishtirish uchun xromosomalarning tasodifiy soni saralab olinadi. Bu son oldindan berilgan P_c (ko'pincha $0 \leq P_c(x_i) \leq 1$) *chatishtirish ehtimolining* qiymatiga bog'liq. Masalan, agar $P_c = 0.25$ va populyatsiya kattaligi 16 ga teng bo'lsa, u holda har bir generatsiyada aynan 4 ta xromosoma chatishtiruv amali (ChA) da qatnashadi. *ChA quyidagicha bajariladi*: agar chatishtirishga tasodifiy ravishda x_m va x_k xromosomalar tanlab olingan bo'lsa va xromosoma uzunligi l ga teng bo'lsa, u holda tasodifiy sonlar datchigi j ($1 \leq j \leq l$) tasodifiy sonni chiqaradi (j - chatishtirish nuqtasi). Shu nuqtadan xromosomalar kesiladi va x'_m va x'_k avlodlarni (x_m va x_k - ota-onalardan) olish uchun ularning o'ng qismlari o'rnilarini almashtiriladi.

Faraz qilaylik $x_m = (1101101)$ va tasodifiy son $j = 3$. Unda $x_k = (1110010)$

chatishtirish natijasida x_m va x_k avlodlari $x'_m = (110:0010)$
 $x'_k = (111:1101)$
 ko'rinishni oladi.

Shu amalni boshqa tanlangan juftlar uchun bajarib, chatishtirish jarayoni tugatiladi. Olingan yangi avlodlarni, ota-onalari bilan birga yangi populyatsiya tarkibiga kiritadi.

6. Mutatsiyalash - bu yangi populyatsiyaning shakllantirish bo'lib, u tabiiy genetik mutatsiyalashga o'xshash bo'ladi. *Bu amal xromosomaning bir genini (bitini) o'zgartiradi.* Mutatsiyalash ehtimoli P_n (ko'pincha $0 \leq P_n(x_i) \leq 0.1$) tasodifiy ravishda oldindan beriladi. Bu son mutatsiyalash uchun mo'ljallangan xromosomalar sonini belgilaydi. Masalan, agar $P_m = 0,05$ va populyatsiya kattaligi 20 ga teng bo'lsa, u holda mutatsiyalashda 1 xromosoma ($20 \cdot 0,05 = 1$) qatnashadi. Agar mutatsiyalash uchun $x_k = (1110010)$ xromosoma tanlangan bo'lsa, u holda $j(1 \leq j \leq l)$ tasodifiy sonni chiqaradi. Uning qiymati bo'yicha 1 dan 0 ga yoki 0 dan 2 ga o'zgariladigan xromosoma genining tartibi belgilanadi. Masalan, agar $j = 1$ bo'lsa, u holda xromosomaning faqat birinchi genining qiymati 1dan 0ga o'zgariladi va natijada $x'_k = (0110010)$ ko'rinishdagi mutatsiyalashgan genni hosil qilamiz. Bu x'_k xromosoma yangi populyatsiyaga kiritiladi.

Odatda mutatsiyalash ehtimoli juda kichik bo'ladi. Bu mutatsiyalashlar nihoyatda kam uchraydigan tirik organizmlar olamiga o'xshashlikdan kelib chiqadi.

7. "Eng yaxshi" xromosomani tanlash. Agar algoritmnı to'xtatish sharti bajarilgan bo'lsa, unda ish natijasini chiqarish amalga oshiriladi, ya'ni masalaning kerakli echimi taqdim etiladi. Eng yaxshi echim - bu eng yuqori MosF qiymatiga ega bo'lgan xromosoma hisoblanadi.

Shundan keyin navbatdagi baholash va seleksiyalash protseduralari bajariladi va natijada dastlabki kattaligi (populyatsiyadagi xromosomalar soni) bilan yangi populyatsiya shakllanadi.

Yuqorida aytilganidek, bu jarayon yaroqlilik darajasi berilgan qiymatiga yetganda yoki oldindan berilgan generatsiyalar soni bajarilgandan keyin to'xtatiladi.

Xulosa qilib shuni aytish kerakki, GAlar organizmlar populyatsiyasining vaqt o'tishi bilan genetik o'zgarishidan iborat tabiiy evolyutsiya jarayonining xususiyatlarini meros qilib olgan bo'ladi.

4-§. Klassik genetik algoritmnining bajarilishini tasvirlash

Klassik GAning ishlash jarayonini 9.3-rasmda keltirilgan blok-sxemadan foydalanib maksimal birliklar soniga ega bo'lgan xromosomalarni topishdan iborat bo'lgan juda soddalashtirilgan va ancha sun'iy misolni ko'rib chiqamiz.

9.2-misol. Aytaylik, xromosomalar 12 ta gendan iborat bo'lsin va populyatsiya 8 xromosomani o'z ichiga olsin. Tushunarliki eng yaxshi xromosoma 12 ta birlik(gen)dan iborat bo'ladi. GA yordamida ushbu masalani echish jarayoni qanday bajarilishining bosqichlarini ketma-ket ko'rib chiqamiz.

1. *Initializatsiyalash* - xromosomalarning boshlang'ich populyatsiyasini seleksiyalashni amalga oshiradi. 12 bit uzunlikdagi 8 ta ikkilik ketma-ketlikni tasodifiy ravishda dastlabki xromosomalarning populyatsiyasini shakllantirishdan iborat. Bunga, masalan, tanga tashlash orqali erishish mumkin (96 martadan tanganing "gerb" tomoni tushsa 1 qiymat va "raqam" tomoni tushsa 0 qiymat yoziladi). Shunday qilib, boshlang'ich populyatsiyani shakllantirish mumkin:

$$\begin{aligned}x_1 &= [111001100101]; & x_2 &= [001100111010]; & x_3 &= [011101110011]; \\x_4 &= [001000101000]; & x_5 &= [010001100100]; & x_6 &= [010011000101]; \\x_7 &= [101011011011]; & x_8 &= [000010111100].\end{aligned}\quad (9.7)$$

2. *Baholash* - populyatsiyada xromosomalarning yaroqliligini baholashni amalga oshiradi. Bu bosqichda qaralayotgan misolda eng ko'p birlarni o'z ichiga olgan xromosomani topish masalasi echiladi. Shuning uchun MosF xromosomadagi birlar sonini aniqlaydi. MosFni f bilan belgilaymiz. U holda (9.7) ko'rinishda hosil qilingan boshlang'ich populyatsiyadan har bir xromosoma uchun f funksiyaning qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned}f(x_1) &= 7; & f(x_2) &= 6; & f(x_3) &= 8; & f(x_4) &= 3; \\f(x_5) &= 4; & f(x_6) &= 5; & f(x_7) &= 8; & f(x_8) &= 5.\end{aligned}\quad (9.8)$$

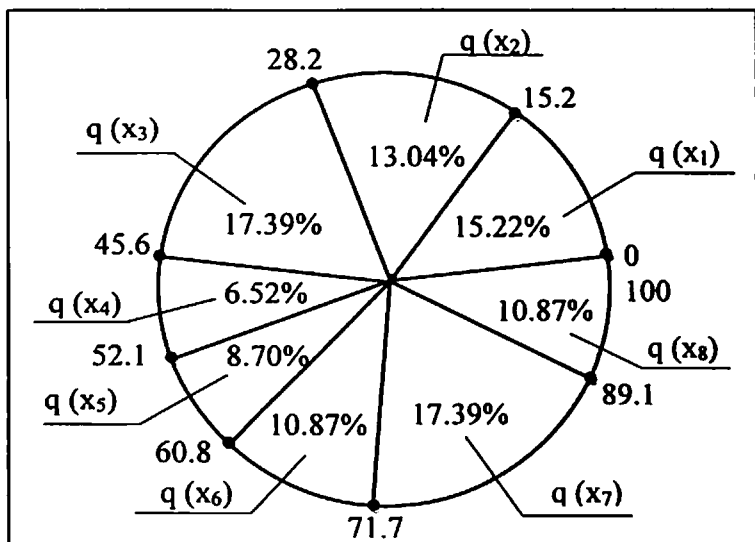
x_i va x_j xromosomalar eng katta qiymatlarga ega bo'lgan MosFlari bilan tavsiflanadi. Ushbu populyatsiyada ular masalani echishda eng yaxshi nomzodlar hisoblanadi. Agar GAning blok - sxemasiga muvofiq (9.3-rasm) algoritmnini to'xtatish sharti bajarilmasa u holda keyingi qadamda (9.7) ko'rinishdagi populyatsiyadan yangi xromosomalarni seleksiyalash amalga oshiriladi.

3. *Seleksiyalash* - xromosomalarni tanlashni ta'minlaydi. Xromosomalarni tanlash ruletkasi usuli yordamida amalga oshiriladi.

(9.3), (9.4) va (9.5) formulalar asosida (9.7) ko'rinishdagi boshlang'ich populyatsiyadan

$$\begin{aligned} q(x_1) &= 15,22\%; & q(x_2) &= 13,04\%; & q(x_3) &= 17,39\%; & q(x_4) &= 6,52\%; \\ q(x_5) &= 8,70\%; & q(x_6) &= 10,87\%; & q(x_7) &= 17,39\%; & q(x_8) &= 10,87\%. \end{aligned} \quad (9.9)$$

foizlar hisoblanadi va foizlarda hosil qilingan qiymarlarga ruletka g'ildiraklarining mos sektorlari hosil qilinad (9.4-rasm).



9.4-rasm. 9.2-misolda seleksiyalashni amalga oshirish uchun ruletka g'lidiraklaridan foydalanish.

Ko'rinib turibdiki x_7 xromosoma uch marta va x_3 xromosoma ikki marta tanlangan. Ta'kidlaymizki, (9.8) formulada aynan x_7 va x_3 xromosomalarning MosF eng katta qiymatlarga ega. Shu bilan birga eng past MosF qiymatiga ega bo'lgan x_4 xromosoma ham tanlangan. Shu tarzda tanlangan barcha xromosomalar ota-ona birlashmasiga (roditelskiy pulga) kiritilgan.

4. *Chatishtiruv* - genetik operatorlarni qo'llashni amalga oshiradi. Faraz qilaylik seleksiya jarayonida tanlangan xromosomalarning birortasi ham mutatsiyalashga uchramayapti va ularning hammasi chatishtiruv uchun mo'ljallangan xromosomalar populyatsiyasini tashkil qiladi. Bu chatishtiruv ehtimolini $P_c(x_i)=1$ va mutatsiyalash ehtimoli $P_t(x_i)=0$ anglatadi. Aytaylik ushbu xromosomalardan tasodifiy

ravishda ota-onalarning juftliklari x_2 va x_7 ; x_1 va x_4 shakllantirilgan bo'lsin.

Tasodifiy ravishda birinchi x_2 va x_7 juftlik uchun $I_k = 4$, ikkinchi x_1 va x_4 juftlik uchun $I_k = 3$, uchinchi x_3 va x_6 juftlik uchun $I_k = 11$ va to'rtinchi x_5 va x_8 juftlik uchun $I_k = 5$ chatishtiruv nuqtalari tanlangan bo'lsin.

Bu holda chatishtiruv jarayoni 9.5-rasmda ko'rsatilgandek amalga oshiriladi.

Ota-onalarning birinchi juftligi:	Avlodlarning birinchi juftligi:
$x_2 = [001100111010]$	$x'_1 = [0011 11011011]$
$x_7 = [101011011011]$	$x'_4 = [1010 00111010]$
$I_k = 4$ nuqtada	
Ota-onalarning ikkinchi juftligi:	Avlodlarning ikkinchi juftligi:
$x_1 = [111001100101]$	$x'_3 = [111 011011011]$
$x_4 = [101011011011]$	$x'_6 = [101 001100101]$
$I_k = 3$ nuqtada	
Ota-onalarning uchinchi juftligi:	Avlodlarning uchinchi juftligi:
$x_3 = [011101110011]$	$x'_5 = [01110111001 0]$
$x_6 = [001000101000]$	$x'_8 = [00100010100 1]$
$I_k = 11$ nuqtada	
Ota-onalarning to'rtinchi juftligi:	Avlodlarning to'rtinchi juftligi:
$x_5 = [011101110011]$	$x'_8 = [01110 1011011]$
$x_8 = [101011011011]$	$x'_5 = [10101 1110011]$
$I_k = 5$ nuqtada	

9.5 - rasm. 9.2 -misolda xromosomalarni chatishtiruv jarayoni.

Chatishtiruv operatorining bajarilishi natijasida 4 ta avlodlar juftligi hosil bo'ladi.

5. *Mutatsiyalash*-yangi populyatsiyalarning shakllanishini amalga oshiradi. 9.5-rasmda keltirilgan ChAning bajarilishi natijasida quyidagi avlodlar populyatsiyasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} x'_1 &= [001111011011]; & x'_4 &= [101000111010]; & x'_3 &= [111011011011]; \\ x'_6 &= [101001100101]; & x'_5 &= [011101110010]; & x'_8 &= [001000101001]; \\ x'_8 &= [011101011011]; & x'_5 &= [101011110011]. \end{aligned} \quad (9.10)$$

Bu erda $x'_i (i=\overline{1,8})$ - chatishtiruv natijasida hosil bo'lgan yangi xromosomalarni bildiradi.

Ushbu populyatsiya xromosomalarining MosFlarining qiymatlari quyidagilardan iborat bo'ladi

$$\begin{aligned} f(x_1^*) &= 8; f(x_2^*) = 6; f(x_3^*) = 9; f(x_4^*) = 6; \\ f(x_5^*) &= 7; f(x_6^*) = 4; f(x_7^*) = 8; f(x_8^*) = 8. \end{aligned} \quad (9.11)$$

(9.8) va (9.11) dagi qiymatlarni solishtirganda, ko'rinib turibdiki (9.11) bilan aniqlangan avlodlar populyatsiyasini MosFlarining o'rtacha qiymati (9.8) bilan aniqlangan ota-onalar populyatsiyasi MosFlari o'rtacha qiymatiga qaraganda ancha yuqoriligi bilan xarakterlanadi.

Ta'kidlaymizki, yangi avlodlar populyatsiyaning "o'rtacha" moslanuvchanligi qiymati oldingi ota-ona populyatsiyaning "o'rtacha" moslanuvchanligi qiymatiga qaraganda yuqoriroq bo'ladi va shuning uchun MosFning katta qiymatiga ega bo'lgan xromosomalar keyingi avlodlarda

paydo bo'lish imkoniyatiga ega bo'ladi.

5-§. Genetik algoritmlar va an'anaviy optimallashtirish usullari

GA - bu muammoni hal qilish usullarining tabiiy evolyutsiyasini va birinchi navbatda optimallashtirish muammolarini aks ettiruvchi usul hisoblanadi. GAlar *an'anaviy optimallashtirish* usullaridan bir necha asosiy elementlari bilan ajralib turadi. Xususan, GAlar [36]:

1) masala parametrlarining berilgan boshlang'ich qiymatlarini emas, balki ularning kodlashtirilgan qiymatlarini qayta ishlaydi;

2) echimni bitta nuqtadan emas, balki ularning ma'lum bir populyatsiyasidan qidirishni amalga oshiradi;

3) maqsad funksiyasining hosilalari yoki boshqa qo'shimcha ma'lumotlaridan emas, balki faqat maqsad funksiyasining o'zidan foydalanadi;

4) seleksiyada deterministik qoidalarni emas, balki ehtimolli qoidalarni qo'llaydi.

Parametrlarni kodlashtirish, populyatsiyalar ustida amallarni amalga oshirish, masala haqida minimal ma'lumotdan foydalanish va jarayonlarning tasodifiy shakllanishini amalga oshirishda qatnashadigan to'rt xususiyat GAlarning barqarorligini va ularning keng qo'llaniladigan boshqa texnologiyalardan ustunligini belgilaydi [10].

9.3-misol. Bir o'zgaruvchi maqsad funksiya $f(x) = 25 + 10x - 46x^2 + x^3$ ifoda bilan berilgan bo'lsin. $x \in [-10, 53]$ oralig'ida maqsad funksiyasining maksimal va minimal qiymatini topish talab qilinadi.

I. Klassik optimallashtirish nazariyasidan foydalangan holda echimni aniqlash.

Shubhasiz, bu masalani matematik tahlil usullari yordamida echish mumkin. Bu holda echimni topish algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Birinchi hosilani aniqlash: $f'(x) = 10 - 92x + 3x^2$.

2. $10 - 92x + 3x^2 = 0$ kvadrat tenglamaning ildizlarini aniqlash:

$$x_1 = 30.558, x_2 = 0.109.$$

3. Ikkinchi hosilani aniqlash: $f''(x) = -92 + 6x$.

4. Ekstremum turini aniqlash:

$$f''(x_1) = f''(30.558) = -92 + 6 \times 30.558 = 91.348 > 0 \rightarrow \min ;$$

$$f''(x_2) = f''(0.109) = -92 + 6 \times 0.109 = -91.348 < 0 \rightarrow \max .$$

5. Ekstremum nuqtalarida boshlang'ich funksiya qiymatlarini aniqlash:

$$f(x_1) = f(30.558) = 25 + 10 \times 30.558 - 46 \times 30.558^2 + 30.558^3 = -14089;$$

$$f(x_2) = f(0.109) = 25 + 10 \times 0.109 - 46 \times 0.109^2 + 0.109^3 = 25.5.$$

6. Funksiya qiymatlarini oraliq chegaralarida aniqlash:

$$f(-10) = 25 + 10 \times (-10) - 46 \times (-10)^2 + (-10)^3 = -5675;$$

$$f(53) = 25 + 10 \times 53 - 46 \times 53^2 + 53^3 = 20218.$$

7. Maqsad funksiyasining maksimal va minimal qiymatlarini aniqlash:

$$x = 53 \text{ da } y_{\max} = \max(-14089, 25.5, -5675, 20218) = 20218;$$

$$x = 30.558 \text{ da } y_{\min} = \min(-14089, 25.5, -5675, 2021) = -14089.$$

II. GA yordamida echimni aniqlash.

Matematik tahlil usullari yordamida aniq echimni osongina topish mumkinligiga qaramay, quyida maqsad funksiyasining maksimal qiymatini hisoblashning bitta iteratsiyasi misolida GA yordamida masalaning echimini aniqlash keltirilgan.

Masalani (xromosomani) echish variantini berilgan oraliqda x ning butun sonli qiymatiga mos keluvchi bitli qator ko'rinishda ifodalash mumkin. Shunday qilib, gen - bu qatorning alohida bitta biti, xromosoma - bu 6 bitlik ketma-ketlik, genotip bitta xromosomadan iborat (genotip = xromosoma), fenotip - bu bitli qatorni o'nlikdagi ko'rinishi minus 10 dan iborat, ya'ni $(x_i - 10)$.

Aytaylik populyatsiya o'lchovi 4 ta xromosomani tashkil etsin, chatishtiruvlar soni - 2 ta, mutatsiyalashlar soni avlod uchun 1 ta avloddan iborat bo'lsin. Mutatsiyalash jarayoni satrning bitlaridan tasodifiy tanlangan bittasini teskariga aylantirishdan iborat.

Bu holda echimni topishning GA quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Dastlabki populyatsiyaning xromosomalari tasodifiy hosil qilinadi (9.3-jadval).

9.3-jadval. Seleksiyalash.

Xromo-soma	Xromosomalarni ifodalash		Fenotip (x_j 10-10)	$f(x)$ qiymati
	Bitli	O'nli		
x_1	011011	27	17	$f(17) = -8186$
x_2	100010	34	24	$f(24) = -12407$
x_3	000100	4	-6	$f(-6) = -1355$
x_4	111001	57	47	$f(47) = 2704$
O'rtacha qiymat - $F_{av} = F/4$				-4811
Maksimal qiymat - $f_{\max}(x)$				$f(47) = 2704$
Minimal qiymat - $f_{\min}(x)$				$f(24) = -12407$
Yig'indi - $F = \sum_{i=1}^4 f(x_i)$				-19244

2. Birinchi iteratsiya - bu chatishtiruv operatori. Chatishtiruv uchun tasodifiy ravishda ikkita juftlik (x_1, x_2) va (x_2, x_4) tanlangan bo'lsin. Har bir juftlikda qismqatorlarga bo'linish boshqa juftlikdan mustaqil va tasodifiy ravishda sodir bo'ladi. Avlodlar bir ota-onaning chap qismqatorini ikkinchisining o'ng qismqatorini birlashtirish orqali hosil qilinadi (9.4-jadval).

9.4-jadval. Birinchi iteratsiya - chatishtiruv.

Chatishtiruv juftliklari	Ota-ona			Avlod	
	Tanlangan nuqta	Xromo- soma	Bitli ifodasi	Xromo- soma	Bitli ifodasi
x_1 va x_2	$j=2$	x_1	01 1011	x_5	01 0010
	$j=2$	x_2	10 0010	x_6	10 1011
x_2 va x_4	$j=4$	x_2	1000 10	x_7	1000 01
	$j=4$	x_4	1110 01	x_8	1110 10

3. Birinchi iteratsiya - mutatsiyalash operatori. Mutatsiyalash uchun x_7 avlod tasodifiy tanlanadi va undagi inversiya uchun $j=3$ bit

(razryad) tasodifiy tanlanadi. Natijada, x_7 avlod(xromosoma)ning kodi $x_7=100001$ dan $x_7=101001$ ga o'zgaradi.

4. Birinchi iteratsiya - reduksiyalash operatori. Ota-onalar va avlodlardan eng yaxshi xromosomalarni seleksiyalashda populyatsiya sonini hisobga olgan holda maqsad funksiyasining maksimal qiymati bo'yicha amalga oshiriladi (9.5-jadval).

9.5-jadval. Birinchi iteratsiya - reduksiyalash.

Xromo- soma	Xromosomalarni ifodalash		Fenotip (x_i 10-10)	$f(x)$ qiymati
	Bitli	O'nli		
Ota-onalar				
x_1	011011	27	17	$f(17) = -8186$
x_2	100010	34	24	$f(24) = -12407$
x_3	000100	4	-6	$f(-6) = -1355$
x_4	111001	57	47	$f(47) = 2704$
O'rtacha qiymat - $F_{or} = F/4$				-4811
Maksimal qiymat - $f_{\max}(x)$				$f(47) = 2704$
Minimal qiymat - $f_{\min}(x)$				$f(24) = -12407$
Yig'indi - $F = \sum_{i=1}^4 f(x_i)$				-19244
Avlodlar				
x_5	010010	18	8	$f(8) = -2327$
x_6	101011	43	33	$f(33) = -13802$
x_7	101001	41	31	$f(31) = -14080$
x_8	111010	58	48	$f(48) = 5113$
O'rtacha qiymat - $F_{or} = F/4$				-6274
Maksimal qiymat - $f_{\max}(x)$				$f(48) = 5113$
Minimal qiymat - $f_{\min}(x)$				$f(31) = -14080$
Yig'indi - $F = \sum_{i=1}^4 f(x_i)$				-25096

Shunday qilib, birinchi iteratsiya natijalariga ko'ra optimal echimni (ikkinchi iteratsiya) izlashni davom ettirish uchun quyidagi populyatsiya olinadi (9.6-jadval).

9.6-jadval. Ikkinchi iteratsiya.

Xromosoma	Xromosomalarni ifodalash		Fenotip (x_i) ₁₀₋₁₀)	$f(x)$ qiymati
	Bitli	O'nli		
x_3	000100	4	-6	$f(-6) = -1355$
x_4	111001	57	47	$f(47) = 2704$
x_5	010010	18	8	$f(8) = -2327$
x_8	111010	58	48	$f(48) = 5113$
O'rtacha qiymat - $F_{av} = F/4$				1034
Maksimal qiymat - $f_{\max}(x)$				$f(48) = 5113$
Minimal qiymat - $f_{\min}(x)$				$f(8) = -2327$
Yig'indi - $F = \sum_{i=1}^4 F(x_i)$				4135

Bitta iteratsiyada populyatsiya sifati sezilarli darajada oshdi. Agar boshlang'ich populyatsiyada maqsad funksiyasining o'rtacha qiymati - 4811 va uning minimal qiymati -12407 tashkil qilgan bo'lsa, u holda birinchi iteratsiyadan keyin populyatsiyada o'rtacha qiymat 1034 ga, minimal qiymati esa -2327 ga teng bo'ldi. Optimal echim $f(53) = 20218$ bo'lganda (analitik echimga qarang) maksimal qiymat $f(47) = 2704$ dan $f(48) = 5113$ gacha oshdi. Ushbu misol umuman populyatsiyani yaxshilash jarayonini va eng yaxshi echimni aniq aks ettiradi.

6-§. Genetik algoritmlar haqidagi asosiy teorema

Sxema tushunchasi. GAning ishlashini yaxshiroq tushunish uchun *sxema* tushunchasidan foydalaniladi va GAlar bilan bog'liq bo'lgan va sxema teoremasi deb nomlangan asosiy teorema shakllantiriladi [9, 10, 36]. Ba'zi umumiy xususiyatlarga ega, ya'ni bir-biriga o'xshash bo'lgan xromosomalar to'plamini aniqlash uchun *sxema tushunchasi kiritildi*. Agar allellar 0 yoki 1 qiymatlarni qabul qilsa (ikkilik alfavitga ega bo'lgan xromosomalar qaralsa), u holda bu sxema

ba'zi oldindan belgilangan joy(joy)larda 0 yoki 1 qiymatlardan iborat xlorosomalar to'plamini ifodalaydi.

Sxemalar ko'rib chiqayotganda kengaytirilgan $\{0,1,*\}$ alfavitdan foydalanish qulay bo'lib, unda 0 va 1 ga qo'shimcha ravishda har qanday etarli, ya'ni 0 yoki 1 qiymatni bildiruvchi qo'shimcha * belgi kiritiladi. Ma'lum bir joydagi * belgisi "ahamiyatsiz" degan ma'noni anglatadi. Masalan,

$$1*01 = \{1001, 1101\}; \quad *0*11 = \{00011, 00111, 10011, 10111\}$$

Xromosoma ushbu sxemaga tegishli deb hisoblanadi, agarda har bir

$j (j=1,2,...,l)$, bu erda l - xromosomaning uzunligi) - joy (lokus) uchun xromosomaning j - joyini egallagan belgi sxemaning j - joyini egallagan * belgiga mos kelsa, ya'ni * belgiga 0 ham va 1 xam mos kelsa. Xuddi shunday xromosoma sxemaga mos keladi va xromosoma sxemani ifodalaydi degan tasdiq xam o'rinli hisoblanadi. Ta'kidlash mumkinki, agar sxemada m ta * belgilar mavjud bo'lsa, unda ushbu sxema 2^m ta xromosomalarni o'z ichiga oladi. Bundan tashqari L uzunlikga ega bo'lgan har bir xromosoma 2^L ta sxemalarga tegishli bo'ladi. 9.7 - jadvalda 2 uzunlikdagi xromosomalar tegishli bo'lgan sxemalar ko'rsatilgan.

9.7-jadval. 2 uzunlikdagi xromosomalar tegishli bo'lgan sxemalar.

Holatlar	Sxemalar			
	1	2	3	4
00	**	*0	0*	00
01	**	*1	0*	01
10	**	*0	1*	10
11	**	*1	1*	11

Demak 2 uzunlikdagi xromosomalar 4 ta turli sxemalarga mos keladi. Xuddi shunday L uzunlikga ega bo'lgan har bir xromosoma 2^L ta sxemalarga mos keladi.

GA eng moslanuvchanlik xromosomalar transformatsiyasi prinsipiga asoslanadi. Aytaylik $P(0)$ - xromosomalarning boshlang'ich populyatsiyasini va $P(k)$ - algoritmnining k -iteratsiyasida populyatsiyani anglat sin. Har bir $P(k)(i=1,2,...)$ populyatsiyadan eng yaxshi moslanuvchanlikga ega bo'lgan xromosomalar tanlov usuli bilan tanlanadi va ular $M(k)$ - OOPga kiritiladi. Undan keyin $M(k)$

populyatsiyadagi xromosomalarni ota-ona juftligiga birlashishi va P_c ehtimollik bilan ChAni bajarilishi, shuningdek P_+ ehtimollik bilan mutatsiyalash amalini bajarilish natijasida $M(k)$ populyatsiyadagi xromosomalarning avlodlarini o'z ichiga oluvchi yangi $P(k+1)$ populyatsiya shakllantiriladi.

Qaraladigan sxema S bilan belgilanadi va ushbu sxemaga mos keladigan $P(k)$ populyatsiya xromosomalari soni $n^*(S, k)$ bilan belgilanadi. Shuningdek $n^*(S, k)$ ni $P(k) \cap S$ to'plamning elementlari soni deb hisoblash mumkin.

Endi GAda sxemalarni o'zgartirishga ta'sir qiladigan xromosomalarni *seleksiyalash, chatishtiruv va mutatsiyalash* amallarini birma-bir qarab chiqish mumkin.

1. Xromosomalarni seleksiyalash. Bu amalning bajarilishi natijasida $P(k)$ populyatsiyadagi xromosomalar (9.4) ifoda bilan aniqlangan ehtimollik bilan $M(k)$ ota-ona juftligiga nusxalanadi. $F(S, k)$ bilan S sxemaga mos keluvchi $P(k)$ populyatsiyadagi xromosomlarning MosFlarining o'rtacha qiymati belgilanadi. Agar S sxemaga mos keluvchi $P(k)$ populyatsiyada xromosomlar soni $P(k) : S = \{x_1, \dots, x_{n^*(S, k)}\}$ bo'lsa, u holda har S sxemaga mos keluvchi

har bir xromosomaning sifatini (yaroqliligini) $f(x_i) = \sum_{a=1}^r x_{ia} (i = \overline{1, n^*(S, k)})$ hisoblash mumkin, bunda $l^*(l^* \leq l) - S$ sxemaga mos keluvchi xromosomaning uzunligi bo'lib, bu uzunlik xromosomadagi doimiy 0 va 1 lar soni bilan belgilanadi.

Endi S sxemaga mos keluvchi $P(k)$ populyatsiyada xromosomlarning umumiy bahosi (yig'indisi)

$$F(S, k) = \sum_{i=1}^{n^*(S, k)} f(x_i) / n^*(S, k). \quad (9.12)$$

aniqlanadi, bunda $F(S, k)$ qiymat S sxemaning k -iteratsiyadagi *moslanuvchanligi deb ataladi*.

N quvvatga ega bo'lgan $P(k)$ populyatsiyadagi xromosomalar MosFlarining yig'indisini $Q(k)$ bilan belgilasak, u holda

$$Q(k) = \sum_{i=1}^{N(k)} f(x_i). \quad (9.13)$$

k -iteratsiyadagi $P(k)$ populyatsiyada xromosomalar MosFlarning o'rtacha qiymatini $\bar{F}(k)$ bilan belgilanadi va u quyidagicha aniqlanadi

$$\overline{F}(k) = \frac{1}{N} Q(k). \quad (9.14)$$

Aytaylik $x_i^{(n)} - M(k)$ OOPning elementi bo'lsin. Har bir $x_i^{(n)} \in M(k)$ va har bir $i = 1, \dots, n^*(S, k)$ bo'lganda $x_i^{(n)} = x_i$ bo'lish ehtimoli $f(x_i)/f(k)$ munosabat bilan aniqlanadi. Shuning uchun $M(k)$ populyatsiyada kutiladigan xromosomalar soni x_i ga teng va u quyidagini tashkil qiladi

$$N \frac{f(x_i)}{Q(k)} = \frac{f(x_i)}{\overline{F}(k)}.$$

Demak $M(k)$ populyatsiyasiga kiritish uchun $P(k) \cap S$ to'plamdan tanlab olinishi kutiladigan xromosomalar soni (9.12) dan quyidagicha aniqlanadi

$$\sum_{i=1}^{n^*(S,k)} \frac{f(x_i)}{\overline{F}(k)} = n^*(S, k) \frac{F(S, k)}{\overline{F}(k)}$$

Agarda $M(k)$ populyatsiyasidagi har bir xromosoma bir vaqtda $P(k)$ populyatsiyaga ham tegishli bo'lsa, u holda $P(k) \cap S$ to'plamni tashkil etuvchi xromosomalar $M(k)$ populyatsiyasiga kiritish uchun $P(k) \cap S$ to'plamdan tanlab olingan xromosomalar hisoblanadi.

Aytaylik $b(S, k) - S$ sxemaga mos keluvchi (ya'ni $P(k) \cap S$ to'plam elementlari soni) $M(k)$ populyatsiyasidagi xromosomalar soni bo'lsin. U holda yuqoridagi mulohazalardan quyidagi xulosaga kelinadi, ya'ni S sxemaga mos keluvchi $M(k)$ populyatsiyasida kutiladigan xromosomalar sonining $b(S, k)$ qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$E[b(S, k)] = n^*(S, k) \frac{F(S, k)}{\overline{F}(k)}. \quad (9.15)$$

Bundan kelib chiqadiki, agar S sxema MosF qiymati o'rtacha qiymatdan yuqori bo'lgan xromosomalarni o'z ichiga olsa (ya'ni, S sxemaning k -iteratsiyadagi moslanuvchanligi $P(k)$ populyatsiyadagi xromosomalar MosFning o'rtacha qiymatidan katta bo'lib chiqsa, ya'ni $F(S, k)/\overline{F}(k) > 1$ bo'lsa), u holda S sxemaga mos keladigan $M(k)$ populyatsiyadan kutilgan xromosomalar soni S sxemaga mos keladigan $P(k)$ populyatsiyadagi xromosomalar sonidan ko'proq bo'ladi. Shuning uchun ta'kidlash mumkinki - seleksiyalash (tanlash) moslanuvchanligi "o'rtacha darajadan yaxshiroq" bo'lgan sxemalarning

tarqalishiga va "yomonroq" moslanuvchanlikga ega bo'lgan sxemalarning yo'qolishiga sabab bo'ladi.

$M(k)$ populyatsiyasidagi xromosomalarda chatishtiriv va mutatsiyalash genetik operatorlarining ta'sirini tahlil qilishga o'tishdan oldin S sxemani tartibi va qamrovi tushunchalari aniqlanadi [36]. Buning uchun L bilan xromosomalarning S sxemaga mos keladigan uzunligi belgilanadi.

Sxema tartibi. S sxemaning tartibi $h(S)$ bilan belgilanadi va u S sxemadagi doimiy joylar soni, ya'ni $\{0, 1, *\}$ alfavitdagi nollar va birlar soni bilan aniqlanadi. Agar S sxemaning $\{0, 1, *\}$ alfavitida $*$ lar sonini $l_*(S)$ bilan belgilasak, u holda S sxemani $h(S)$ tartibini quyidagicha aniqlash mumkin

$$h(S) = l - l_*(S). \quad (9.16)$$

9.4-misol. Aytaylik $l = 6$ uzunlikga ega bo'lgan S sxemalar berilgan bo'lsin:

$$S_1 = (10 * 1 * 0); S_2 = (* 0 1 1 * 0); S_3 = (1 * * 1 * 0); S_4 = (10 * * * *);$$

$$S_5 = (1 * * * * *); S_6 = (* * * * * *).$$

U holda (9.16) ifodadan foydalanib har bir S sxemaning tartibi quyidagicha aniqlanadi:

$$h(S_1) = (10 * 1 * 0) = 4; h(S_2) = (* 0 1 1 * 0) = 4; h(S_3) = (1 * * 1 * 0) = 3;$$

$$h(S_4) = (10 * * * *) = 2; h(S_5) = (1 * * * * *) = 1; h(S_6) = (* * * * * *) = 0.$$

Demak S sxemaning $h(S)$ tartibi har doim $[0, L]$ intervaldagi butun son hisoblanadi.

Sxema qamrovi. S sxema qamrovi deganda sxemaninig uzunligi $d(S)$ tushuniladi va u $\{0, 1, *\}$ alfavitdan iborat l uzunlikdagi S sxemaning 0 yoki 1 bilan tugagan ong oxirgi joyi bilan 0 yoki 1 bilan boshlangan chap joyi orasidagi masofa (farq) bilan aniqlanadi.

Agar $\{0, 1, *\}$ alfavitdan iborat l uzunlikdagi S sxemaning 0 yoki 1 bilan tugagan ong oxirgi joyini $l_{ong}(S)$ bilan va S sxemaning 0 yoki 1 bilan boshlangan chap joyini $l_{chap}(S)$ bilan belgilasak, u holda S sxemani $d(S)$ qamrovini quyidagicha aniqlash mumkin

$$d(S) = l_{ong}(S) - l_{chap}(S) \quad (9.17)$$

9.5-misol. Aytaylik $l = [3, 6]$ oraliqdagi uzunlikga ega S sxemalar berilgan bo'lsin:

$$S_1 = (1*10); S_2 = (*0*1*); S_3 = (*10*01); S_4 = (****); S_5 = (1***);$$

$$S_6 = (***0); S_7 = (10100); S_8 = (0000); S_9 = (1111).$$

U holda (9.17) ifodadan foydalanib har bir S sxemaning qamrovi quyidagicha aniqlanadi:

$$d(S_1) = (1*10) = 4 - 1 = 3; \quad d(S_2) = (*0*1*) = 4 - 2 = 2;$$

$$d(S_3) = (*10*01) = 6 - 2 = 4; \quad d(S_4) = (****) = 0 - 0 = 0;$$

$$d(S_5) = (1***) = 1 - 1 = 0; \quad d(S_6) = (***0) = 4 - 4 = 0;$$

$$d(S_7) = (10100) = 5 - 1 = 4; \quad d(S_8) = (0000) = 4 - 1 = 3;$$

$$d(S_9) = (1111) = 4 - 1 = 3.$$

Demak S sxemaning $d(S)$ qamrovi har doim $[0, l-1]$ intervaldagi butun son ifodalanadi. Ta'kidlash mumkinki, agar S sxema faqat doimiy 0 va 1 lardan iborat bo'lsa, u holda ushbu sxemaning qamrovi $(l-1)$ ga teng bo'ladi (9.5-misolda $d(S_8)$ va $d(S_9)$ larga qarang). Shuningdek, S sxema faqat bitta doimiy 0 yoki 1 dan iborat bo'lsa, u holda ushbu sxemaning qamrovi 0 ga teng bo'ladi (9.5-misolda $d(S_5)$ va $d(S_6)$ larga qarang). *Xulosa qiladigan bo'lsak S sxemaning qamrovi unda mavjud bo'lgan ma'lumotlarning mazmunini tavsiflaydi.*

2. Chatishtiruv amali (ChA). GA'dagi sxemalarni qayta ishlashga ChA ta'siri haqida fikr yuritiladi. Avvalo shuni ta'kidlash mumkinki chatishtiruv jarayonida ba'zi sxemalar boshqalariga qaraganda yo'qolib ketishga ko'proq duchor bo'ladi. Masalan, $S_1 = 1****0*$ va $S_2 = **01***$ sxemalarni hamda ikkala sxemaga ham mos keladigan $x = [1001101]$ xromosoma ko'rib chiqiladi. Ko'rinib turibdiki S_2 sxemaning "omon qolish" imkoniyati S_1 sxemaga nisbatan ko'proq, chunki S_1 sxemaning 1, 2, 3, 4 va 5 chatishtiruv nuqtalarida "bo'linish" ga ko'proq moyillik mavjud bo'lib, bu bo'linish S_2 sxemada faqat 3 chatishtiruv nuqtasini tanlaganda amalga oshadi. Shuning uchun ikkala sxemaning ham qamroviga asosiy e'tibor qaratiladi, chunki

sxemalar qamrovi chatishtiruv jarayoniga muhim ta'sir krsatadi.

ChAning $M(k)$ populyatsiyasiga ta'sirini tahlil qilish jarayonida $P(k) \cap S$ OOP to'plamidan olingan va S sxemaga mos keladigan ma'lum bir xromosoma ko'rib chiqiladi. Ushbu xromosomaning chatishtiruv uchun tanlanish ehtimoli P_k ga tengdir. Agar ushbu

xromosoma avlodlaridan birortasi ham S sxemaga tegishli bo'lmasa, u holda bu chatishtiruv nuqtasi ushbu sxemaning birinchi va oxirgi doimiy belgilari (0 yoki 1) o'rtasida bo'lishi kerak. Buning amalga oshish ehtimoli $d(S)/(l-1)$ ga tengdir. Bundan quyidagi *xulosalar* chiqarish mumkin.

$M(k) \cap S$ OOP to'plamidagi ba'zi xromosomaning chatishtiruv uchun tanlanishi va uning avlodlaridan birortasi ham S sxemaga tegishli emasligi ehtimoli yuqoridan

$$P_c \frac{d(S)}{(l-1)} \quad (9.18)$$

qiymat bilan chegaralangan bo'ladi. Ushbu qiymat S sxemani "*omon qolmaslik (yo'qolish)*" ehtimoli deb ataladi.

$M(k) \cap S$ populyatsiyasi to'plamidagi ba'zi xromosomaning chatishtiruv uchun tanlanishi va chatishtiruv natijasida uning avlodlaridan ehg kamida bittasi S sxemaga tegishli bo'lishligi ehtimoli quyidan

$$1 - P_c \frac{d(S)}{(l-1)} \quad (9.19)$$

qiymat bilan chegaralangan bo'ladi. Ushbu qiymat S sxemani "*omon qolishlik (yashahlik)*" ehtimoli deb ataladi.

Ko'rinib turibdiki, agar berilgan xromosoma S sxemaga tegishli va u chatishtiruv uchun tanlangan bo'lsa hamda ikkinchi ota-ona xromosomasi ham S sxemaga tegishli bo'lsa, u holda ularni ikkalasining avlodlari ham S sxemaga tegishli bo'ladi. (9.18) va (9.19) - ifodalar natijalari sxemani "yo'q qilish" yoki "omon qolish" ehtimolligini baholashda S sxemani qamrovi ko'rsatkichi $d(S)$ ning dolzarbligini tasdiqlaydi.

3. Mutatsiyalash amali. Endi mutatsiyalashning $M(k)$ ota-ona juftligi sohasiga ta'siri ko'rib chiqiladi. Mutatsiyalash operatori P_+ ehtimol bilan tasodifiy ravishda xromosomaning ma'lum bir yoyidagi 0 qiymatini 1 ga va aksincha 1 qiymatini 0 ga o'zgartiradi. Korinib turibdiki, ushbu amaldan so'ng xromosomaning joylaridagi barcha 0 va 1 lari o'zgarishsiz qolgandagina sxema mutatsiyalash natijasida omon qoladi.

Demak $M(k) \cap S$ populyatsiyasi to'plamidan olingan va S sxemaga tegishli bo'lgan xromosoma ushbu S sxemada shunda va faqat shundagina qoladi, agarda S sxemani joylaridagi doimiy 0 va 1 lariga

mos keluvchi xromosomaning joylaridagi 0 va 1 laridan birortasi ham mutatsiyalash jarayonida o'zgarmasdan qolsa. Bunday hodisaning amalga oshish ehtimolligi $(1 - P_-)^{k(s)}$ ga teng bo'ladi. Ushbu natijani quyidagi *xulosa* shaklida ifodalash mumkin.

$M(k) \cap S$ OOP to'plamidan olingan ba'zi bir xromosomalarning mutatsiyalash amalidan keyin S sxemaga tegishli bo'lish ehtimoli

$$(1 - P_-)^{k(s)} \quad (9.20)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Ushbu qiymat mutatsiyalashdan keyingi S sxemaning "omon qolish" ehtimoli deb ataladi.

Agar mutatsiyalash ehtimoli P_- kichik ($P_- < 1$) bo'lsa, u holda (9.20)

ifoda bilan aniqlangan mutatsiyalashdan so'ng S sxemaning "omon qolish"

ehtimoli taxminan quyidagi ifodaga teng deb taxmin qilinishi mumkin

$$1 - P_- \times h(s) \quad (9.21)$$

Agar $M(k) \cap S$ populyatsiyasi to'plamidan olingan xromosoma S sxemaga mos keladigan avlodni beradigan bo'lsa, u holda ushbu xromosoma $P(k+1) \cap S$ ga (yangi populyatsiyaga mos keladigan S sxemaga) tegishli bo'lishini hisobga olganda (9.18) - (9.21) ifodalarda keltirilgan seleksiyalash, chatishtiruv va mutatsiyalashning birgalikdagi ta'sirining samarasi quyidagi ko'payish (reproduksiya) sxemasining qurilishiga olib keladi [123]:

$$E[n^*(S, k+1)] \geq n^*(S, k) \frac{F(S, k)}{\bar{F}(k)} \left(1 - P_- \frac{d(s)}{l-1} \right) (1 - P_-)^{k(s)} \quad (9.22)$$

(9.22) ifodadagi bog'liqlik ma'lum bir sxemaga mos keladigan xromosomalarning soni joriy populyatsiyadan keyingi populyatsiyaga o'tishda qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Ushbu o'zgarish (9.22) ifodaning o'ng tomonida ko'rsatilgan uchta omil tufayli yuzaga keladi, xususan: $F(S, k)/\bar{F}(k)$ - MosFning o'rtacha qiymatining rolini aks ettiradi, $(1 - P_- \times d(s)/(l-1))$ - chatishtiruvning ta'sirini ko'rsatadi va $(1 - P_-)^{k(s)}$ - mutatsiyalashning ta'sirini ko'rsatadi. Ushbu omillarning har birining qiymati qanchalik katta bo'lsa, kelgusi populyatsiyada xromosomalarning S sxemaga mos kelishlarini kutilgan soni shuncha katta bo'ladi. (9.21) ifodani e'tiborga olib, (9.22) ifodani quydagicha ifodalash mumkin

$$E[n^*(S, k+1)] \geq n^*(S, k) \frac{F(S, k)}{\bar{F}(k)} \left(1 - P_c \frac{d(s)}{l-1} - P_m h(s) \right) \quad (9.23)$$

Katta populyatsiyalar uchun (9.23) ifodani quyidagicha approksimatsiya qilish mumkin

$$n^*(S, k+1) \geq n^*(S, k) \frac{F(S, k)}{\bar{F}(k)} \left(1 - P_c \frac{d(s)}{l-1} - P_m h(s) \right) \quad (9.24)$$

(9.23) va (9.24) formulalardan kelib chiqadiki, keyingi avlodagi S sxemaga mos keladigan kutilayotgan xromosomalar soni ushbu sxemaga tegishli bo'lgan xromosomalarning haqiqiy soniga, sxemaning nisbiy moslanuvchanligiga hamda sxemaning tartibi va qamroviga bog'liqdir. Shunisi e'tiborga loyiqki, o'rtacha darajadan yuqoriroq hamda kichik tartibli va qamrovli sxemalar keyingi populyatsiyalarda ularning avlodlari sonining ko'payishi bilan tavsiflanadi. Ushbu o'sish ko'rsatkichli xarakterga ega bo'lib, u (9.15) ifodadan kelib chiqadi. Katta populyatsiyalar uchun (9.15) ifodani rekkurent bo'g'lanish ko'rinishga almashtirish mumkin [36]

Sxema haqidagi teorema. O'rtacha darajadan yuqori bo'lgan kichik tartibli sxemalar o'zining kichik qamrovi va MosF bilan GAning keyingi avlodlarida o'zlarining namunalari sonini o'sishini yaqqol ko'rsatishini shakllantiradi.

9.2-misolni e'tiborga olib, quyidagi misolda GA asosida sxemalarni ishlash jarayoni tahlili keltiriladi.

9.6-misol. Aytaylik 9.2-misolda 12 ta gendan iborat xromosomalar boshlang'ich populyatsiya (9.7) ko'rinishdagi 8 xromosomani o'z ichiga olgan bo'lsin.

Quyidagi $S_0 = [*****11]$ sxema qaraladi va ushbu sxemada GA bajarilishi jarayonida qatnashchilar (genlar) soni va MosF qanday o'zgarishi ko'rib chiqiladi.

S_0 sxemaning uzunligi (genlar soni) $l = 12$ ga teng bo'lib, uning tartibi (9.16) ifodaga asosan $h(S_0) = l - l_*(S_0) = 12 - 10 = 2$ va qamrovi (9.17) ifodaga asosan $d(S_0) = l_{ong}(S_0) - l_{chap}(S_0) = 12 - 11 = 1$. (9.7) dagi boshlang'ich 8 ta populyatsiyadan S_0 sxemaga quyidagi ikkita xromosomalar mos keladi:

$$x_1 = [011101110011]; \quad x_2 = [101011011011]; \quad (9.25)$$

Eslatib o'tish joizki chatishtiruv va mutatsiyalash ehtimollari mos ravishda $P_c = 1$ va $P_m = 0$ teng deb hisoblanadi. S_0 sxemaning $P(0)$ boshlang'ich populyatsiyada $F(S_0, 0)$ moslanuvchanligini (9.12)

formulaga asosan aniqlash uchun avvalo $P(0)$ populyatsiyadagi S_0 sxemaga mos keluvchi x_1 va x_2 xromosomalar uchun $f(x_1)=8$ va $f(x_2)=8$ moslanuvchanlik qiymatlari aniqlanadi. Ushbu qiymatlarni (9.12) formulaga qo'yib $P(0)$ populyatsiyada $F(S_0,0)$ moslanuvchanlik $F(S_0,0)=\sum_{i=1}^2 f(x_i)/2=(8+8)/2=8$ aniqlanadi.

$N=2$ quvvatga ega bo'lgan $P(0)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi x_1 va x_2 xromosomalar MosFlarining $Q(0)$ yig'indisi (9.13) formulaga asosan $Q(0)=\sum_{i=1}^2 f(x_i)=8+8=16$ aniqlanadi.

$k=0$ - iteratsiyadagi $P(0)$ populyatsiyada x_1 va x_2 xromosomalar MosFlarining $\bar{F}(0)$ o'rtacha qiymati (9.14) formulaga asosan $\bar{F}(0)=\frac{1}{2}Q(0)=\frac{1}{2}16=8$ aniqlanadi.

Endi $P(0)$ populyatsiyada 9.2-misolda GAning initsializatsiyalash bosqichida xromosomalarning boshlang'ich populyatsiyasini tanlashni amalga oshirish natijasida tanlangan boshlang'ich $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ xromosomalar uchun $f(x_i)(i=\overline{1,8})$ MosFning qiymatlari hisoblanadi:

$$f(x_1)=7; f(x_2)=6; f(x_3)=8; f(x_4)=3;$$

$$f(x_5)=4; f(x_6)=5; f(x_7)=8; f(x_8)=5.$$

Aniqlangan $f(x_i)(i=\overline{1,8})$ funksiyaning qiymatlari (9.12) formulaga qo'yib

$$F(S_0,0)=\sum_{i=1}^8 f(x_i)/8=(7+5+8+3+4+5+8+5)/8=46-8=5.75.$$

$N=8$ quvvatga ega bo'lgan $P(0)$ populyatsiyada $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ xromosomalar MosFlarining $Q(0)$ yig'indisi (9.13) formulaga asosan

$$Q(0)=\sum_{i=1}^8 f(x_i)=7+5+8+3+4+5+8+5=46.$$

$k=0$ -iteratsiyadagi $P(0)$ populyatsiyada $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$

xromosomalar MosFlarining $\bar{F}(0)$ o'rtacha qiymati (9.14) formulaga asosan $\bar{F}(0)=\frac{1}{8}Q(0)=\frac{1}{8}46=5.75$ aniqlanadi.

Demak $P(0)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi x_3 va x_7 xromosomalarning MosFlarining $\overline{F}(0)=8$ o'rtacha qimati ushbu populyatsiyada tanlangan boshlang'ich $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ xromosomalarning MosFlarining $\overline{F}(0)=5.75$ o'rtacha qimatidan katta bo'layapti.

Chatishtiruv - genetik operatorlarni qo'llashni amalga oshirish. Endi keying $k=1$ qadamda (9.25) ko'rinishdagi populyatsiyadan ChAni qo'llab yangi xromosomalarni hosil qilish va ular orasidan S_0 sxemaga mos keladiganlarini seleksiyalash amalga oshiriladi.

Faraz qilaylik seleksiyalash jarayonida (9.25) ko'rinishda tanlangan 8 ta xromosomalarning birortasi ham mutatsiyalashga uchramasin va ularning hammasi chatishtiruv uchun mo'ljallangan xromosomalarning populyatsiyasini tashkil qilsin. Bu esa chatishtiruv ehtimolini $P_c(x_i)=1$ va mutatsiyalash ehtimoli $P_m(x_i)=0$ ekanligini anglatadi. Aytaylik ushbu xromosomalardan tasodifiy ravishda otionalarning x_3 va x_7 ; x_1 va x_5 ; x_2 va x_4 ; x_6 va x_8 juftliklari shakllantirilgan bo'lsin. Bu juftliklar uchun 9.2-misolda chatishtiruv nuqtalarini tanlash va chatishtiruv jarayoni 9.5-rasmda ko'rsatilgandek amalga oshiriladi va natijada (9.10) ifodadagi 8 ta yangi xromosomalarning hosil bo'ladi. (9.10) dagi xromosomalarning orasidan S_0 sxemaga mos keladiganlari 4ta xromosomalarni tashkil etadi:

$$\begin{aligned} x'_1 &= [0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1]; & x'_2 &= [1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1]; \\ x'_3 &= [0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1]; & x'_4 &= [1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1]. \end{aligned} \quad (9.26)$$

S_0 sxemaning $k=1$ qadamdagi $P(1)$ populyatsiyada $F(S_0,1)$ moslanuvchanligini (9.12) formulaga asosan aniqlash uchun avvalo $P(1)$ populyatsiyadagi S_0 sxemaga mos keluvchi (9.26) dagi x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 xromosomalarning uchun $f(x'_1)=8, f(x'_2)=9, f(x'_3)=8, f(x'_4)=8$ moslanuvchanlik qiymatlari hisoblanadi. Ushbu qiymatlarni (9.12) formulaga qo'yib $P(1)$ populyatsiyada $F(S_0,1)$ moslanuvchanlik

$$F(S_0,1) = \sum_{i=1}^4 f(x'_i) / 4 = (8+9+8+8) / 4 = 8.25 \text{ aniqlanadi.}$$

$N=4$ quvvatga ega bo'lgan $P(1)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 xromosomalarning MosFlarining $Q(1)$ yig'indisi

(9.13) formulaga asosan $Q(1) = \sum_{i=1}^4 f(x_i) = 8 + 9 + 8 + 8 = 33$ aniqlanadi.

$P(1)$ populyatsiyada $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*$ xromosomalari MosFlarining $\bar{F}(1)$ o'rtacha qiymati (9.14) formulaga asosan $\bar{F}(1) = \frac{1}{4}Q(1) = \frac{1}{4}33 = 8.25$ aniqlanadi.

Endi $k=1$ qadamda $P(1)$ populyatsiyada (9.26)dagi $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*, x_7^*, x_8^*$ xromosomalari uchun

$$f(x_1^*) = 8; f(x_2^*) = 6; f(x_3^*) = 9; f(x_4^*) = 6;$$

$$f(x_5^*) = 7; f(x_6^*) = 4; f(x_7^*) = 8; f(x_8^*) = 8$$

moslanuvchanlik qiymatlari hisoblanadi. Ushbu qiymatlarni (9.12) formulaga qo'yib $P(1)$ populyatsiyada $F(S_0, 1)$ moslanuvchanlik quyidagicha aniqlanadi:

$$F(S_0, 1) = \sum_{i=1}^8 f(x_i) / 8 = (8 + 6 + 9 + 6 + 7 + 4 + 8 + 8) / 8 = 7.$$

$N=8$ quvvatga ega bo'lgan $P(1)$ populyatsiyada $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*, x_7^*, x_8^*$ xromosomalari MosFlarining $Q(1)$ yig'indisi (9.13) formulaga asosan $Q(1) = \sum_{i=1}^8 f(x_i) = 8 + 6 + 9 + 6 + 7 + 4 + 8 + 8 = 56$ aniqlanadi.

$P(1)$ populyatsiyada $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*, x_7^*, x_8^*$ xromosomalari MosFlarining $\bar{F}(1)$ o'rtacha qiymati (9.14) formulaga asosan $\bar{F}(1) = \frac{1}{8}Q(1) = \frac{1}{8}56 = 7$ aniqlanadi.

Demak yangi $P(1)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*$ xromosomalarni MosFlarining o'rtacha qiymati $\bar{F}(1) = 8.25$ ushbu populyatsiyada chatishtiruv natijasida hosil qilingan $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*, x_7^*, x_8^*$ xromosomalarni MosFlarining o'rtacha qiymati $\bar{F}(1) = 7$ dan katta bo'layapti. Bundan tashqari yangi $P(1)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*$ xromosomalarni MosFlarining qiymati $F(S_0, 1) = 8.25$ $P(0)$ populyatsiyada S_0 sxemaga mos keluvchi x_3, x_7 xromosomalarni MosFlarining qiymati $F(S_0, 0) = 8$ dan katta, ya'ni $F(S_0, 1) = 8.25 > F(S_0, 0) = 8$ bo'layapti hamda S_0 sxemaga mos

keluvchi yangi $P(1)$ populyatsiyaning quvvati $N = 4(x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*$ xromosomalardan iborat) oldingi $P(0)$ populyatsiyaning quvvati $N = 2(x_3, x_7$ xromosomalardan iborat)dan katta, ya'ni $N = 4 > N = 2$ bo'layapti.

Sxemalarni qayta ishlashga bag'ishlangan 9.6-misoldan quyidagi xulosalar chiqarish mumkin. Ushbu misollar GAlarning asosiy teoremasi - sxema haqidagi teoremasini aks ettiradi. U kichik tartibli va kichik qamrovli sxemaga ishlov berishga ta'sir qiladi.

7-§. Klassik genetik algoritmning modifikatsiyalari

7.1. Genetik operatorlarning turlari

Genetik operatorlarning seleksiyalash, chatishtiruv va mutatsiyalash turlari aniqlangan. Quyida ushbu operatorlarni tahlilini korib chiamiz.

Seleksiyalash (tanlash) operatori. Seleksiyalash GAda harakatlantiruvchi kuchni ta'minlaydi. Agar ushbu kuch qanchalik katta bo'lsa, u holda genetik qidiruv tezroq yakunlanishi mumkin, aks holda evolyutsiya jarayoni zarur bo'lganidan ko'ra sekinroq bo'ladi.

Seleksiyalash genetik qidiruvni qidiruv fazosining istiqbolli yo'nalishlariga yo'naltiradi. So'nggi yillar ichida seleksiyalashning ko'plab usullar taklif qilindi va ular orasida quyidagilar eng keng tarqalgan usullar hisoblanadi.

1. Ruletka usuli yordamida seleksiyalash (bu usul 9.2-misolda keltirilgan).

2. Tartiblangan seleksiyalash. Ushbu protsedura mutanosib ruletka uslubiga xos bo'lgan ba'zi kamchiliklarni yo'q qiladi. Ushbu usul yordamida populyatsiyani MosFlarining kattaligiga qarab saralash, so'ngra har bir xromosomaga keyingi avlodga qo'shilish ehtimolini beradigan xromosomani ularning darajalariga muvofiq tanlash orqali doimiy seleksiyalash tarzi saqlanib qolinadi. Yuqori darajadagi xromosomalarni kiritish ehtimoli ko'proq bo'ladi. Ruletka g'ildiragi tayinlash funksiyasi bilan belgilangan slotlar bilan quriladi. n o'lchovli populyatsiyaning keyingi avlodi g'ildirakning n aylanmasidan keyin aniqlanadi. Ushbu protsedura eng yaxshi xususiyatlarga ega bo'lgan populyatsiya a'zolarini tanlashga yordam beradi.

3. *Turnirli seleksiyalash.* Bu seleksiyalash tasodifiy va deterministik

yondashuvlarni birlashtirgan protsedura namunasi hisoblanadi. Turnirlar populyatsiy a'zolaridan keyingi avlodda kim ishtirok etishini ko'rsatish uchun ular orasida musobaqalashishni eslatadi. Musobaqa natijasida xromosomani tanlab olish ehtimoli quyidagi omillarga bog'liq:

- populyatsiyadagi xromosomaning darajasi (rangi);
- musobaqa hajmi k ning o'chovi. Agar turnir qancha katta bo'lsa, u holda o'rtacha MosFlari yuqori bo'lgan a'zolarining imkoniyatlari ko'payadi va o'rtacha MosFdan past bo'lgan a'zolarini kiritish imkoniyati kam bo'ladi;

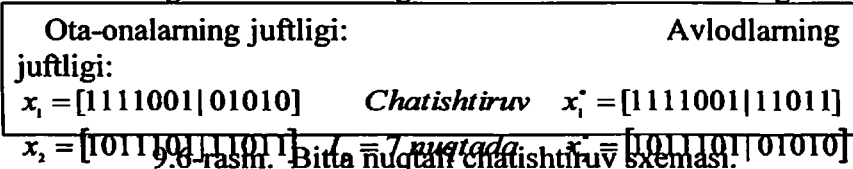
- musobaqaning eng munosib a'zosi tanlanish ehtimoli. Odatda $P=1.0$ (determinallashgan musobaqalar) va $P<1.0$ bilan stoxastik versiyadan ham foydalaniladi;

- xromosomani tanlash usuli (almashtirish bilan yoki almashtirishsiz). Xromosomani almashtirishsiz tanlashda deterministik $(k-1)$ turnirlari bilan populyatsiyaning eng yaroqsiz a'zolari hech qachon tanlanmaydi. Shu bilan birga almashtirish bilan o'tkaziladigan turnirda har doim ham omadli qur'a natijasida populyatsiyaning eng yomon a'zosini ham tanlashi mumkin.

Chatishtiruv operatori. Xromosomalarni ikkilik sonli tasvirlashda odatda bitta nuqtali, ikkita nuqtali, ko'p nuqtali va teng'o'lchovli chatishtiruv shakllari qo'llaniladi [36]. Ularning barchasi ikkita ota-onadan boshlanadi va ikkita avlod yaratadi. *Ikkilik kodlashda quyidagi uchta usul qo'llaniladi.*

1. *Bir nuqtali chatishtiruv.* Bu chatishtiruvda avvalo $[0,1-1]$ oralig'idan tasodifiy son (nuqta) tanlanadi (l - xromosomaning uzunligi), so'ngra ikkala ota-ona xromosomalari shu nuqtada bo'linadi va ota-ona xromosomalarning bo'linish nuqtasidan keyingi qismlarini almashtirish natijasida ikkita avlod paydo bo'ladi.

Ushbu turdagi chatishtiruvning sxemasi 9.6-rasmda keltirilgan



2. *Ikki nuqtali chatishtiruv.* Bu chatishtiruv jarayonida avlodlar ota-ona xromosomalarining tasodifiy tanlangan ikkita chatishtiruv nuqtalari bilan aniqlangan bo'laklarini meros qilib olishadi (9.7-rasm).

Ota-onalarning juftligi:	Avlodlarning juftligi:
$x_1 = [111 1001 01010]$ Chatishtiruv	$x_1^* = [111 1101 01010]$
$x_2 = [101 1101 11011]$ $I_1 = 3$ va $I_2 = 7$ nuqtada	$x_2^* = [101 1001 11011]$

9.7-rasm. Ikkita nuqtali chatishtiruv sxemasi.

3. *Ko'p nuqtali chatishtiruv.* Bu yuqorida keltirilgan amallarning umumlashtirilishi va shunga mos ravishda ko'p sonli chatishtiruv nuqtalari bilan tavsiflanadi. Masalan 2, 5 va 8 ga teng uchta chatishtiruv nuqtalari va bir xil miqdordagi ota-onalar uchun chatishtiruv natijalari 9.8-rasmda keltirilgan.

Ota-onalarning juftligi:	Avlodlarning juftligi:
$x_1 = [11 101 110 1001]$ Chatishtiruv $I_1 = 2,$	$x_1^* = [11 110 101 1001]$
$x_2 = [01 110 101 1010]$ $I_2 = 5,$ $I_3 = 8$ nuqtada	$x_2^* = [01 101 110 1010]$

Xuddi shunday chatishtiruv to'rt va undan ortiq nuqtalar uchun ham bajariladi.

4. *Teng o'lchovli chatishtiruv.* U birinchi ota-onadan qaysi genlarni meros qilib olish kerakligini ko'rsatadigan tasodifiy tanlangan etalonga muvofiq amalga oshiriladi (qolgan genlar ikkinchi ota-onadan olingan).

9.7-misol. Faraz qilaylik, bir juft ota-ona

$$x_1 : [010101101010]; \quad x_2 : [111010011011]$$

xromosomalari uchun $x_3 : [101110101100]$ etalon tanlangan bo'lib, unda $1-x_1$ ota-onadan va $0-x_2$ ota-onadan mos keladigan yoyda (lokusda) turgan qimmatni (0 yoki 1) qabul qilinishini anglatadi. Buning natijasida birinchi x_1^* avlod shakllantiriladi. Ikkinchi x_2^* avlodni shakllantirish uchun ham ushbu etalondan foydalaniladi, lekin bu holda undagi $1-x_2$ ota-onadan va $0-x_1$ ota-onadan mos keladigan yoyda turgan qimmatni (0 yoki 1) qabul qiladi. Bu holda teng o'lchovli chatishtiruv jarayonini amalga oshirish 9.9-rasmdagidek tasvirlanadi.

Ota-onalarning juftligi:		Avlodlarning juftligi:
$x_1 = [010101101010]$	<i>Chatishtiruv</i>	$x'_1 = [110111001011]$
$x_2 = [111010011011]$		$x'_2 = [011000111010]$
<i>Lokus</i> : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12		
$x_a = [001101010110]$		

9.9-rasm. Teng o'rchovli chatishtiruvga misol.

Teng o'rchovli chatishtiruv xromosomalarni birlashtirganda juda katta moslashuvchanlikni beradi, bu esa GA bilan ishlashning muhim xususiyatlaridan biri hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan *chatishtiruv amallari* xromosomalardagi genlar ketma-ketligi *butun sonlar* bilan tavsiflanganda ham *o'rinli* hisoblanadi.

Agar xromosomalardagi genlar ketma-ketligi haqiqiy *sonlar* bilan tavsiflansa, u holda ushbu xromosomalar ustida chatishtiruvni amalga oshirish uchu quyidagi uchta turdagi arifmetik amallardan foydalaniladi.

Keltiriladigan barcha usullarda α parametрни $[0,1]$ oraliqdan tanlash tasodifiy ravishda amalga oshiriladi, lekin amaliyotda α parametрning qiymati o'zgarmas deb qaraladi va u 0.5 ga teng, ya'ni $\alpha = 0.5$.

1. *Oddiy arifmetik rekombinatsiyalash*. Bu holda avvalo ota-ona xromosomalarning x_i va x_j juftliklarida tasogifiy ravishda chatishtiruv nuqtasi I_k tanlanadi. Undan keyin x'_i birinchi avlod xromosomasi uchun x_i birinchi va x'_j ikkinchi avlod xromosomasi uchun x_j ikkinchi ota-ona xromosomasidan mos ravishda birinchi k ta genlarning qiymatlari olinadi va ular mos ravishda x'_i va x'_j avlodlar xromosomalari ga kiritiladi. x'_i va x'_j avlodlar xromosomalarning qolgan $(k+1), (k+2), \dots, n$ genlarining qiymatlari x_i va x_j ota-ona xromosomalar genlari qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymatlaridan hosil qilinadi, ya'ni

$$x'_i \text{ avlod} : \{x_1, x_2, \dots, x_k, \alpha \times y_{k+1} + (1-\alpha)x_{k+1}, \dots, \alpha y_n + (1-\alpha)x_n\},$$

$$x'_j \text{ avlod} : \{y_1, y_2, \dots, y_k, \alpha \times x_{k+1} + (1-\alpha)y_{k+1}, \dots, \alpha x_n + (1-\alpha)y_n\}.$$

Bu erda $\{x_1, x_2, \dots, x_k, x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_n\}$ - birinchi x_i va $\{y_1, y_2, \dots, y_k, y_{k+1}, y_{k+2}, \dots, y_n\}$ - ikkinchi x_i ota-ona xromosomasining genlari.

9.8-misol.

Ota-onalarning juftligi:	Avlodlarning juftligi:
$x_1 = [0.1 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.7 \ 0.9]$ <i>Chatishtiruv</i>	$x_1^* = [0.1 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.4 \ 0.8 \ 0.7]$
$x_2 = [0.4 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.9 \ 0.5]$ $I_k = 3$	$x_2^* = [0.4 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.8 \ 0.7]$

9.10-rasm. $I_k = 3$ va $\alpha = 0.5$ bo'lganda oddiy arifmetik rekombinatsiyalash.

2. *Alohida arifmetik rekombinatsiyalash.* Bu holda ham avvalo ota-ona xromosomalarining x_i va x_j juftliklarida tasodifiy ravishda chatishtiruv nuqtasi I_k tanlanadi. Undan keyin x_i^* birinchi avlod xromosomasi uchun x_i birinchi va x_j^* ikkinchi avlod xromosomasi uchun x_j ikkinch ota-ona xromosomasidan mos ravishda birinchi $(1, 2, \dots, (k-1), (k+1), \dots, n)$ ta qiymatlar (genlar) olinadi va ular mos ravishda x_i^* va x_j^* avlodlar xromosomalariga kiritiladi. Undan keyin alohida tanlangan k chatishtiruv nuqtasida x_i^* va x_j^* avlodlar xromosomalarining k - genlarining qiymatlari x_i va x_j ota-ona xromosomalarining k -genlarining o'rtacha arifmetik qiymatidan hosil qilinadi, ya'ni

$$x_i^* \text{ avlod} : \{x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, \alpha \times y_k + (1 - \alpha)x_k, x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_n\},$$

$$x_j^* \text{ avlod} : \{y_1, y_2, \dots, y_{k-1}, \alpha \times x_k + (1 - \alpha)y_k, y_{k+1}, y_{k+2}, \dots, y_n\}.$$

Bu erda $\{x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_n\}$ - birinchi x_i va $\{y_1, y_2, \dots, y_{k-1}, y_k, y_{k+1}, \dots, y_n\}$ - ikkinchi x_j ota-ona xromosomasining genlari.

9.9 - misol.

Ota-onalarning juftligi:	Avlodlarning juftligi:
$x_1 = [0.1 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.8 \ 0.4]$ <i>Chatishtiruv</i>	$x_1^* = [0.1 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.7 \ 0.4]$
$x_2 = [0.4 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.6 \ 0.8]$ $I_k = 5$	$x_2^* = [0.4 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.7 \ 0.8]$

9.11-rasm. $I_k = 5$ va $\alpha = 0.5$ bo'lganda alohida arifmetik rekombinatsiyalash.

3. *To'liq arifmetik rekombinatsiyalash.* Bu umumiy usul hisoblanib,

unda x_i^* va x_j^* avlodlar xromosomalarining har bir genining qiymati mos ravishda x_i va x_j ota-ona xromosomalarining har bir genining o'rtacha arifmetik qiymatidan hosil qilinadi, ya'ni

$$x_i^* \text{ avlod} : \{\alpha \times x_i^* + (1 - \alpha) y_i^*\},$$

$$x_j^* \text{ avlod} : \{\alpha \times y_j^* + (1 - \alpha) x_j^*\}.$$

Bu erda $x^* = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - birinchi x_i ota-ona xromosomasining genlari, $y^* = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ - ikkinchi x_j ota-ona xromosomasining genlari.

9.10-misol.

Ota-onalarning juftligi:

Avlodlarning juftligi:

$$x_1 = [0.1 \ 0.8 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.7 \ 0.9] \text{ Chatishtiruv } x_1^* = [0.2 \ 0.5 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.6 \ 0.8]$$

$$x_2 = [0.3 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.5 \ 0.7] \quad x_2^* = [0.2 \ 0.5 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.6 \ 0.8]$$

9.12-rasm. $\alpha = 0.5$ bo'lganda to'liq arifmetik rekombinatsiyalash.

Mutatsiyalash operatori. Quyida eng ko'p ishlatiladigan mutatsiyalash operatorlarning ayrimlarini keltiramiz.

1. *Bitli mutatsiyalash.* Bu mutatsiyalashda xromosomada bir yoki bir nechta tasodifiy bit(gen)lar tanlanadi va ular teskarisiga almashtiriladi. Bu ikkilik kodlangan GA uchun foydalaniladi (9.13-rasm).

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

9.13-rasm. Bitli mutatsiyalash.

2. *Tasodifiy aylantirishli mutatsiyalash* - bu butun sonni tasvirlash uchun bitlarni o'zgartirish kengaytmasi hisoblanadi va bunda xromosomada tasodifiy tanlangan genga tegishli qiymatlar to'plamidan tasodifiy qiymat beriladi.

3. *Joylarni almashtirishli mutatsiyalash.* Bunday mutatsiyalashda xromosomada tasodifiy ikkita gen qiymatining joyi tanlanadi va mos ravishda ushbu gen qiymatlari joylarining o'rinlari almashtiriladi. Bu o'rin almashtirishlarga asoslangan kodlashlarda keng tarqalgan (9.14-rasm).

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 6 & 3 & 4 & 5 & 2 & 7 & 8 & 9 & 0 \end{bmatrix}$$

9.14-rasm. Joylarni almashtirishli mutatsiyalash.

4. *Joylarni aralashtirishli mutatsiyalash.* Bunday holda xromosomadan genlarning bir qismi tanlanadi va ularning

qiymatlarining joylari tasodifiy ravishda almashtiriladi yoki almashtiriladi (9.15-rasm).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	=>	0	1	3	6	4	2	5	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

9.15-rasm. Joylarni aralashtirishli mutatsiyalash.

5. *Teskarili (inversiyali) mutatsiyalash.* Inversiyali mutatsiyalashda aralashtirish mutatsiyasi kabi xromosomadan genlar qism to'plami tanlanadi va qism to'plam teskarisiga almashtiriladi (9.16-rasm).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	=>	0	1	6	5	4	3	2	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

9.16 -rasm. Inversiyali mutatsiyalash.

Inversiyalash operatori. Inversiya bitta xromosomada amalga oshiriladi. Uni amalga oshirish xromosomadagi tasodifiy tanlangan ikkita joy (lokus) orasidagi allellar ketma-ketligini o'zgartiradi.

9.11-misol. Aytaylik ota-ona xromosomasi $x_i = [001100111010]$ berilgan va bunda $I_i = 3$ va $I_i = 8$ joylari tasodifiy tanlangan bo'lsin, ya'ni $x_i = [001|10011|1010]$. Ushbu xromosomada $I_i = 3$ va $I_i = 8$ joylar orasida joylashgan qenlarning qiymatlariga inversiy amalini qo'llab, ya'ni allellarning ba'zi (yoki barcha) 0 qiymatini 1 ga va 1 qiymatini 0 ga almashtirib, yangi avlod $x'_i = [001|11010|1010]$ xromosoma hosil qilinadi.

7.2. Moslanuvchanlik funksiyasini masshtablash

MosFni masshtablash ko'pincha ikki sababga ko'ra amalga oshiriladi [36]. *Birinchidan-* bu seleksiyalash usullarini muhokama qilishda aytib o'tilgan GAning erta yaqinlashishini oldini olish uchun qo'llaniladi. *Ikkinchidan* algoritmnin bajarilishining yakuniy bosqichida - agar populyatsiyada sezilarli xilma-xillik saqlanib qolganda va o'rtacha moslanuvchanlik qiymati maksimal qiymatdan unchalik farq qilmaganda. *MosFni masshtablash - bu istalmagan hodisa deb hisoblangan keyingi avlodlarda o'rtacha va eng yaxshi xromosomalar deyarli bir xil miqdordagi avlodni hosil qiladigan vaziyatni oldini olishga yordam beradi.* Algoritmning barvaqt yaqinlashishi shundan iboratki, bunda populyatsiyada eng yaxshi, lekin hali optimal bo'lmagan xromosomalar hukmronlik qila boshlaydi. *MosFni masshtablash* populyatsiyani optimal bo'lmagan xromosomaning ustunligidan himoya qiladi va shu bilan GAning barvaqt yaqinlashishini oldini oladi.

Masshtablash - bu MosFni tegishli almashtirishdan iborat bo'ladi. Masshtablashning 3 asosiy usullari mavjud: *chiziqli*, *sigma-qisqartirish* va *darajali* [36].

1. *Chiziqli masshtablash (linear scaling)* - bu F MosFni F^* shaklga keltirish uchun $F^* = a \cdot F + b$ chiziqli bo'g'liqlikdan foydalanib amalga oshirish hisoblanadi. Bu erda a va b - o'garmaslar bo'lib, ular shunday tanlanishi kerakki, bunda masshtablashdan oldingi MosFning o'rtacha qiymati masshtablashdan keyingi o'rtacha qiymatiga teng bo'lishi hamda masshtablashdan keyingi MosFning maksimal qiymati uning o'rtacha qiymatiga karrali bo'ladi. Karralilik koeffitsienti ko'pincha 1,2 dan 2 gacha bo'lgan oraliqda tanlanadi. Bunda F^* funksiya manfiy qiymatlarni qabul qilmasligining nazoratini ta'minlash kerak bo'ladi.

2. *Sigma-kesishli masshtablash* - bu F MosFni F^* shaklga keltirish uchun $F^* = F + (\bar{F} - c \cdot \delta)$ ifodadan foydalanib amalga oshirish hisoblanadi. Bu erda $\bar{F}$ - butun populyatsiya uchun MosFning o'rtacha qiymatini bildiradi, c - bu kichik natural son (odatda 1 dan 5 gacha) va δ - populyatsiyaning standart og'ishidir. Agar hisoblangan qiymatlar manfiy bo'lsa, unda ular nolga teng deb olinadi.

3. *Darajali masshtablash* - bu F MosFni F^* shaklga keltirish uchun $F^* = F^k$ ifodadan foydalanib amalga oshirish hisoblanadi. Bu erda k - 1 raqamiga yaqin son. Odatda echilayotgan muammoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda k qiymat empirik tarzda tanlanadi. Masalan k ning qiymati sifatida $k = 1.005$ foydalanish mumkin.

7.3. Ko'p mezonli optimallashtirish uchun genetik algoritmlar

GAlar yordamida echilgan masalalarning aksariyati *bitta optimallashtirish mezoniga ega* [36]. O'z navbatida ko'p mezonli optimallashtirish (KMO) bir vaqtning o'zida bir nechta funksiyalarni optimallashtiradigan echimni topishga asoslangan. Bunday holda ma'lum bir kelishuv izlanadi va uning roliga *Pareto* ma'nosida optimal bo'lgan echim qatnashadi. *KMOda* odatdagidek optimal echimning kodlangan shakli bo'lgan bitta xromosoma tanlanmaydi, balki *Pareto* ma'nosida optimal bo'lgan *xromosomalari to'plami tanlanadi*. Foydalanuvchi ushbu to'plamdan optimal echimni tanlash imkoniyatiga ega bo'ladi. *Pareto* ma'nosida optimal bo'lgan echimni aniqlashni ko'rib chiqamiz.

x, y bilan fenotiplarni belgilaymiz. U holda X echim ustunroq deyiladi agarda x echimga nisbatan yomonroq bo'lmagan y echim mavjud bo'lsa, ya'ni har qanday optimallashtiriladigan $f_i, i = 1, 2, \dots, m$ funksiya uchun

f_i funksiyani maksimallashtirishda $f_i(x) \leq f_i(y)$

f_i funksiyani min imallashtirishda $f_i(x) \geq f_i(y)$

Agarda echim boshqa biron bir erimlarga nisbatan ustun bo'lmasa, u holda u ustunmas yoki Pareto ma'nosida optimal echim deb ataladi.

KMO bilan bog'liq bir necha klassik usullar mavjud [36].

1. *KMO usullaridan biri* - bu w_i vaznlarni hisoblashga asoslanib funksiyani hisoblash usuli bo'lib, unda w_i vaznlarga ega bo'lgan f_i funksiyalar bitta $f(x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x)$ funksiyani tashkil qiladi.

Bu erda $w_i \in [0, 1]$ va $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ bo'ladi. w_i vaznlarning turli xil bo'lishi turli xil Pareto echimlarini beradi.

2. *KMO bilan bog'liq yondashuvlardan yana biri* - bu masofalarni hisoblashga asoslanib funksiyani aniqlash usuli hisoblanadi. Ushbu usulning g'oyasi berilgan y_i qiymatlarini $f_i(x)$ qiymatlari bilan taqqoslashdan iborat, ya'ni $f(x) = \left(\sum_{i=1}^m |f_i(x) - y_i|^r \right)^{1/r}$. Bu holda, odatda $r = 2$ qabul qilinadi va bu Evklid metrikasi hisoblanadi.

3. *KMONing yana bir yondashuvi* - bu populyatsiyani bir xil o'lchamdagi qismpopulyatsiyalarga bo'lishni o'z ichiga oladi. Bunda ularning har biri bitta optimallashtiriladigan funksiya uchun javob beradi. Bu holda seleksiyalash har bir funksiya uchun alohida tarzda amalga oshiriladi, ammo chatishtiruv jarayoni kichik qismpopulyatsiyalar chegaralarini hisobga olmasdan amalga oshiriladi.

7.4. Genetik mikroalgoritmlar

Genetik mikroalgoritm (GM) - bu ko'p sonli populyatsiyalar va uzun xromosomalarni talab qilmaydigan masalalarni echish uchun mo'ljallangan klassik GAning o'zgargan shakli (modifikatsiyasi) hisoblanadi. Bunday algoritmlar cheklangan vaqtda echimni tez topilishi kerak bo'lgan hollarda (global bo'lishi shart emas) hisoblashlar uchun qo'llaniladi [36]. Gap shundaki, ko'p sonli iteratsiya bilan bog'liq

bo'lgan mashaqqatli hisob-kitoblarni amalga oshirmaslik kerak. GMLar odatda biroz yomonroq echimlarni topadi, ammo ular kompyuterning hisoblash resurslarini tejashga imkon beradi. Misol sifatida FlexTool dasturining GMini keltirish mumkin [42]. U olti bosqichdan iborat:

1. Xromosomalar soni 5 taga teng bo'lgan populyatsiyani shakllantirish. 5 ta xromosoma tasodifiy tanlanadi yoki oldingi iteratsiyalarda olingan 1 ta "yaxshi" xromosoma saqlanadi va qolgan 4 ta xromosoma tasodifiy ravishda olinishi mumkin.

2. Populyatsiyada xromosomalarning MosFning qiymatlari hisoblanadi va eng yaxshi xromosoma tanlanadi. Ushbu xromosoma 5 raqami bilan belgilanadi va u keyingi avlodga o'tkaziladi (elitall strategiya).

3. Turnirli seleksiyalashning deterministik usuli asosida ko'payish uchun qolgan 4 ta xromosoma tanlanadi (musobaqada eng yaxshi xromosoma ham qatnashadi va o'zining nusxasini ota-ona juftligi sohasiga kiritish huquqi uchun kurashadi). Turnirli seleksiyalash jarayonida xromosomalar tasodifiy ravishda guruhlashtiriladi va har bir qismguruxdagi xromosomalar qolgan 4ta o'rinlar uchun qo'shni qismguruxdagi juftliklar bilan raqobatlashadi. Shunga e'tibor qaratiladiki, ota-ona juftligi bir xil xromosomaning ikki nusxasidan iborat bo'lmasligi kerak.

4. Chatishtiruv jarayoni $P_c = 1$ ehtimollik bilan va mutatsiyalash jarayoni $P_c = 0$ ehtimollik bilan amalga oshiriladi.

5. Algoritmning yaqinlashishi tekshiriladi (genotiplar yoki fenotiplarning mos kelish o'lchovidan foydalangan holda). Agar yaqinlashish sodir etilsa, u holga algoritmi 1-qadamga qaytadi, aks holda 6-qadamga o'tiladi.

6. 2-bosqichga qaytiladi.

Ta'kidlash mumkinki, GMda populyatsiya miqdori kichik va qat'iy deb qabul qilinadi. Yaxshi xromosomalarning yo'qolishini oldini oladigan elita strategiyasi qo'llaniladi. Populyatsiya soni kichik bo'lgani uchun deterministik seleksiyalash amalga oshiriladi. Chatishtiruv $P_c = 1$ ehtimollik bilan amalga oshiriladi. Mutatsiyalash talab qilinmaydi, chunki algoritmi har bir "qayta boshlash"ida yangi populyatsiyaning shakllanishi bilan etarli xilma-xillik ta'minlanadi, ya'ni yaqinlashuvga erishilganda algoritmi 1-qadamga o'tadi. Algoritmi "boshlash" va "qayta boshlash" protseduralari muddatidan oldin yaqinlashishni oldini olish uchun mo'ljallangan. GM har doim eng yaxshi echimlarni izlaydi.

Uni qo'llashning asosiy maqsadi eng qisqa vaqt ichida eng optimal echimni topishdan iborat.

7.5. Evolyutsiyali algoritmlar va ularning ilovalari

Evolyutsiali strategiy(ES)lar - bu moslashish va evolyutsiya g'oyalariga asoslangan optimallashtirish usuli hisoblanadi. Bu holda mutatsiyalash darajasi vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi - bu esa o'z-o'zini moslashishga olib keladi.

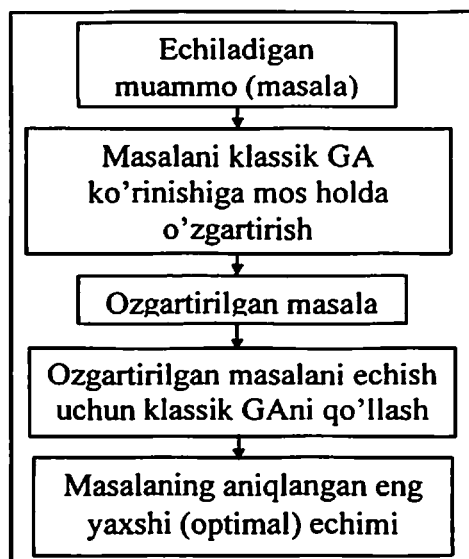
Genetik dasturlash(GD) - bu dasturlar populyatsiyasiga evolyutsion yondashuvni qo'llashdan iborat. *GD* - turli xil algoritmlarni tavsiflash uchun gen injeneriyasi metaforasidan foydalanishga urinish hisoblanadi.

Evolyutsiali dasturlash(ED) - xuddi *ESlar* singari kelajak avlodlarda ota-onadan avlodga xususiyatlarni o'tkazishning turli xil usullari va moslashuviga qaratilgan.

Evolyutsiali algoritmlar(EA)lar - bu *GA*, *ES* va *ED*lashning birlashmasi hisoblanadi.

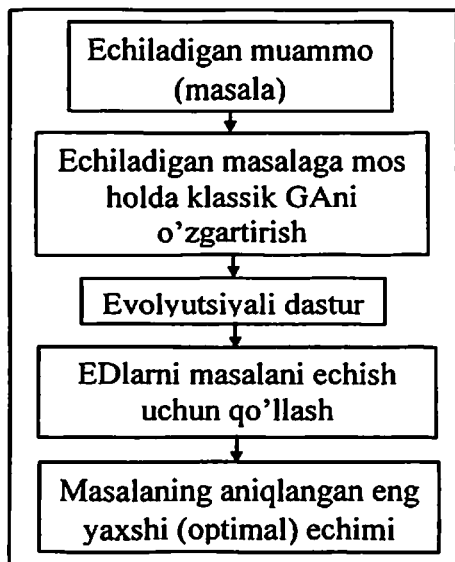
EDlar. *ED*larni *GA*larning umumlashmasi deb hisoblash mumkin. Ularning bir-biridan farqi xromosomalarni ifodalash usullari va genetik operatorlarni amalga oshirish bilan bog'liq. *EDlar* turli xil ma'lumotlar tuzilmalarini yaratishga imkon beradi, chunki ular nafaqat xromosomalarni ikkilik kodlashi mumkin, balki genetik operatorlarning kengaytirilgan to'plamini ham ta'minlaydi.

Klassik *GA* va *ED* o'rtasidagi asosiy farqni keng ma'noda 9.17 va 9.18 - rasmlarda tasvirlangan sxemalar ko'rinishda ifodalash mumkin.



9.17-rasm. Masalani klassik GA yordamida echish

9.18-rasm. Masalani EA (ED) yordamida echish.



Masalani echishda uni yoki GAdan foydalanish uchun zarur bo'lgan shaklga o'tkazish (9.17-rasm) yoki GAni masalani qondiradigan qilib o'zgartirish mumkin (9.18-rasm). Birinchi yondashuvni amalga oshirishda klassik GA va ikkinchi yondashuvni amalga oshirishda esa

ED qo'llaniladi. Shunday qilib, o'zgartirilgan GAlarni umuman EDlar deb atash mumkin [36].

EAlarning ilovalari. EAlarning aksariyat dasturlari optimallashtirish masalalariga tegishli bo'ladi. Bu masalalarning har birida ma'lum bir formulada ko'rsatilgan maqsad funksiyasi optimallashtiriladi. Evolver dasturida [15, 36] optimallashtirish va kombinatorika masalalarini echishda ikki xil chatishtiruv operatorlari va ikki xil mutatsiyalash operatorlaridan foydalaniladi.

Evolver dasturi Excel 8 protsessori bilan o'zaro aloqada bo'lib, unda echilayotgan masala jadvalning tegishli katakchalarida uning parametrlari (o'zgaruvchilari) va funksiya formulasini belgilash orqali tavsiflanadi.

9.12-misol. Evolver dasturi yordamida $[-5,5]$ oraliqda berilgan x_1, x_2, x_3 butun sonlar uchun $f(x_1, x_2, x_3) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$ funksiyaning minimal qiymatini toping.

Evolver dasturida hisoblashlar $N=6$ ta xromosomalar uchun amalga oshirilgan. Bunda chatishtiruv uchun chatishtiruv ko'rsatkichi 0.9 ga teng deb olindi. Bu shuni anglatadiki, avlod birinchi ota-onadan 90% ga yaqin genlarni oladi va taxminan 10% ga yaqin genlarni ikkinchi ota-onadan meros qilib oladi. Mutatsiyalash uchun mutatsiyalash ko'rsatkichining 0,1 ga teng qiymati tanlandi va bu genlarning 10% qiymatlari tasodifiy o'zgarishlarga duch kelishi kerakligini ko'rsatadi.

Evolver dasturi yordamida dastlabki $N=6$ ta populyatsiya yaratiladi:

$[-1 \ 3 \ -3]; [-1 \ -5 \ 2]; [5 \ 3 \ -4]; [2 \ -4 \ -0]; [5 \ 4 \ 2]; [4 \ -3 \ 5];$

Klassik GAning bitta iteratsiyasiga mos keladigan oltita taktdan keyin, ya'ni $t=6$ uchun 9.8-jadvalda keltirilganidek MosF qiymatlarining kamayish tartibida saralangan xromosomalar populyatsiyasi olingan.

9.8-jadval. $t=6$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	50	5	3	-4
2	50	5	3	-4
3	45	5	4	2
4	30	-1	-5	2
5	20	2	-4	0
6	19	-1	3	-3

Takilaymizki, populyatsiyaga MosFning qiymati 50 ga teng bo'lgan [4 -3 5] xromosoma kiritilmaydi. U eng yomon xromosoma sifatida chiqarib tashlanadi (eng yuqori MosF ko'rsatkichiga ega) va uning o'rniga [5 3 -4] xromosomaning nusxasi kiritildi. Ushbu xromosoma ham eng yomon bo'lib chiqadi, shuning uchun u keying $t=7$ taktida chiqarib tashlanadi. $t=7$ va $t=8$ taktlar uchun populyatsiyalar 9.9 va 9.10 - jadvallarda keltirilgan.

9.10 - jadvalning oxirgi 6 - qatorida hozirgi $t=8$ takt uchun eng kam moslanuvchanlik qiymatiga ega bo'lgan xromosoma joylashgan. 9.10-jadvalning 1-qatorida aholiga yangi kiritilgan xromosoma ko'rsatilgan. 9.10 - jadvaldagi [5 4 2] xromosoma - bu avvalgi $t=6$ populyatsiyadan olingan xromosomaning nusxasi. 9.10 - jadvaldagi [0 - 4 2] xromosoma - bu $t=7$ populyatsiyadagi xromosomalardan chatishtiruv va mutatsiyalash natijasida olingan yangi xromosoma. 9.10 - jadvalning 1-qatorida *qalin* bilan belgilangan MosFning qiymati populyatsiyadan chetlatilgan xromosomaga tegishli.

9.9-jadval. $t=7$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	50	5	4	2
2	50	5	3	-4
3	45	5	4	2
4	30	-1	-5	2
5	20	2	-4	0
6	19	-1	3	-3

9.10-jadval. $t=8$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	50	0	-4	2
2	50	5	4	2
3	45	5	4	2
4	30	-1	-5	2
5	20	2	-4	0
6	19	-1	3	-3

9.11 va 9.12 - jadvallar $t=17$ va $t=18$ taktlardagi populyatsiyalar uchun taqdim etilgan. Ta'kidlaymizki, $t=18$ - bu klassik GAning 3 ta iteratsiyasiga ($t=6$ takt 1 ta iteratsiya) to'g'ri keladi. 9.11 - jadvaldagi populyatsiyada yangi xromosoma oldingi

$t=16$ taktdagi populyatsida xromosomalar juftligini chatishtiruv natijasida olingan. 9.12 - jadvaldagi populyatsiyada yangi xromosoma oldingi $t=17$ taktdagi populyatsida $[2 \ -4 \ 0]$ xromosomaning o'rtacha genini mutatsiyalash natijasida shakllantirilgan.

9.11-jadval. $t=17$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	25	0	-4	0
2	20	2	-4	0
3	20	0	-4	2
4	20	2	-4	0
5	20	2	-4	0
6	19	-1	3	-3

9.12-jadval. $t=18$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	20	2	-3	0
2	20	0	-4	2
3	20	2	-4	0
4	20	2	-4	0
5	19	-1	3	-3
6	16	0	-4	0

9.13-jadvalda $t=41$ uchun xromosomalar populyatsiyasi keltirilgan. Ta'kidlaymizki $t=42$ - bu klassik GAning ettita iteratsiyasiga (avlodlariga) to'g'ri keladi. Bu holatda eng yaxshi echim - bu MosF 5 ga teng bo'lgan $[-1 \ 2 \ 0]$ xromosoma.

MosFning qiymati nolga teng $[0 \ 0 \ 0]$ bo'lgan eng yaxshi (minimal) echimni olish mumkin, agarda algoritmnining keyingi taktlarida bajarilishi paytida ikkinchi x_2 genini mutatsiyalash amalga oshirilsa, ya'ni -3, 3 yoki

2 ni 0 ga almashtirilsa.

9.13-jadval. $t=41$ uchun xromosomalar populyatsiyasi.

Xromosoma	$f(x_1, x_2, x_3)$ ning MosF	x_1 ning qiymati	x_2 ning qiymati	x_3 ning qiymati
1	10	0	-3	0
2	10	-1	3	0
3	10	-1	3	0
4	20	-1	3	0

5	9	0	-3	0
6	5	-1	2	0

Nazorat savollari

1. GAlar qaysi sohalarida va qanday masalalarni echishda qo'llaniladi?
2. GA ning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
3. GAlarda qanday kodlash usullaridan foydalaniladi?
4. Klassik GA qanday bosqichlardan iborat?
5. Xromosomalarni seleksiyalash, chatishtiruv va mutatsiyalash jarayoni qanday amalga oshiriladi?
6. Sxema tartibi va qamrovi qanday aniqlanadi?
7. Sxemaga mos keladigan xromosomalarni qanday tanlanadi?
8. Sxemaga mos keladigan xromosomalarni MosFlari, chatishtirish, mutatsiyalash qanday amalga oshiriladi?
9. Sxemalar haqidagi teoremaning ma'nosi nimadan iborat?
10. Chahatishtiruv, rekombinatsiyalash va mutatsiyalash amallarining qanday turlari mavjud va ular qanday amalga oshiriladi?
11. Masshtablashning qanday asosiy usullari mavjud?
12. Ko'p mezonli optimallashtirish uchun nimalar tanlanadi?
13. Genetik mikroalgoritmning maqsadi nimadan iborat?
14. EDlar va GAlarning o'xshashligi va farqlari nimada?
15. Klassik genetik algoritmnining ilovalariga misollar keltiring?

Nazorat testlari

1. - bu cheklangan xromosoma (zot)lar to'plami.
a) Populyatsiya; b) Alel; c) Gen; d) Genotip.
2.- bu irsiy ma'lumotlarning tashuvchisi.
a) Xromosoma; b) Alel; c) lokus; d) Genotip.
3. - bu genetikaga xos bo'lib, u populyatsiyadagi muayyan individlarning jismoniy tayyorgarligini baholash va eng munosiblarini tirik qolish evolyutsion prinsipiga muvofiq ular orasida eng munosibini tanlashga imkon beradi.
a) Moslanuvchanlik funksiyasi; b) Genetik operator; c) Fenotip; d) Individ.
4. Genetik algoritmnining asosiy bosqichlari ketma-ketligi to'g'ri keltirilgan javobni ko'rsating?
a) Initsializatsiyalash, baholash, seleksiyalash, chatishtiruv, mutatsiyalash;
b) baholash, seleksiyalash, chatishtiruv, initsializatsiyalash,

- mutatsiyalash;
- c) seleksiyalash, initsializatsiyalash, baholash, chatishtiruv, mutatsiyalash;
- d) mutatsiyalash, initsializatsiyalash, baholash, seleksiyalash, chatishtiruv.
5. Seleksiyalash -
- a) yaroqli baholash qiymatlariga ega bo'lgan xromosomalar tanlab olish;
- b) dastlabki xromosomalarning populyatsiyasini shakllantirish;
- c) olingan xromosomalarning yaroqliligini aniqlash;
- d) xromosomalarning tasodifiy sonini saralab olish.
6. Chatishtiruv -
- a) xromosomalarning tasodifiy sonini saralab olish;
- b) dastlabki xromosomalarning populyatsiyasini shakllantirish;
- c) olingan xromosomalarning yaroqliligini aniqlash;
- d) yaroqli baholash qiymatlariga ega bo'lgan xromosomalar tanlab olish.
7. Mutatsiyalash -.....
- a) xromosomaning bir genini(bitini) o'zgartiradi;
- b) dastlabki xromosomalarning populyatsiyasini shakllantirish;
- c) olingan xromosomalarning yaroqliligini aniqlash;
- d) yaroqli baholash qiymatlariga ega bo'lgan xromosomalar tanlab olish.
8. $S = 1 \cdot 11 \cdot 01$ sxemaga mos keladigan mumkin bo'lgan barcha xromosomalar to'plami to'g'ri ko'rsatilgan javoni ko'rsating?
- a) $S = 1 \cdot 11 \cdot 01 = \{1011001, 1011101, 1111001, 1111101\}$;
- b) $S = 1 \cdot 11 \cdot 01 = \{1111001, 1011101, 1111001, 1111101\}$;
- c) $S = 1 \cdot 11 \cdot 01 = \{1111001, 1011101, 0111001, 1011101\}$;
- d) $S = 1 \cdot 11 \cdot 01 = \{1111001, 0111101, 1111001, 1111101\}$.
9. Masshtablashning asosiy usullari to'g'ri ko'rsatilgan javobni aniqlan?
- a) chiziqli, sigma-qisqartirishli, darajali;
- b) chiziqsiz, sigma-o'rinlashtirishli, darajali;
- v) logarifmli, sigma-kesmali, chiziqli;
- g) fenotipli, sigma-alelli, lokusli.
10. Genetik mikroalgoritm sonli populyatsiyalar va uzunlikga ega bo'lgan xromosomalardan iborat masalalarni echish uchun mo'ljallangan.
- a) kam; kichik; b) ko'p; kichik; v) kam; katta; g) ko'p; katta;

Masala va topshiriqlar

1.0 dan 15 gacha butun sonlar bilan ifodalangan xromosomalar uchun quyidagi

topshiriqlarni bajaring:

- 1.1) uning ikkilik tizimda kodlangan ifodasini aniqlang;
- 1.2) har bir xromosomaning qiymatini hisoblang;
- 1.3) xromosomalarning boshlang'ich populyatsiyasining umumiy bahosini hisoblang;
- 1.3) har bir xromosomaning "Omon qolish" ehtimolini hisoblang;
- 1.4) har bir xromosomaning kumulyativ "Omon qolish" ehtimolini hisoblang.

2. Aytaylik, xromosomalar 12 ta gendan iborat bo'lsin va boshlang'ich populyatsiyada tasodifiy ravishda 10 ta xromosoma tanlangan bo'lsin:

$$x_1 = [111011101101]; \quad x_2 = [101100111101]; \quad x_3 = [011101110101];$$

$$x_4 = [001010101001]; \quad x_5 = [000010100001]; \quad x_6 = [010101110101].$$

Ushbu xromosomalar ustida baholash, seleksiyalash, chatishtiruv va mutatsiyalash amallarini bajaring.

3. Berilgan $f(x) = 2x^2 + 3$ ($0 \leq x \leq 31$) funksiyaning optimal qiymatini ikkilik kodlashni qo'llab qidirish jarayonini GA yordamida ko'rsating.

4. Aytaylik $l = 10$ uzunlikga 9 ta S sxema berilgan bo'lsin:

$$S_1 = (10*1*0*0*1); \quad S_2 = (*0*1*0*011); \quad S_3 = (1**1*01**1);$$

$$S_4 = (1010*****); \quad S_5 = (*****0); \quad S_6 = (*****);$$

$$S_7 = (1*****); \quad S_8 = (1010100111); \quad S_9 = (1111111111).$$

Har bir S sxemaning $h(S)$ tartibi va $d(S)$ qamrovini aniqlang.

5. Yuqoridagi 2-misolda keltirilgan xromosomalar orasidan $S = *****101$ sxemaga mos keladigan xromosomalarni tanlab oling.

Talab qilinadi:

- 5.1) S sxemaga mos tanlab olingan xromosomalarning $k = 0$ qadamdagi boshlang'ich $P(0)$ populyatsiyada $F(S, 0)$ MosF, MosFlarning $Q(0)$ yig'indisi va MosFlarning $\overline{F}(0)$ o'rtacha qiymatlarini hisoblang.
- 5.2) 2-misolda $P(0)$ populyatsiyada tasodifiy ravishda tanlangan boshlang'ich $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ xromosomalar uchun (9.3)

ko'rinishda hisoblangan F MosF, MosFlarining $Q(0)$ yig'indisi va MosFlarning $\bar{F}(0)$ o'rtacha qiymatlarini hisoblang.

5.3) 2-misolda $P(0)$ populyatsiyada $S = \text{*****101}$ sxemaga mos keluvchi xromosomalarning MosFlarining $\bar{F}(0)$ o'rtacha qimatini ushbu populyatsiyada tanlangan boshlang'ich $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ xromosomalarning MosFlarining $\bar{F}(0)$ o'rtacha qimati bilan taqqoslang va xulosa chiqaring.

6. Xromosomalarni chatishtirish maqsadida 2-misolda berilgan xromosomalardan tasodifiy ravishda 3 ta $\{x_1 \text{ va } x_3; x_1 \text{ va } x_6; x_2 \text{ va } x_3\}$ juftlik tanlangan bo'lsin. Tasodifiy ravishda birinchi $x_1 \text{ va } x_3$ juftlik uchun $I_1 = 4$, ikkinchi $x_1 \text{ va } x_6$ juftlik uchun $I_1 = 3$, uchinchi $x_2 \text{ va } x_3$ juftlik uchun $I_1 = 5$ chatishtiruv nuqtalari belgilangan bo'lsin.

Talab qilinadi:

6.1) Tanlangan har bir juftlik uchun belgilangan chatishtiruv nuqtasida ChAni qo'llab 3 ta avlodlar juftligiga mos keladigan yangi $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*$ xromosomalarni hosil qiling.

6.2) Hosil qilingan yangi 6 ta $x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*, x_6^*$ xromosomalardan $S = \text{*****101}$ sxemaga mos keladigan xromosomalarni aniqlang va xromosomalarning $k=1$ qadamdagi $P(1)$ populyatsiyada $F(S,1)$ MosF, MosFlarining $Q(1)$ yig'indisi va MosFlarning $\bar{F}(1)$ o'rtacha qiymatlarini hisoblang.

6.3) 5-misolning 5.1 - bosqichida $P(0)$ populyatsiyada $S = \text{*****101}$ sxemaga mos keluvchi xromosomalarning MosFlarining $\bar{F}(0)$ o'rtacha qimatini 6-misolning 6.2 - bosqichida $P(1)$ populyatsiyada $S = \text{*****101}$ sxemaga mos keluvchi xromosomalarning MosFlarining $\bar{F}(1)$ o'rtacha qimatini bilan taqqoslang va xulosa chiqaring.

7. Quyidagi 8 ta ota-ona xromosomalari berilgan bo'lsin:

$x_1 = [111100101010]; x_2 = [101100101010]; x_3 = [011100101010];$

$x_4 = [101110111011]; x_5 = [111010101010]; x_6 = [111000101010].$

Talab qilinadi:

7.1) Har bir xromosomada tasodifiy ravishda 4 ta gen(bit)ni tanlang va bitli mutatsiyalash usulini qo'llab yangi xromosomani hosil qiling?

- 7.2) Har bir xromosomada tasodifiy ravishda 2 ta gen(bit)ni tanlang va joylarni almashtirishli mutatsiyalash usulini qo'llab yangi xromosomani hosil qiling?
- 7.3) Har bir xromosomada tasodifiy ravishda gen(bit)larning bir qismini tanlang va teskari (inversiyali) mutatsiyalash usulini qo'llab yangi xromosomani hosil qiling?

10-BOB. GIBRID INTELLEKTUAL TIZIMLAR

1-§. Gibrid intellektual tizimlar tahlili

Asosiy tishunchalar va ta'riflar.

"Intellektual gibrid tizimlar" atamasi 1992 yilda paydo bo'lgan [36]. Mualliflar unga ETlari, NTLari va GAlar kabi intellektualli usullarning gibrid(duragay)larining ma'nosini qo'ygan. Ammo yangi atama integratsiyaning tor doirasini asosan ESlar va NTLari tashkil etdi. Quyida ushbu integratsiya sohasini boshqa mualliflar tomonidan bir nechta *sharhlari* keltirilgan:



1. "Gibridli yondashuv" - bu faqat neyronli va simvolli modellarning sinergetik kombinatsiyasidan iborat bo'lib, u barcha bilim va hisoblash imkoniyatlariga (qobiliyatlariga) erishishni amalga oshiradi.

2. "Gibrid" atamasi ikki yoki undan ortiq integral tizimlardan tashkil topgan tizim sifatida tushuniladi va ularning har biri har xil taqdimot tillari va chiqish usullariga ega bo'lishi mumkin.

3. Granfield universiteti (Angliya) SI markazining olimlari "gibrid integral tizim"ni bir nechta kompyuter texnologiyalaridan foydalanadigan tizim deb ta'riflaydilar.

4. Sanderland universiteti (Angliya) mutaxassislari "gibrid axborot tizimlari"ni bilim va an'anaviy qayta ishlashni uzluksiz birlashtiradigan katta, murakkab tizimlar deb ta'riflaydilar.

Gibrid intellektualli tizim(GIT)lar - bu masalalarni echishda parallel ravishda SIning bir necha xil usullaridan foydalanadigan tizimlar bo'lib, ularga analitik modellar, ESlar, sun'iy NTLari, noravshan tizimlar, GAlar, imitatsiyali statistik modellar, assotsiativ qoidalar va boshqalar kiradi.

2001 yilda GITni yaratish metodologiyasini o'rganish doirasida GITni rivojlantirish uchun muammoli-tarkibiy metodikasi va GITni yaratish texnologiyasini va 2007 yilda GITni rivojlantirish uchun muammoli-instrumental metodologiya taklif qilindi [23].

XX oxiri - XXI asr boshlarida informatika va SI sohasidagi tadqiqotlarning eng muhim yo'nalishlaridan biri - bu turli usullarni, modellarni va axborot texnologiyalarini birlashtirish va ular asosida GIT yaratish usullarini o'rganish bo'ldi.

Integrallanish darajasi nuqtai-nazaridan GITni sinflash. Bunga alohida (*avtonom*), o'zgartiriladigan (*transformatsiyali*), zaif bog'langan, kuchli bog'langan va to'liq integrallashgan tizimlar kiradi. Ushbu tasnifga ko'ra GT integratsiyasi darajalarining har birini ko'rib chiqamiz.

1. *Alohida tizimlar.* Ushbu tizimlar turli jinsli modellarda ma'lumotlarni qayta ishlashni amalga oshiradigan mustaqil DT qismlarini o'z ichiga oladi. Alohida modellarni ishlab chiqish gibrirlash uchun dolzarbdir va bir nechta maqsadlarga ega bo'lishi mumkin. *Birinchi*dan, bunday modellar muammoni ikki yoki undan ortiq turli usullar bilan echish imkoniyatlarini taqqoslash usulini beradi. *Ikkinchi*dan, ikki yoki undan ortiq alohida modellarni ketma-ket amalga oshirish ilgari ishlab chiqilgan axborotni qayta ishlash jarayonining to'g'riligini tasdiqlashi yoki rad etishi mumkin. *Uchinchi*dan, tizimning dastlabki prototipini tezda yaratish uchun mustaqil modellardan foydalanish mumkin, undan keyin ko'proq ishlab chiqish vaqtini talab qiladigan dasturlar yaratiladi. Biroq alohida modellar sezilarli *kamchiliklarga ega*, ya'ni ularning hech biri ma'lumotni yangilashda boshqa modellarga yordam bera olmaydi va barcha modellar bir vaqtning o'zida o'zgartirilishi kerak.

2. *O'zgartiriladigan tizimlar.* Alohida tizimlardan asosiy farqi shundaki, bunday model bitta mustaqil usul yordamida tizim sifatida ishlay boshlaydi va boshqa mustaqil usul yordamida tizim sifatida tugaydi. *O'zgartiriladigan* modellar bir nechta *afzalliklarga ega*. Ular tezda yaratiladi va arzonroq hisoblanadi, chunki faqat bitta model ishlatiladi va yakuniy usul natijalarni atrof-muhitga yaxshi moslashtiradi. Ammo bitta modelni boshqasiga avtomatik o'zgartirish vositasini yaratish va modelni sezilarli darajada o'zgartirish *muammolari* mavjud.

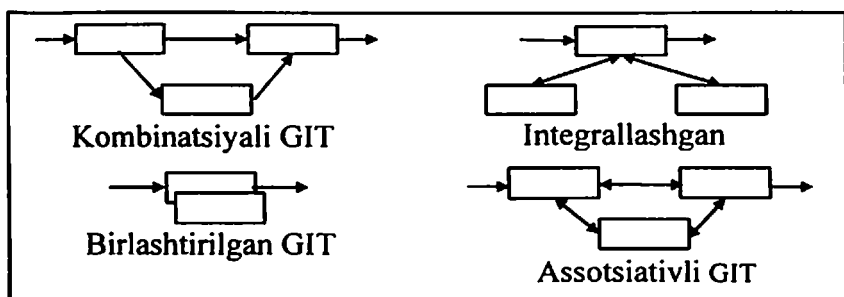
3. *Zaif bog'langan tizimlar.* Bu dasturning ma'lumotlar fayllari orqali bog'langan alohida komponentlarga bo'linadigan birinchi haqiqiy integratsiyasining shakli hisoblanadi. Bunday tizimlarning quyidagi asosiy turlari mavjud. *Zanjirlangan GT* ikkita asosiy funksional komponentdan iborat bo'lib, ulardan biri asosiy protsessor, ikkinchisi esa oldingi yoki keyingi protsessor hisoblanadi. *Iyerarxik GT* ham tarkibiy qismlardan to'liq tarkibiy qismlar sifatida foydalanadi, ammo bu holda ularning biri bo'ysunuvchi bo'lib, ikkinchisiga qo'shiladi va bu masalaning asosiy hal qiluvchi qismi hisoblanadi. *Metaprotsessorli GT* metaprotsessordan va bir nechta funksional komponentlardan iborat

bo'ladi. *Protessorli GT* masalalarni echishda teng komponentlardan foydalanadi. Har bir komponent ma'lumotni boshqasiga uzatishi, o'zaro aloqada bo'lishi, xuddi shu masalaning quyi topshiriqlarini qayta ishlashi mumkin. Ko'rib chiqilgan zaifbog'langan tizimlar boshqa integrallanuvchi modellarga qaraganda osonroq rivojlanadi va ishlab chiqarish vaqtini qisqartiradigan dasturlardan foydalanishga imkon beradi.

4. *Kuchli bog'langan modellar.* Bunday modellar integrallashuv darajasini kuchaytirish natijasida vujudga keladi. *Kuchli bog'langan modellar* zaif bog'langan modellar bilan bir xil formatda ishlashi mumkin, ammo ularning protessorli versiyalari mohiyatan tezroq hisoblanadi. Bu erda "e'lonlar taxtasi", "konveyer metaforasi" va "ichkima-ichki tizimlar" kabi maxsus ishlab chiqish usullaridan foydalanish mumkin. *E'lonlar taxtasi* bir qator mutaxassislarni bilim manbalarini taqlid qiladi, muammoni birgalikda hal qiladi va "taxta"dan ish joyi sifatida foydalanadi. *Konveyerlar metaforasi* integratsiya arxitekturasini belgilaydi. Bunda bilimlar manbai qandaydir pozitsiyalarda joylasgan bo'ladi. Dinamik obyektlar, ya'ni maqsadlar, ma'lumotlar, bilimlar, rejalar va boshqalar konveyer lentasi bo'ylab harakatlanadi. *Ushbu yondashuvning afzalligi* - bu juda umumiy tabiat, tasvirlashning soddaligi va echimlar o'rtasidagi aloqalarni o'zgartirish, metaforaning tabiiyligi va shaffofligi, shuningdek segmentlarning parallel ishlashi hisoblanadi.

5. *To'liq integratsiyalashgan tizimlar.* Bunday tizimlar ma'lumotlarning umumiy tuzilmalari va bilimlarni aks ettirishdan birgalikda foydalanadi va tarkibiy qismlar o'rtasidagi munosabat ularning tuzilmalarining ikkilik tabiati orqali amalga oshiriladi. To'liq integratsiyalashgan tizimlarning *afzalliklari* ishonchlilik, axborotni qayta ishlash tezligining oshishi, moslashish, umumlashtirish, ya'ni biron bir alohida usulda mavjud bo'lmagan xususiyatlardan iborat. GTlarning muhim qism sinflaridan bir-bu GIT hisoblanadi.

Arxitektura nuqtai-nazaridan GITni sinflash. O'z navbatida GITni arxitektura bo'yicha kombinatsiyali, integralli, birlashmali, assotsiativli va taqsimlangan turlarga bo'lish mumkin (10.1-rasm).



10.1-rasm. GIT arxitekturasining turlari.

Bundan tashqari GITning yana bir turini ko'rib chiqish mumkin, uning paydo bo'lishi global Internet orqali tarqatiladigan ma'lumotlar bazalarida saqlanishi mumkin bo'lgan bilim va ma'lumotlar hajmining tez o'sishi bilan bog'liq. Ushbu turdagi GIT arxitekturasini *taqsimlangan* deb atash mumkin

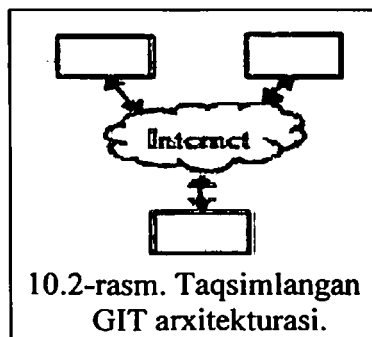
(10.2-rasm).

1. *Kombinatiyali GIT*. Bunday GITga misol sifatida ET va NTlarini birlashtiradigan va rasmiylashtirilgan bilimlarni (ETlarida) va rasmiylashtirilmagan bilimlarni (NTlarida) birlashtiradigan gibridd ETLarni keltirish mumkin.

2. *Integrallashgan GIT*. Bunday GIT arxitekturasida asosan integrator moduli hukmronlik qiladi, u maqsadga va echim topishning hozirgi sharoitlariga qarab ishlash uchun tizimga kiritilgan ba'zi aqlli modullarni tanlaydi va kiritilgan modullarning javoblarini birlashtiradi.

3. *Birlashmali GIT*. NTlari va GA ning o'ziga xos xususiyati ularning optimallashtirish orqali o'rganish va moslashish qobiliyatiga egaligidir. Ushbu texnikani boshqa SI texnikasi bilan birlashtirish ularning o'rganish qobiliyati samaradorligini oshirishi mumkin. Ushbu GIT arxitekturasida birlashgan tip sifatida tasniflanishi mumkin.

4. *Assotsiativli GIT*. Bunday tizimni tashkil etadigan aqlli modullar ham alohida, ham boshqa modullar bilan integratsiyalashgan holda ishlay olishi mumkin. Hozirgi vaqtda ushbu turdagi tizimlarning etarli darajada rivojlanmaganligi sababli hali etarlicha ishonchli emas va keng tarqalmagan.



10.2-rasm. Taqsimlangan GIT arxitekturasini.

5. *Taqsimlangan GIT*. Bunday tizimda har bir funksional intellektual modul alohida ishlaydi va tarmoq orqali xabarlarini uzatish bilan boshqa modullar (agentlar) bilan o'zaro aloqada bo'ladi. Hozirda mavjud bo'lgan ITlar, masalan, ETlari, NTlari va boshqalar agentlarga aylantirilishi mumkin. Taqsimlangan ITga misol sifatida Webga asoslangan yangi texnologiyalar asosida o'qituvchilarni Internetga asoslangan intellektual o'qitish tizimini keltirish mumkin.

So'nggi yillarda SIning an'anaviy usullari, masalan, ETlari, noravshan tizimlar, sun'iy NTlar, GAlar va boshqalar tobora ko'proq GITlarga birlashtirilmoqda.

GITni qo'llashga misollar. Avtomatik boshqaruv tizimlaridan GIT ularning intellektualizatsiyasi, ya'ni moslashuvchanligi va avtonomiyasini oshirish orqali olinadi. Quyida GITlarni qo'llashga misollar keltiramiz.

1. *Yo'l xarakatini boshqarishning intellektualli tizimi* - avtomatlashtirilgan transportni boshqarish tizimlari yo'l harakati xavfsizligi va optimal tezligini ta'minlashga mo'ljallangan.

2. *Aqlli uyni boshqarish tizimlari* - binolarni boshqarish tizimlari gibrid paradigmada ishlab chiqiladi va bino o'zining ichki muhit holatini kuzatadigan juda ko'p sonli turli xil sensorlarni o'z ichiga oladi.

3. *Texnologik jarayonlarning intellektualizatsiyasi* - har qanday avtomatlashtirilgan texnologik jarayon GIT sxemasiga kiritiladi va bashorat, reja va faktlarni taqqoslash asosida avtomatlashtirilgan rejimda boshqarish harakatlarini bashorat qilish va rejalashtirish orqali texnologik jarayonlar intellektual ravishda boshqariladi.

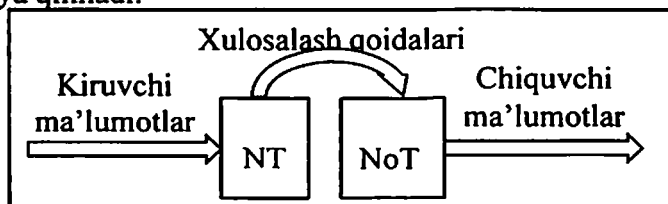
4. *Masofaviy ta'limning intellektualizatsiyasi* - masofaviy ta'limning odatiy jarayoni talabani dars materiallarini mustaqil o'rganishi, boshqa talabalar va o'qituvchilar bilan forumlarda muloqot qilishiga asoslanadi.

2-§. Neyro - noravshan tizimlar

Neyro-noravshan tizimlar yoki *noravshan NTlar* - sun'iy aql sohasidagi tizimlar bo'lib, ular sun'iy NTlar va noravshan mantiqqa asoslangan tizimlarning usullarini birlashtiradi. Neyro-noravshan tizimlarning asosiy kuchi shundaki, ular *IF-THEN* qoidalarini izohlash qobiliyatiga ega. Ikkala yondashuvni birlashtirish, bir tomondan NTlarning o'rganish qobiliyatini va hisoblash quvvatini noravshan mantiqqa ega tizimlarga olib kirishga imkon beradi, boshqa tomondan,

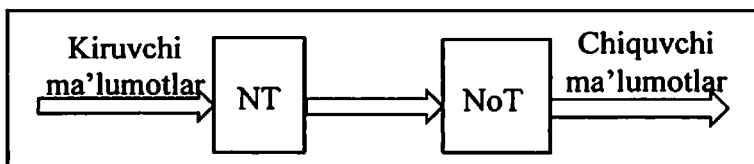
inson fikrlash tarziga xos bo'lgan NTlarning intellektual imkoniyatlarini noravshan QQQQlari bilan oshiradi.

Neyro-noravshan model(NNM)larni amalga oshirish usullari. NNMLarni bir necha usullar bilan amalga oshirish mumkin [1]. Oddiy holatda, kooperativ modelni oldingi protsessor deb hisoblash mumkin, bu erda sun'iy NT o'rganish mexanizmi noravshan xulosa chiqarish (NXCH) qoidalarini belgilaydi. NXCH parametrlari aniqlangandan so'ng sun'iy NT normal ishlaydi (10.3-rasm). Mansublik funksiya(MF)lari odatda o'rganiladigan ma'lumotlardan NT tomonidan aproksimatsiya qilinadi.



10.3-rasm. Birgalikdagi NNM.

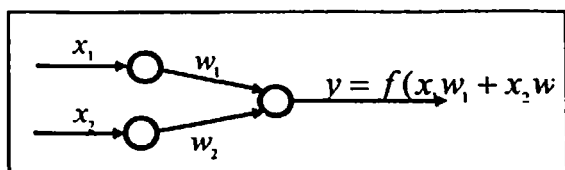
NNMLarni amalga oshirishning yana bir yondashuvi parallel model bo'lib, uning yordamida NT noravshan tizimga kerakli parametrlarni aniqlashda yordam beradi, ayniqsa tizimning kirish o'zgaruvchilarini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash mumkin bo'lmasa. O'rganish faqat NTda bo'ladi va noravshan tizim o'zgarishsiz qoladi. Ba'zi hollarda noravshan chiqishlar to'g'ridan-to'g'ri jarayonga tatbiq etilishi mumkin bo'lmaydi. Bunday holda NT noravshan chiqishlar uchun postprocessor vazifasini bajarishi mumkin. 10.4-rasmda parallel NNM keltirilgan bo'lib, unda kirish ma'lumotlari NTga uzatiladi va NTdan chiqadigan ma'lumot noravshan tizim yordamida qo'shimcha ravishda qayta ishlanadi.



10.4-rasm. Parallel NNM.

Noravshan NTlarining asosiy tushunchalari va ta'riflari.

Noravshan NTlarining mohiyatini ochib berish uchun yana ikkita kirish va faqat bitta neyronga ega oddiy NTni ko'rib chiqamiz (10.5-rasm).



10.5-rasm. Oddiy NT.

Bu erda x_i kirish signallari w_i vaznlar bilan birgalikda $p_i = x_i w_i (i = 1, 2)$ hosil qiladi. Bunday kiruvchi ma'lumotlar neyronning aniq kirishini tashkil etuvchi yig'ish operatsiyasi yordamida birlashtiriladi $S = x_1 w_1 + x_2 w_2$.

Neyronning chiqishi kirish tarmog'ini ba'zi bir faollashtirish funksiyalari bilan o'zgartirilishi natijasida hosil bo'ladi $y = f(S) = f(x_1 w_1 + x_2 w_2)$. Bunfay funksiya sifatida masalan, sigmasimon tipdagi $f(x) = 1/(1 + e^{-x})$ funksiyani qarash mumkin. Ko'paytirish, yig'ish va sigmasimon funksiyalari qo'llaniladigan bitta neyronli tarmoq *standart NT* deb ataladi.

Boshqa operatsiyalarni masalan t norma yoki t konormani qo'llash natijasida gibril NT hosil qilinadi.

Gibril NT - bu aniq signallar, vaznlar va faollashtirish funksiyasidan iborat NT bo'lib, u t norma, t konorma yoki boshqa ba'zi uzluksiz amallar yordamida x_i va w_i , p_1 va p_2 larni birlashtirish natijasida hosil qilinadi. Gibril NTning kirish, chiqish va vaznlari $[0, 1]$ kesmadagi haqiqiy sonlardan iborat bo'ladi. Elementar gibril NTlarining quyidagi misollarini ko'rib chiqamiz.

Misol. "VA" noravshan neyroni. Bunday holda x_i signallar va w_i vaznlar uchburchak konorma $p_i = S(w_i, x_i), i = 1, 2$ yordamida birlashtiriladi va chiqish uchburchak normalarni qo'llash bilan

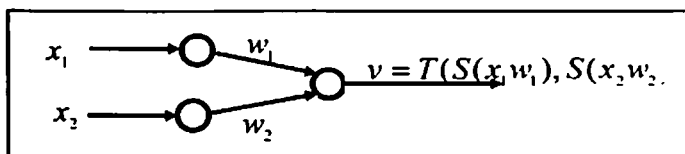
$$y = \text{AND}(p_1, p_2) = T(p_1, p_2) = T(S(w_1, x_1), S(w_2, x_2))$$

gibril NTlarining quyidagi misollarini ko'rib chiqamiz.

Misol. "VA" noravshan neyroni. Bunday holda x_i signallar va w_i vaznlar uchburchak konorma $p_i = S(w_i, x_i), i = 1, 2$ yordamida birlashtiriladi va chiqish uchburchak normalarni qo'llash bilan

$$y = \text{AND}(p_1, p_2) = T(p_1, p_2) = T(S(w_1, x_1), S(w_2, x_2))$$

hosil qilinadi (10.6-rasm).



10.6-rasm. "BA" gibril neyronning tuzilishi.

Agar $T = \min$ va $S = \max$ qabul qilinsa, u holda noravshan neyron "BA" *min-max* kompozitsiyasini $y = \min \{w_1 \vee x_1, w_2 \vee x_2\}$ ifodalaydi:

Misol. "YOKI" noravshan neyroni. Bunday holda x_i signallar va w_i vaznlar uchburchak konorma $p_i = T(w_i, x_i), i = 1, 2$ yordamida birlashtiriladi va chiqish uchburchak konormalarni qo'llash bilan

$$y = OR(p_1, p_2) = S(p_1, p_2) = S(T(w_1, x_1), T(w_2, x_2))$$

Agar $T = \min$ va $S = \max$ qabul qilinsa u holda noravshan neyron "YOKI" *max-min* kompozitsiyasini $y = \max \{w_1 \wedge x_1, w_2 \wedge x_2\}$ ifodalaydi. "YOKI" gibril neyronning tuzilishi ham 10.6-rasmdagidek tasvirlanadi.

Sugeno algoritmi neyro-noravshan xulosalashning adaptiv tizimlarini qurishda eng ko'p qo'llaniladi. Noravshan xulosalash algoritmi asosida fikrlash tizimi quriladi (10.7-rasm) [36]. Noravshan fikrlash tizimini bloklari tavsifi 8-bobda keltirilgan.

Defuzifikatsiyalash jarayonida aniqlangan tuzilmaga ega noravshan boshqaruv moduli (NBM). Noravshan boshqarish tizimini signalni to'g'ri tarqilishli ko'p qatlamli NTshaklida tasvirlash mumkin.

Modul tuzilmasi. 6-bobda NBMning tuzilishi va uning batafsil tavsifi keltirilgan. Endi modulning har bir elementini amalga oshirish usulini ko'rib chiqamiz [36].

1. Qoidalar bazasi. NBMning to'g'ri ishlashi uchun asos bo'lgan bilim

noravshan qoida shaklida quyidagi shaklda yoziladi, ya'ni

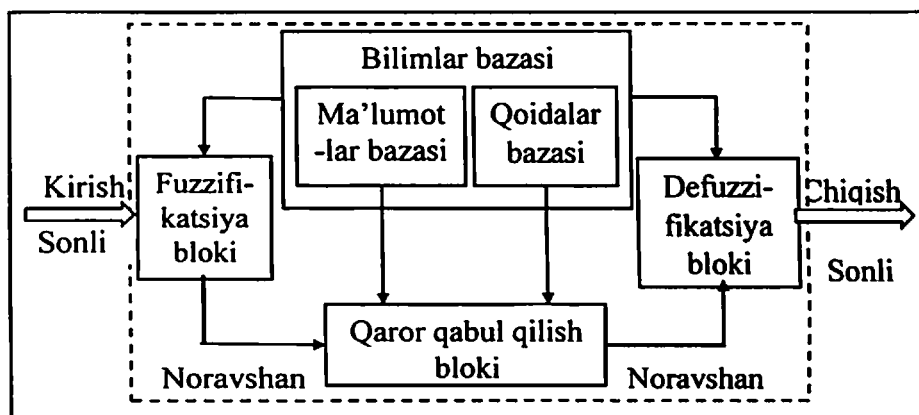
$$R^k : IF x_1 \text{ bu } A_1^k \text{ AND}, \dots, \text{AND } x_n \text{ bu } A_n^k \text{ THEN } (y \text{ bu } B^k).$$

Agar noravshan imlikatsiya sifatida ko'paytirish operatsiyasidan foydalanilsa, u holda quyidagi formula hosil bo'ladi

$$\mu_{A^k \rightarrow B^k}(x, y) = \mu_{A^k}(x) \mu_{B^k}(y). \quad (10.1)$$

$A_1 \subseteq X_1, A_2 \subseteq X_2, \dots, A_n \subseteq X_n$ NoTlarning dekart ko'paytmasini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\mu_{A^k}(x) = \mu_{A_1^k \times \dots \times A_n^k}(x) = \mu_{A_1^k}(x) \dots \mu_{A_n^k}(x). \quad (10.2)$$



10.7-rasm. Noravshan fikrlash tizimi.

2. *Xulosa chiqarish bloki.* $\bar{B}^t$ NoTning MFsi quyidagicha aniqlanadi

$$\mu_{\bar{B}^t}(y) = \sup_{x \in X} \{ \mu_{A'}(x)^T * \mu_{A' \rightarrow B^t}(x, y) \} \quad (10.3)$$

T normani ko'paytma shaklida quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sup_{x \in X} \{ \mu_{A'}(x)^T * \mu_{A' \rightarrow B^t}(x, y) \} = \sup_{x \in X} \{ \mu_{A'}(x) \mu_{A' \rightarrow B^t}(x, y) \} \quad (10.4)$$

(10.3) va (10.4) ifodalarni birlashtirish natijasida quyidagi almashtirishni amalga oshirish mumkin:

$$\begin{aligned} \mu_{\bar{B}^t}(y) &= \sup_{x \in X} \{ \mu_{A'}(x)^T * \mu_{A' \rightarrow B^t}(x, y) \} = \sup_{x \in X} \{ \mu_{A'}(x) \mu_{A' \rightarrow B^t}(x, y) \} = \\ &= \sup_{x_1, \dots, x_n \in X} \{ \mu_{A'}(x_1) \dots \mu_{A'}(x_n) \mu_{A'}(x_1) \dots \mu_{A'}(x_n) \mu_{B^t}(y) \} \end{aligned}$$

Natijada xulosa chiqarishning quyidagi ifodasi hosil bo'ladi

$$\mu_{\bar{B}^t}(y) = \sup_{x_1, \dots, x_n \in X} \{ \mu_{B^t}(y) \prod_{i=1}^n \mu_{A'}(x_i) \mu_{A'}(x_i) \} \quad (10.5)$$

3. *Fuzzifikatsiyalash bloki.* Singleton tipidagi operatsiyani qo'llaylik, ya'ni

$$A'(x) = \begin{cases} 1, & \text{agar } x = \bar{x}, \\ 0, & \text{agar } x \neq \bar{x}. \end{cases} \quad (10.6)$$

Ta'kidlaymizki (10.5) formuladagi supremumga faqatgina $x = \bar{x}$ bo'lganda erishiladi, ya'ni $A'(\bar{x}) = 1$ bo'lganda. Bu holda (10.5) ifoda quyidagi shaklni oladi:

$$\mu_{\bar{B}^t}(y) = \mu_{B^t}(y) \prod_{i=1}^n \mu_{A'}(\bar{x}_i) \quad (10.7)$$

4. *Defuzzifikatsiyalash bloki.* Bunda markaziy o'rta tarqatish usuli qo'llaniladi

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^i \mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i)}{\sum_{i=1}^N \mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i)} \quad (10.8)$$

(10.8) formulada $\bar{y}^i$ - B^i NoTning markazi, ya'ni $\mu_{\bar{y}}(y)$ maksimal qiymatga erishadigan nuqta $\mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i) = \max \{\mu_{\bar{y}}(y^i)\}$.

(10.7) ifodani (10.8) formulaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^i \left\langle \mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i) \prod_{k=1}^n \mu_{x_k}(\bar{x}_i) \right\rangle}{\sum_{i=1}^N \left\langle \mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i) \prod_{k=1}^n \mu_{x_k}(\bar{x}_i) \right\rangle} \quad (10.9)$$

Agar $\mu_{\bar{y}}(y)$ funksiyaning $\bar{y}^i$ nuqtada oliadigan maksimal qiymat 1 ga teng ekanligi hisobga olinsa, ya'ni

$$\mu_{\bar{y}}(\bar{y}^i) = 1, \quad (10.10)$$

u holda (10.9) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^i \left\langle \prod_{k=1}^n \mu_{x_k}(\bar{x}_i) \right\rangle}{\sum_{i=1}^N \left\langle \prod_{k=1}^n \mu_{x_k}(\bar{x}_i) \right\rangle}. \quad (10.11)$$

NBMni loyihalash jarayonining yakuniy bosqichi - bu $A_i^k, i=1, \dots, n; k=1, \dots, N$ NoTlarni namoyish etish shaklini aniqlashdan iborat.

Masalan bu funksiya (Gauss) quyidagicha bo'lishi mumkin [36]:

$$\mu_{x_k}(x_i) = \exp \left[- \left\langle \frac{x_i - \bar{x}_i^k}{\sigma_i^k} \right\rangle^2 \right], \quad (10.12)$$

bunda $\bar{x}_i^k$ va σ_i^k parametrlar fizik talqinga ega bo'lib, $\bar{x}_i^k$ - bu markaz va σ_i^k - Gauss egri chizig'ining kengligi.

Quyida ko'rsatilgandek, ushbu parametrlarni o'rganish davomida o'zgartirish mumkin va bu NoTlarining holati va tuzilmasini o'zgartirishga imkon beradi.

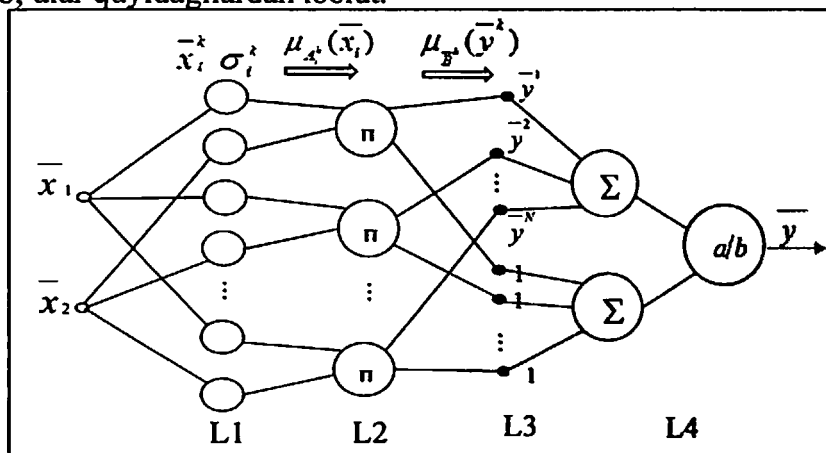
Endi taqdim etilgan barcha elementlarni birlashtiraylik. Agar (10.8) bilan aniqlangan defuzzifikatsiyalash, (10.5) ifoda bilan aniqlangan xulosa chiqarish, (10.6) ko'rinishdagi singleton tipidagi operatsiyaga ega bo'lgan fuzzifikatsiyalash va (10.12) shakldagi Gauss MFsidan foydalansak, u holda NBMning yakuniy shaklini quyidagicha hosil qilish mumkin:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^i \left\langle \prod_{k=1}^n \exp \left[- \left\langle \frac{x_i - \bar{x}_i^k}{\sigma_i^k} \right\rangle^2 \right] \right\rangle}{\sum_{i=1}^N \left\langle \prod_{k=1}^n \exp \left[- \left\langle \frac{x_i - \bar{x}_i^k}{\sigma_i^k} \right\rangle^2 \right] \right\rangle}. \quad (10.13)$$

(10.13) ifoda noravshan tizimlarni qo'llashning eng taniqli va tez-tez ishlatiladigan usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu formulaning har

bir elementini funksiya bloki (yig'indi, ko'paytma, Gauss funksiyasi) shaklida berilishi mumkin, bu esa tegishli kombinatsiyadan so'ng ko'p qatlamli NT yaratishga imkon beradi. Bunday strukturaning namunasi 10.8-rasmda keltirilgan [36].

Oddiylilik uchun sxemada ikkita ($n=2$) kirish bilan boshqaruv moduli ko'rsatilgan. Qatlamlar L1 dan L4 gacha bo'lgan belgilar bilan belgilangan. II belgida ko'rsatilgan elementlar (ko'paytirgichlar) barcha kirish signallarini ko'paytiradi, Σ belgilar bilan ko'rsatilgan elementlar ularni qo'shadi va a/b element bitta signalni boshqasiga bo'ladi. Aloqalarga qo'yilgan qora nomli nuqtalar ushbu aloqalarning vaznlarini ko'rsatadi. L1 qatlam elementlari $\bar{x}_i$ va σ_i^k parametrli Gauss funksiyasini ifodalaydi. Sxema ustidagi ifodalar va strelkalar signalni va uning talqinini bildiradi. Shuningdek, sxemaning alohida elementlari tugunlar deb ataladi. Taqdim etilgan tuzilmada to'rtta qatlam qaralgan bo'lib, ular quyidagilardan iborat.



10.8-rasm. (10.13) ifodaga asosan NBMni amalga oshirish sxemasi.

L1-qatlam. Uning har bir elementi $A_i^k, i=1,...,n; k=1,...,N$ NoTning MFsini amalga oshiradi. Ushbu qatlamga $\bar{x}_i$ kirish signallari qabul qilinadi va uning chiqishida ushbu signallar uchun $\mu_k^j(\bar{x}_i)$ MFsining qiymatlari hisoblanadi. Ushbu tarmoq tugunlarida kirish va chiqish signallari o'rtasidagi funksional bog'liqlik (10.12) formula bo'yicha Gauss funksiyasi aniqlanadi. Uning $\bar{x}_i$ va σ_i^k parametrlari ushbu funksiyaning markazi va kengligi sifatida talqin etiladi. Ular o'rganish jarayonida o'zgartiriladi, bu esa NoTlarini tanlashni

yaxshilaydi. Ushbu parametrlarni fizikaviy talqin qilish NoTlarning MFsining yaxshi boshlang'ich manzilini olishga, shuningdek uni o'rganish jarayonida tahlil qilishga imkon beradi. L1 qatlam elementlari soni $A_i^k, i=1,...,n; k=1,...,N$ mansublikga ega bo'lgan barcha to'plamlar soniga teng.

L2 - qatlam. Ushbu qatlam aloqalarining konfiguratsiyasi qoidalar bazasiga va ko'paytuvchilar esa xulosa blokiga to'g'ri keladi ((10.7) va (10.10) formulalar). L2 qatlamining chiqishida chiqish natijasi $\mu_{\bar{y}}, (\bar{y}^k)$

MFsi qiymati shaklida hosil bo'ladi. Ushbu qatlam elementlari soni N qoidalar soniga teng. Har bir tugun oldingi qatlamga shunday bog'langanki, k - qoidaga mos keladigan L2 qatlamning tuguni ushbu qoidaning noravshan xulosalar to'plamiga mos keladigan L1 qatlamining barcha tugunlariga ulanadi. Ko'paytgichlardan L2 qatlamining tugunlari sifatida foydalanishda ko'paytirish amalining T normalar, to'plamlarning dekart

ko'paytmasi va noravshan implikasiyasi uchun ishlatilishi bilan bog'liq.

L3 va L4 - qatlamlar. Ikkala qatlam ham (10.8) asosida defuzzifikatsiyalash blokini amalga oshiradi. L3 qatlamning yuqori tuguniga etib boruvchi aloqalar vaznlari va $\bar{y}^k$ bilan belgilangan NoTlarning MFlari markazlari sifatida talqin etiladi. Ushbu vaznlar o'rganish davomida o'zgartiriladi. L4 qatlamining chiqishida boshqaruv modulining aniqlanmagan chiqish qiymati $\bar{y}$ hosil bo'ladi.

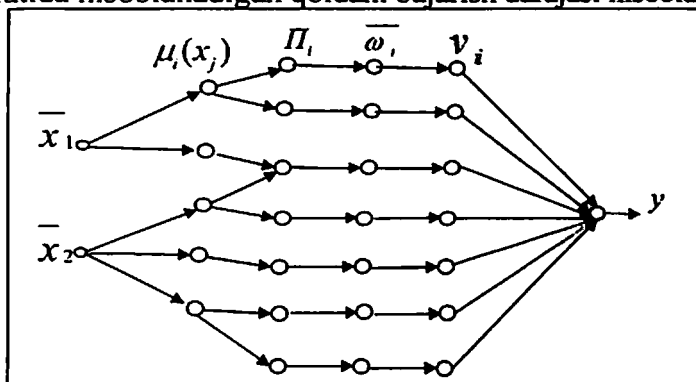
Avtomatik boshqarish tizimlari (ABT) sintezi masalalari uchun NNMLaridan foydalanish xususiyatlari. Intellektual ABT sun'iy NT apparati va noravshan mantig'idan foydalangan holda murakkab chiziqli bo'lmagan dinamik obyektlarni aniqlashga imkon beradi va ular uchun chiziqli bo'lmagan boshqarish qonunlarini sintez qiladi, bu esa obyektida olingan mavjud eksperimental ma'lumotlarga asoslanib noaniqlik sharoitida ABT sintezining ko'rib chiqilayotgan muammosini hal qilishga imkon beradi.

Avtomatik boshqarish muammolarida NNMining ishlash prinsipini eng keng tarqalgan ANFIS (Adaptiv-Network-based Fuzzy Inference System) modeli misolida ko'rsatish mumkin [1]. ANFIS - moslashuvchan noravshan xulosa chiqarish tarmog'i Takagi-Sugeno noravshan tizimini amalga oshiradi va beshta qatlamdan iborat NThisoblanadi (10.9-rasm).

Tarmoqda x_1 va x_2 o'zgaruvchilar kiruvchi signallar, y - chiquvchi signal hisoblanadi.

1 - qatlam kirish parametrlarining noravshan termlarini aniqlaydi. Ushbu qatlam tugunlarining chiqishlari kiruvchi signallarning $\mu_i(x_j)$ MFsiyalari bilan aniqlanadi.

2 - qatlam noravshan qoidalari asoslarini belgilaydi. Ushbu qatlam moslashuvchan emas. Ushbu qatlamning har bir tuguni bitta noravshan qoidasiga mos keladi. Ikkinchi qatlamning tuguni birinchi qatlamning tegishli qoidaning zaruriy shartlarini hosil qiladigan tugunlari bilan bog'langan bo'ladi. Ω_i tugunining chiqishi - bu kirish signallarining hosilasi sifatida hisoblanadigan qoidani bajarish darajasi hisoblanadi.



10.9-rasm. ANFIS NT tuzilmasi.

3-qatlam qoidalarni bajarish darajasini normallashtiradi $\bar{\omega}_i = \omega_i / \sum \omega_i$. Ushbu qatlamning moslashuvchan bo'lmagan tugunlari noravshan qoidasi bajarilishining nisbiy vaznini hisoblaydi.

4-qatlam har bir noravshan qoidasining tarmoq chiqishiga qo'shgan hissasini aniqlaydi. To'rtinchi qatlamning tuguni v_i noravshan qoidasining tarmoq chiqishiga qo'shgan hissasini hisoblab chiqadi.

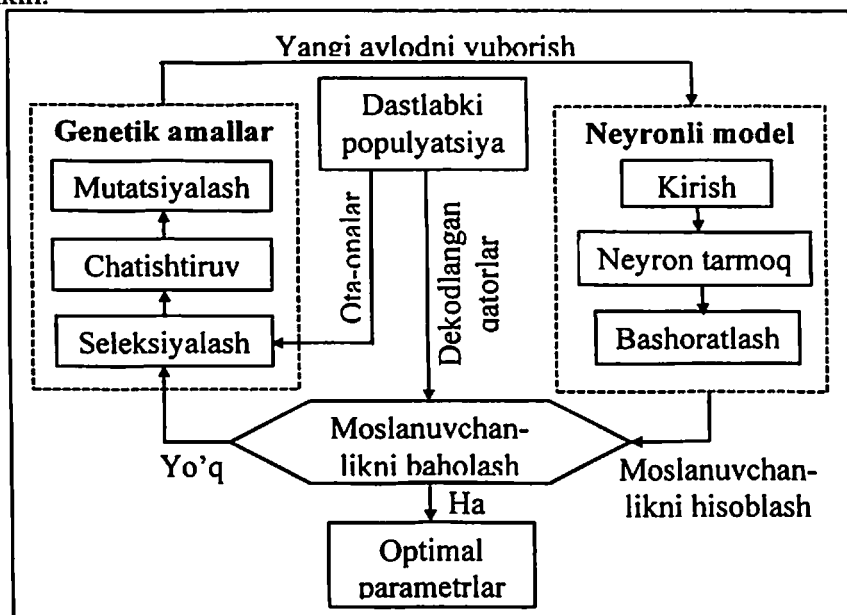
5- qatlam $y = \sum y_i$ boshqaruv (chiqish) signalini hosil qiladi.

NNMlarni tanlash echilishi kerak bo'lgan masalalar sinfiga qarab amalga oshiriladi. NNMlarning FALCON, GARIC, NEFCON, FUN kabi turlari mavjud [1].

3-§. Neyron tarmoqlarda evolyutsiyali algoritmlar

Neyro-genetik GT - bu NTlarini GAlari bilan birlashtiruvchi tizim bo'lib, unda *NTlari* turli xil masalalarni misollar asosida

o'rganishga, obyektlarni sinflash va ular orasida aloqalarni o'rnatishni amalga oshirsa, *Galari* qidiruv va optimallashtirishning muhim usullari bo'lib xizmat qiladi (10.10-rasm). *GA*lardan *NT*larning ish faoliyatini yaxshilash uchun foydalanish mumkin va ular yordamida kirishlarning ulanish vaznlarini aniqlash mumkin. Shuningdek, *GA*lardan *NT*larda topologiyani tanlash va tarmoqni o'rgatish uchun ham foydalanish mumkin.



10.10-rasm. Neyro-genetik GTsxemasi.

10.11 va 10.12-rasmlarda *GA* va *NT*larning yordamchi birlashmalari sifatida qaraladigan masalalarlarni hal qilishning turli xil yondashuvlari tasvirlangan.

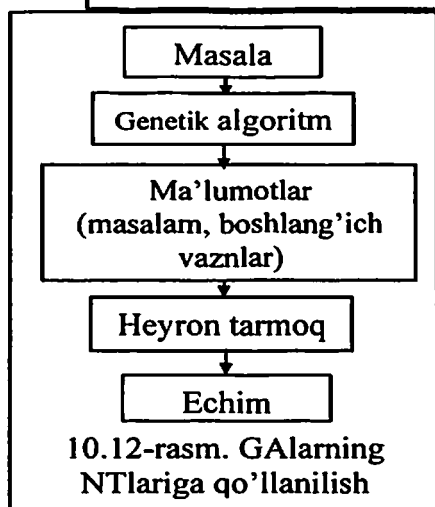
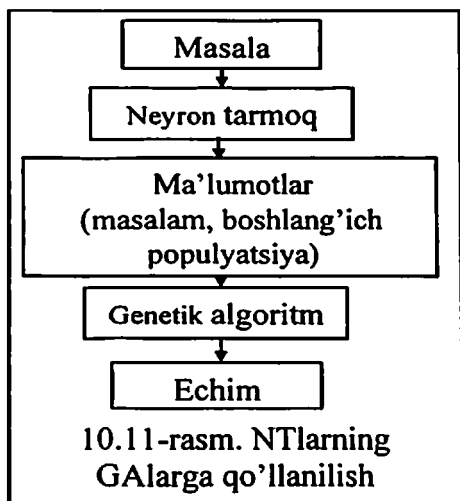
4-§. Genetik algoritmlarni qo'llab-quvvatlash uchun neyron tarmoqlar

Aksariyat tadqiqotchilar *NT*larning ishlashini ta'minlash uchun *GA*lardan foydalanish imkoniyatlarini o'rganishdi. Bir nechta teskari holatlarga kuzatuv masalasini hal qilish uchun mo'ljallangan GT kiradi va bu [38] da *NT*lari va *GA*larning yordamchi birlashmasining misoli sifatida tasniflanadi. Ushbu tizimda *GA* eng qisqa yo'lni topishga mo'ljallangan optimallashtirish protsedurasi sifatida ishlatiladi. *NT* *GA*

uchun boshlang'ich populyatsiyani shakllantirish uchun ishlatiladi. Ushbu yondashuv sxematik ravishda 10.11-rasmda tasvirlangan.

5-§. Neyron tarmoqlarini o'rgatish uchun genetik algoritmdan foydalanish

NTning ishlashini ta'minlash uchun GAdan foydalanishga asoslangan yondashuv sxematik tarzda 10.12-rasmda ifodalangan.



Ko'rib chiqilgan usullarning bunday kombinatsiyasiga bag'ishlangan ko'plab tadqiqotlar mavjud. Masalaning uchta yo'nalishini ajratib ko'rsatish mumkin [38]:

1. Parametrlarni tanlash uchun GAni qo'llash yoki sinflash uchun NT tomonidan foydalaniladigan parametr maydonini o'zgartirish;

2. NTni o'rganishni boshqaradigan o'rganish qoidasini yoki parametrlarini tanlash uchun GAni qo'llash;

3. NTni tahlil qilish uchun GAni qo'llash.

NTlarida GA qo'llanilishining dastlabki ikkita yo'nalishi umuman olganda tarmoqlarning faoliyatini yaxshilashga imkon beradi (ya'ni, sintez masalasini hal qilish), uchinchi esa ularning ishlashini tahlil qilishga xizmat qiladi.

NTlarini o'rgatish uchun GAlarni qo'llash. NTlarini GA yordamida o'rgatish mumkin degan fikr turli tadqiqotchilar tomonidan bildirilgan. Ushbu mavzu bo'yicha birinchi ishlarda GAni kichik bir yo'nalishli NTlari uchun o'rgatish usuli sifatida qo'llash masalasi ko'rib chiqilgan [40], ammo keyinchalik bu algoritmnini kattaroq o'lchovli tarmoqlar uchun qo'llash amalga oshirildi [38].

Odatda masala berilgan topologiyalar aprioriga ega bo'lgan NTlarning vaznlarini optimallashtirishdan iborat. Vaznlar ikkilik ketma-ketliklar (xromosomalar) sifatida kodlangan. Populyatsiyadagi har bir xromosoma neyronlar tarmog'i vaznlarining to'liq to'plami bilan tavsiflanadi. Xromosomalarning yaroqliligini baholash xatoliklar kvadratlarning yig'indisi sifatida berilgan MFsi bilan aniqlanadi, ya'ni NTdagi har xil kirishlar uchun tarmoq chiqishidagi kutilgan (etalon) va olingan qiymatlar o'rtasidagi farqlar aniqlanadi.

NTning vaznini optimallashtirish uchun GAlardan foydalanishda ikkita muhim jihatni keltirish mumkin. Avvalo GAlar vaznlar fazosini global ko'rishni ta'minlaydi va lokal minimalarni topishdan holi bo'ladi. Bundan tashqari ular gradiyentlar haqida ma'lumot olish juda qiyin bo'lgan yoki juda qimmatga tushadigan masalalarda qo'llanilishi mumkin.

NT topologiyasini tanlash uchun GAlar. GAni neyronlar tarmog'i bilan birlashtirishning eng aniq usuli sifatida intuitiv ravishda obyektning topologiyasini (bu holda NTni) genotipda kodlash, neyronlar va ular orasidagi bog'lanishlar sonini ko'rsatib, keyinchalik har qanday ma'lum usul yordamida tarmoq vaznini aniqlashga intilish seziladi [38].

Optimal neyronli tarmoq topologiyasini loyihalashtirish ma'lum bir masalaning eng yaxshi (tanlangan mezonga nisbatan) echimini ta'minlaydigan arxitekturaning izlash sifatida ifodalanishi mumkin. Ushbu yondashuv barcha mumkin bo'lgan variantlardan tashkil topgan

arxitektura fazosini birma-bir tekshirishni va berilgan optimallik mezoniga nisbatan eng yaxshi nuqtasini tanlashni o'z ichiga oladi.

6-§. Adaptiv o'zaro ta'sirlanuvchi tizimlar

Yagona adaptiv tizimni tashkil etuvchi har ikkala usulning adaptiv strategiyalarining kombinatsiyasini GA va NTlarining teng kombinatsiyasiga bog'lash kerak. Ushbu turdagi tizimlarning *uchta namunasi mavjud* [38]. *Ulardan birinchisi*, tarmoq vaznlarini aniqlash uchun GA bilan optimallashtirish masalasi uchun NT. *Ikkinchi misol* NT yordamida GAni amalga oshirish bilan bog'liq. Bu holda neyronlarning quyi tizimlari ko'payish va o'tishning genetik operatsiyalarini bajarish uchun ishlatiladi. *Uchinchi misolda*, oldingisiga biroz o'xshash NT bo'lib, u optimallashtirish masalalarini hal qilish uchun mo'ljallangan GAda o'tish operatori sifatida ishlatiladi. Taqdim etilgan misollar GA va NTlarining birikmasi bilan bog'liq bo'lib, natijada ikkala usulning eng yaxshi sifatlarini birlashtirgan yanada samarali algoritmnini olish imkonini beradi.

7-§. Evolyutsiyaning odatiy sikli

Sun'iy NTga ma'lum bir evolyutsiyalash turi kiritilishi bilan darhol xromosoma ma'lumotlarini taqdim etishning tegishli sxemasiga ehtiyoj paydo bo'ladi, ya'ni populyatsiya xromosomalarini genetik kodlash uchun usul yaratilishi kerak bo'ladi. Kodlash usulini ishlab chiqish bunday evolyutsiyali yondashuvning birinchi bosqichi hisoblanadi va shu bilan birga odatdagi evolyutsiyali jarayon *dekodlash, o'rgatish, yaroqlilikni baholash, reproduksiyalash va yangi avlodni shakllantirish* bosqichlarni o'z ichiga oladi.

Evolyutsiyaning odatdagi sikliga muvofiq ushbu masalaning echimlari (fenotiplari) to'plamini olish uchun oldingi (asl) yoki hozirgi populyatsiyaning har bir xromosomasi dekodlanishi kerak. *Vaznlar, arxitekturalar va o'rgatish qoidalari* evolyutsiyasi holatida fenotiplar navbati bilan vaznlar, arxitekturalar va o'rgatish qoidalarining to'plamlarini aks ettiradi.

Gaga ko'ra boshlang'ich (yoki hozirgi) populyatsiya xromosomalarining MosFning qiymatlari hisoblanadi. NT yondashuvi bilan xromosomalarni dekodlashdan so'ng NTLari to'plami olinadi va ular uchun MD ushbu tarmoqlarni o'rganish natijalari bilan belgilanadi.

Evolyutsiyaning odatdagi siklini amalga oshirishda tegishli Ntlari (fenotiplar) to'plamini qurish kerak:

- *vaznar evolyutsiyasi* holatida - qat'iy arxitekturaga ega tarmoqlar va ko'plab xromosomalar bilan kodlangan vaznlar;

- *arxitekturalar evolyutsiyasi* holatida - arxitekturalari xromosomalar bilan kodlangan tarmoqlar;

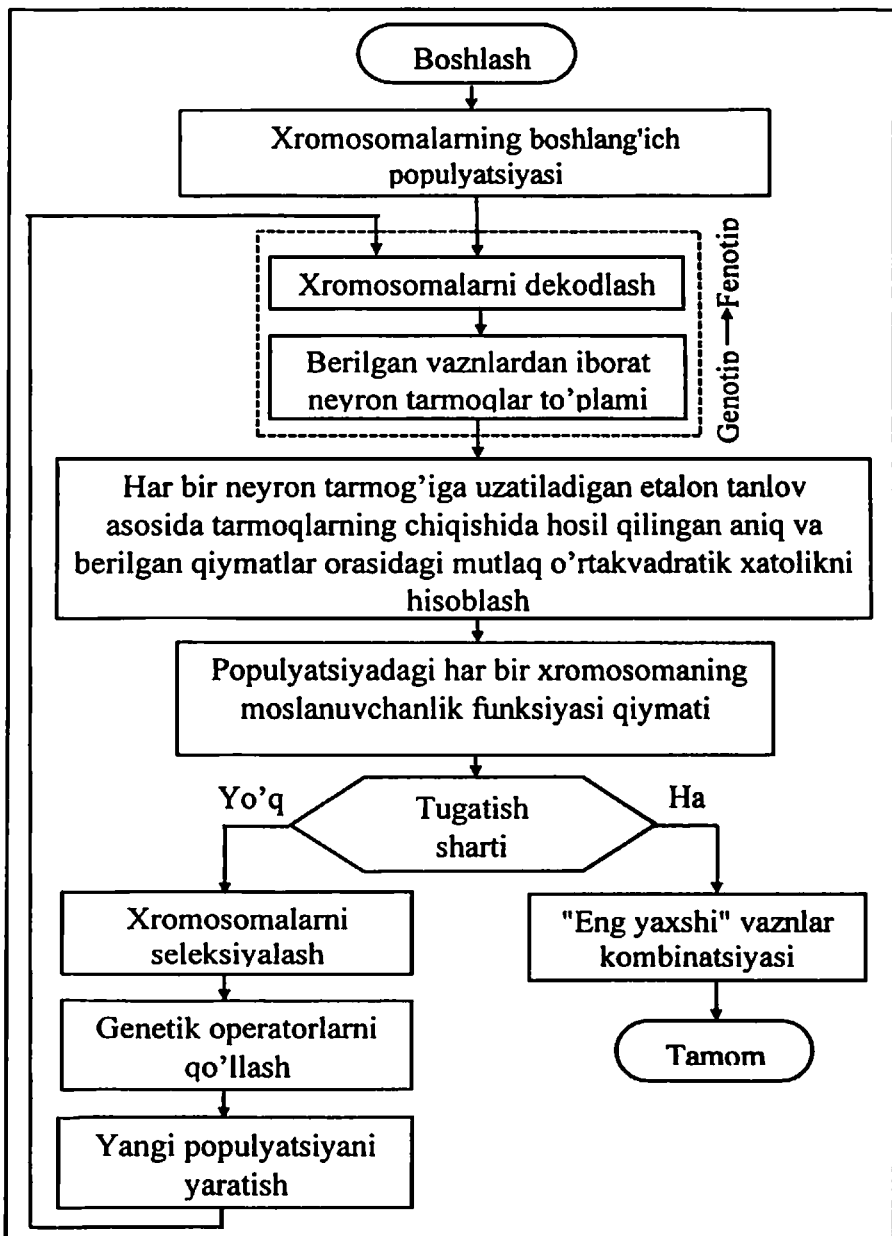
- *o'rgatish qoidalar* *evolyutsiyasi* holatida - tasodifiy ravishda yaratilgan arxitektura va dastlabki vaznlarga ega tarmoqlar.

O'rganishdan so'ng hozirgi populyatsiyada har bir xromosomaning yaroqlilik holati baholanadi.

GAning navbatdagi bosqichi - bu xromosomalarni seleksiyalashdan iborat. Undan keyin chatishtiruv va mutatsiyalash operatorlari qo'llaniladi. Natjada xromosomalarning yangi populyatsiyasi shakllantiriladi. Algoritmning keyingi bosqichlari keyingi populyatsiya uchun GAni yakunlash sharti bajarilguncha takrorlanadi. Har bir takrorlashda yangi avlod shakllanadi.

Oxirgi avlodning eng yaxshi xromosomasi ushbu masalaning kerakli echimi hisoblanadi. Bu eng yaxshi *vaznlar* to'plamini, eng yaxshi *arxitekturani* va eng yaxshi *o'rgatish qoidasini* beradi.

Bog'lanishlar vaznlari evolyutsiyasi. NTlarini tayyorlashga evolyutsiyali yondashuv *ikki* asosiy bosqichdan iborat (10.13-rasm).



10.13-rasm. NTda eng yaxshi vaznlar naborini topish uchun GAning blok sxemasi (vaznlar evolyutsiyasi holati).

Ulardan *birinchisi* - bu bog'lanishlar vaznlarini tegishli tasviri sxemasini tanlash hisoblanadi. Ushbu vaznlar ikkilik ketma-ketlikda

kodlanishi mumkinmi yoki boshqa biron bir shakl talab qilinadimi degan qaror qabul qilishdan iborat. *Ikkinchi bosqichda* GAgA asoslangan evolyutsiyalash jarayoni amalga oshiriladi.

Xromosomani tasvirlash sxemasini tanlagandan so'ng GA *to'rtta bosqichdan iborat odatiy evolyutsiyali siklni* amalga oshiradigan NT *vaznlarining* kodlangan to'plamini o'z ichiga olgan xromosomalar populyatsiyasiga qo'llaniladi:

1) vaznlar to'plamini tiklash uchun hozirgi avlodning har bir xromosomasini dekodlash va prioritetli arxitektura va o'rganish qoidasi bilan ushbu to'plamga mos keladigan NTni qurish;

2) o'rganiladigan timsollarni uning kirish qismiga uzatilganda barcha tarmoq chiqishlarida haqiqiy va ko'rsatilgan qiymatlar orasidagi umumiy o'rtacha kvadrat xatoni hisoblash. Ushbu xato xromosomaning mosligini (tuzilgan tarmoq) aniqlaydi. Tarmoq turiga qarab MosF boshqa yo'l bilan ham o'rnatilishi mumkin.

3) xromosomani ularning moslashuvchanligiga mos keladigan ehtimol bilan yoki ularning darajasiga qarab (seleksiya uslubiga qarab - masalan, ruletka usuli yoki rangli usuli bilan) ko'paytirish;

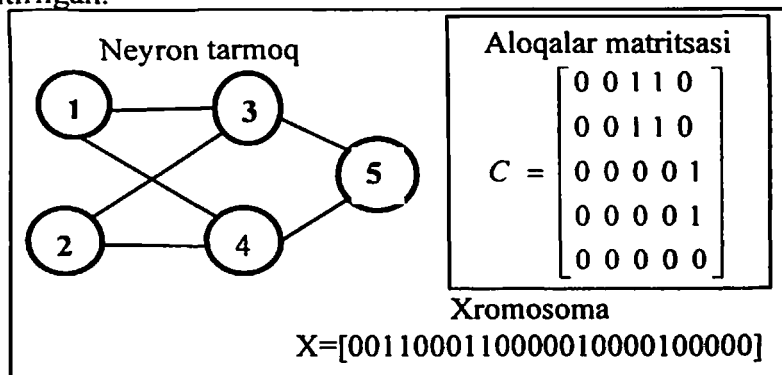
4) yangi avlodni olish uchun chatishtiruv, mutatsiyalash va / yoki inversiyalash kabi genetik operatorlarni qo'llash.

Vaznlar evolyutsiyasini aks ettiruvchi blok-sxema 10.13-rasmda keltirilgan. Ushbu sxemaga muvofiq FlexTool dasturi [42] va Evolver dasturi yordamida XOR tizimini amalga oshiruvchi NT uchun vaznlar hisoblab chiqiladi [15].

Tarmoq arxitekturasining evolyutsiyasi. NTlar arxitekturasini evolyutsiyali loyixalashning birinchi bosqichi - bu NTlarda neyronlar orasidagi aloqalar va vaznlarni kodlashtirishdan iborat. NTlarda kodlashtirishning *to'g'ridan-to'g'ri* va *bilvosita* kodlash sxemalari mavjud.

NTlarda to'g'ridan-to'g'ri kodlash sxemasi. Bu sxema shuni anglatadiki, har bir NTning aloqasi to'g'ridan-to'g'ri uning ikkilik kodi bilan belgilanadi. $n \times n$ o'lchamli $C = [c_{ij}]_{n \times n}$ matritsa n ta tugunlardan iborat NTlarning aloqalarini anglatadi va bu erda c_{ij} qiymat i va j -neyronlar orasida aloqaning borligi yoki yo'qligini aniqlaydi. Agar $c_{ij} = 1$ bo'lsa, u holda neyronlar orasida aloqa mavjud, aks holda yo'q. Bunday yondashuvda NTlarni aloqalarini ifodalovchi ikkilik ko'rinishdagi xromosoma C matritsaning qatorlari (yoki ustunlari) kombinatsiyasidan iborat bo'ladi.

Misol. $n = 5$ bo'lganda $C = [c_{ij}]_{5 \times 5}$ matritsani hosil qilish 10.14-rasmda keltirilgan.



10.14-rasm. Heyron tarmoqlar uchun aloqalar matritsasini kodlashga misol.

Agar n qiymat tarmoqdagi neyronlar sonini bildirsa, u holda bu neyronlar orasidagi bog'lanishlar n^2 uzunlikga ega bo'lgan ikkilik ketma-ketlikni ifodalaydi. Ushbu kodlash usulining aniq *kamchiliklari* neyronlar tarmog'ining kengayishi bilan genotip uzunligining tez o'sishidir. Bunday kodlashning *kamchiligi* shundan iboratki, agarda tarmoqda neyronlar soni oshsa xromosomada genlar soni ham oshishiga olib keladi. Lekin bunday NTlar sxemalarida xromosomalar uzunligini qisqartiradigan cheklovlarni ham kiritish yo'li bilan kodlar ketma-ketligini qisqartirish mumkin. Xususan, NTlarda faqat bir tomonlama yo'nalishlar qaraladi va C matritsada faqat berilgan tugun (neyron)ning keyingi qo'shni tugun bilan bog'lanishini aniqlaydigan elementlari hisobga olinadi. Bunday holda 10.14-rasmdagi xromosoma 0110110011 ko'rinishni oladi.

To'g'ridan-to'g'ri kodlash sxemasi bir vaqtning o'zida ikkala bog'lanishni, ya'ni neyronlar orasidagi aloqalarni va ularning vaznlarini aniqlash uchun qo'llanilishi mumkin. Ushbu kodlash usuli asosan kichik NTlari uchun qulay hisoblanadi.

Bilvosita kodlash sxemasi. Bu sxema NTlarning barcha aloqalarini

emas, balki faqat eng muhim xususiyatlarga ega bo'lgan aloqalarni kodlashdan hosil bo'lgan ikkilik ketma-ketlik uzunligini qisqartirish uslubi hisoblanadi. Shu sababli bilvosita kodlash sxemasining sezilarli ustunligi bu aloqalarning ixcham ko'rinishini ifodalaydi. Bunday sxema biologik nuqtai-nazardan ham ancha asoslangan va oqilona hisoblanadi.

Zamonaviy nevrologiyaga ko'ra xromosomalarda kodlangan genetik ma'lumot bilan butun nerv tizimini bevosita va mustaqil ravishda ta'riflash mumkin emas. Ushbu xulosadan quyidagi fakt, ya'ni masalan inson genotipi uning miyasidagi neyronlar sonidan ancha kam miqdordagi genlardan iborat ekanligidan kelib chiqadi. Bilvosita kodlashning turli usullari [36, 38] ishlarda qaralgan.

Arxitektura evolyutsiyasi quyidagi bosqichlardan iborat.

1) NTning arxitekturasini tavsiflash uchun hozirgi populyatsiyaning har bir xromosomasini dekodlash.

2) Har bir NTni oldindan belgilangan qoida yordamida birinchi qadamda olingan arxitektura bilan o'rganish (uning ba'zi parametrlari o'rganish jarayonida moslashuvchan ravishda takomillashtirilishi mumkin). O'rganish o'rganuvchi qoidalarining vaznlari va (agar kerak bo'lsa) parametrlarining tasodifiy tanlangan har xil boshlang'ich qiymatlaridan boshlanishi kerak.

3) Erishilgan o'rganish natijalariga ko'ra har bir xromosomaning (kodlangan arxitektura) MosF ni baholash amalga oshiriladi. Bu baholash o'rganishning mutlaq o'rtacha kvadratik xatoligi bo'yicha yoki test asosida amalga oshiriladi. Test asosida amalga oshiriladi, agarda eng katta qiziqishni umumlashtirish qobiliyati, eng qisqa o'rgatish davomiyligi yoki arxitekturani soddalashtirish (masalan, neyronlar sonini va ular orasidagi bog'lanishni minimallashtirish) uyg'otsa.

4) Amalga oshirilgan tanlov uslubiga qarab, ularning yaroqliligi yoki darajasiga mos keladigan ehtimollik bilan xromosomalarning ko'payishi.

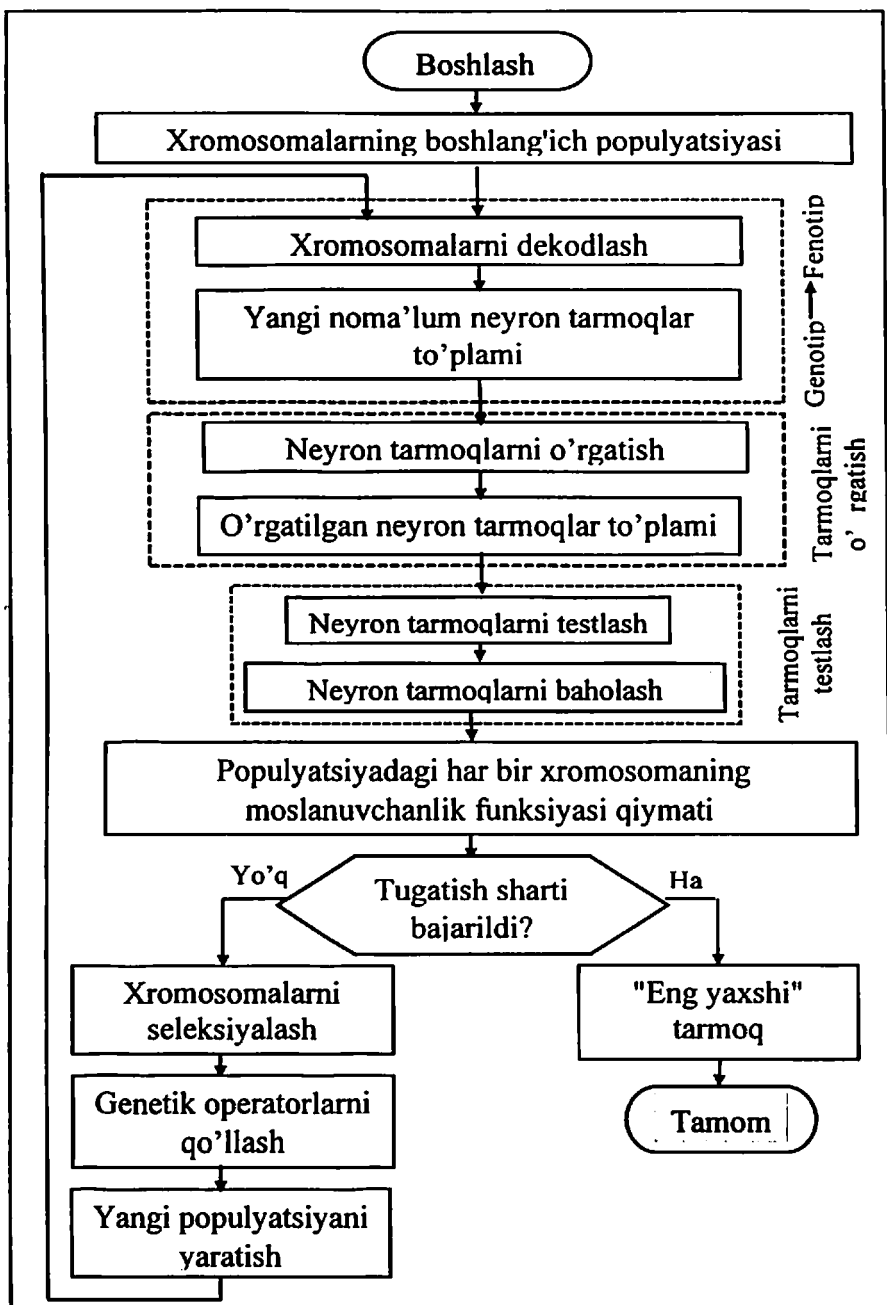
5) Chatishtiruv, mutatsiyalash va inversiyalash kabi genetik operatorlardan foydalanish natijasida yangi avlodni shakllantirish.

Arxitektura evolyutsiyasini aks ettiruvchi blok-sxema 10.15-rasmda keltirilgan.

O'rgatish qoidalarining evolyutsiyasi. Ma'lumki NTlarda turli xil arxitekturalar va o'rgatish masalalarida turli xil o'rgatish algoritmlarini talab qiladi. O'rgatishning optimal (yoki deyarli optimal) qoidasini izlash odatda ekspertlar bilimiga va ko'pincha sinov va xatoliklar usullariga asoslanadi. Shuning uchun NTlarini o'rgatish qoidalarini optimallashtirishning avtomatik usullarini ishlab chiqish juda istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Insonning o'rgatish qobiliyatlarini nisbatan zaiflikdan juda kuchli tomonga rivojlanishi sun'iy NTlarini

o'rgatish jarayonida evolyutsiyali yondashuvni qo'llash imkoniyatini ko'rsatadi.

O'rgatish qoidalari evolyutsiyasi holatida xromosomalarni aks ettirish sxemasi dinamik xususiyatlarni aks ettirishi kerak. Statik parametrlarni (masalan, arxitektura yoki tarmoq vaznlari) kodlash ancha oddiy amalga oshiriladi.



10.15-rasm. Eng yaxshi NTarxitekturasini topish uchun GANing blok-sxemasi (arxitekturalar evolyutsiyasi holati).

NTning dinamik xususiyatlarini tavsiflashga imkon beradigan universal tasvirlash sxemasini yaratishga urinish, shubhasiz, muvaffaqiyatsizlikka olib keladi, chunki bu holda o'rgatuvchi qoidalarining butun fazosini qarab chiqish uchun talab qilinadigan juda katta miqdordagi hisob-kitoblarni o'z ichiga oladi. Shuning uchun odatda dinamik qoidalar turiga ma'lum cheklovlar qo'yiladi, bu esa o'rgatuvchi qoidaning umumiy tuzilmasini tanlashga imkon beradi. Ko'p hollarda NTdagi barcha neyronlar aloqalari uchun bir xil o'rgatuvchi qoidasi qo'llanilishi kerakligi aniqlangan va bu qoida quyidagi funksiyasi bilan berilishi mumkin [36]

$$\Delta w(t) = \sum_{k=1}^n \sum_{j_1, \dots, j_k} \left[\theta_{j_1, \dots, j_k} \prod_{j=1}^k x_{j_k}(t-1) \right], \quad (10.14)$$

bu erda t - vaqt, Δw - vaznning o'sishi, x_{j_k} - lokal o'zgaruvchilar, $\theta_{j_1, \dots, j_k}$ - haqiqiy koeffitsientlar.

O'rgatish qoidalari evolyutsiyasining asosiy maqsadi $\theta_{j_1, \dots, j_k}$ koeffitsientlar uchun mos qiymatlarni tanlash hisoblanadi.

Endi o'rgatish qoidalari evolyutsiyasining odatiy siklini bosqichlarini ko'rib chiqamiz:

1) NTlari uchun o'rgatish algoritmi sifatida ishlatiladigan o'rgatish qoidalarini tavsiflash uchun hozirgi populyatsiyaning har bir xromosomasini dekodlash amalga oshiriladi.

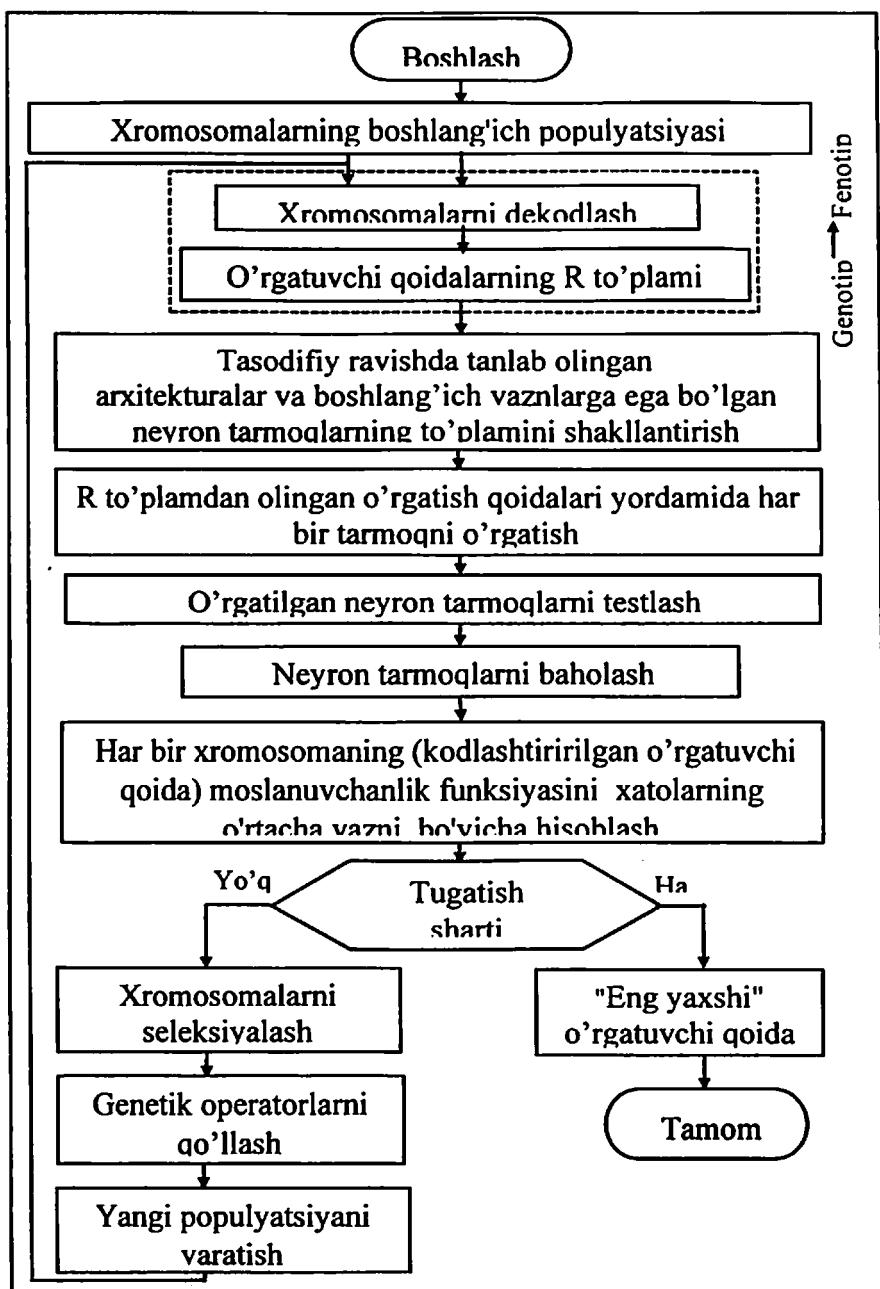
2) Tasodifiy ravishda yaratilgan arxitekturalar va vaznlarning dastlabki qiymatlari bilan NTlari to'plamini shakllantirish, shuningdek, ushbu tarmoqlarni o'rgatish yoki testlarning aniqligi, o'rgatish davomiyligi, arxitekturalarning murakkabligi va boshqalar toifalarida 1-bosqichda olingan qoidaga binoan ularning tayyorgarligini hisobga olgan holda baholash amalga oshiriladi.

3) 2-bosqichda olingan har bir NTning bahosi asosida har bir xromosomaning MosF qiymatini hisoblash (kodlangan o'rgatish qoidasi) amalga oshiriladi.

4) Amalga oshirilgan tanlov uslubiga qarab ularning yaroqliligiga yoki darajasiga mos keladigan ehtimollik bilan xromosomalarning ko'payishi sodir etiladi.

5) Chatishtiruv, mutatsiyalash va / yoki inversiyalash kabi genetik operatorlardan foydalanish natijasida yangi avlodni shakllantirish amalga oshiriladi.

O'rgatish qoidalari evolyutsiyasining odatiy siklini aks ettiruvchi blok-sxema 10.16-rasmda tasvirlangan.



10.16-rasm. GA asosida NTda eng yaxshi 'orgatuvchi qoidani topish blok-sxemasi (o'rgatuvchi qoidalar evolyutsiyasi holi).

Nazorat savollari

1. Gibridd yondashuv nima?
2. GITda SIning parallel ravishda qo'llaniladigan qanday usullari mavjud?
3. Integrallashuv jihatdan GTlar qanday sinflashtiriladi?
4. GITning arxitekturasida qanday tarkibiy qismlardan iborat?
5. Aralashtirilgan, yaxlit, birlashtirilgan va assotsiativ GITlar nima?
6. NNM qanday usullar bilan amalga oshiriladi?
7. "BA" xamda "YOKI" noravshan neyroni qanday amalga oshiriladi?
8. Defuzzifikatsiya jarayonida aniqlangan tuzilishga ega bo'lgan NBMning g'oyasi va elementlari qanday?
9. NBMning neyron sxemasi qaysi qatlamlardan iborat?
10. NBMni o'rganish algoritmi qaysi bosqichlardan iborat?
11. ABT sintez qilish uchun NNMLarini qo'llash xususiyatlari qanday?
12. ANFIS moduli nima va u qanday ishlaydi?
13. NTLari GAlarni qanday qo'llab-quvvatlaydi?
14. NTLarini o'rgatish uchun GAlar qanday qo'llaniladi?
15. Moslashuvchan o'zaro ta'sir qiluvchi tizimlar uchun misollar keltiring?
16. Evolyutsiyaning tipik siklini tavsiflang?

Nazorat testlari

1. yondashuv - bu neyronli va simvolli modellarning sinergetik kombinatsiyasidan iborat bo'lib, u barcha bilim va hisoblash imkoniyatlariga erishishni amalga oshiradi.
a) Gibriddli; b) Differensialli; v) Noravshanli; g) Mexanikli.
2. intellektual tizimlar - bu masalalarni echishda parallel ravishda sun'iy intellektning bir necha xil usullaridan foydalanadigan tizimlar hisoblanadi.
a) Gibridd; b) Noravshan; v) Differensial; g) Mexanik.
3. Gibridd tizimlarni integrallanish darajasi nuqtai-nazaridan sinflash to'g'ri ko'rsatilgan javobni aniqlang?
a) alohida, transformatsiyali, zaif bog'langan, kuchli bog'langan, to'liq integrallashgan;
b) kombinatsiyali, transformatsiyali, zaif bog'lanmagan, kuchli bog'langan, to'liqmas integrallashgan;
v) daraxtli, alohida, ketma-ketli, zaif bog'langan, kuchli bog'langan;
g) mantiqli, freymli, zaif bog'langan, produksiyali, to'liq bog'langan;

4. bog'langan tizimlar-bu dasturning ma'lumotlar fayllari orqali bog'langan alohida komponentlarga bo'linadigan birinchi haqiqiy integratsiyasining shakli hisoblanadi.
a) Zaif; b) Alohida; v) Kuchli; g) To'liqmas.
5. Arxitektura qarang gibridd intellektual tizimlar qanday sinflarga bo'linadi?
a) integrall, kombinatsiyali, birlashmali, assotsiativli;
b) daraxtli, differensial, birlashmali, kombinatsiyali;
v) gibridd, ekspertli, aloxidal, assotsiativli;
g) kombinatsiyali, grafli, darajali, logarifmli.
6. Neyro-noravshan modellarni amalga oshirishning qanday usullari mavjud?
a) Birgalikdagi va parallel; b) Uzlukli va kombinatsiyali;
v) Ketma-ket va uzluksiz; g) Alohida va parallel.
7. genetik algoritim uchun boshlang'ich populyatsiyani shakllantirishda ishlatiladi.
a) Neyron tarmog'i; b) Ekspert tizimi;
v) Noravshan model; g) Genetik model.
8. neyron tarmoq uchun boshlang'ich vaznlarni shakllantirishda ishlatiladi.
a) Genetik algoritim; b) Ekspert tizimi;
v) Noravshan model; g) Defuzzifikatsiyalash.
9. Evolyutsiyaning odatdagi siklini amalga oshirishda vaznlar evolyutsiyasi holatida qat'iy arxitektura ega tarmoqlar va ko'plab xromosomalar bilan kodlangan foydalaniladi.
a) vaznlardan; b) kiruvchi signallardan;
v) chiquvchi signallardan; g) funksiyadan.
10. Evolyutsiyaning odatdagi siklini amalga oshirishda arxitekturalar evolyutsiyasi holatida arxitektura xromosomalar bilan kodlangan foydalaniladi.
a) tarmoqlardan; b) kiruvchi signallardan;
v) chiquvchi signallardan; g) vaznlardan.
11. Evolyutsiyaning odatdagi siklini amalga oshirishda o'rgatish qoidalari evolyutsiyasi holatida tasodifiy ravishda yaratilgan va dastlabki vaznlarga ega foydalaniladi.
a) arxitektura; tarmoqlardan; b) kiruvchi signallar;
arxitekturadan;
v) chiquvchi signallar; qatlamdan; g) vaznlar; kiruvchi signallardan.

11-BOB. SUN'IY INTELLEKT VA NEYRON TARMOQLARNI RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI VA YO'NALISHLARI

1-§. Sun'iy intellektning resurslar bilan bog'liq muammolari

Shuning resurslar bilan bog'liq muammolari *ikki* tipdagi resurslarning etishmasligi bilan bo'g'liq. *Birinchisi* - bu kompyuterli resurslarning etishmasligi bo'lib, unda kompyuterlarning hisoblash quvvati, operativ xotira va tashqi xotira hajmlari e'triborga olinadi. *Ikkinchisi* - inson resurslarining etishmasligi bo'lib, unda ilmiynamo intellektual DTlarni yaratishga bilimlarning turli sohalaridan ilg'or mutaxassislarni jalb etish va uzoq muddatli tadqiqot loyihalarni tashkillashtirish talab etiladi.

Bugungi kunda *birinchi tipli resurslar* yaxshi pog'onaga chiqqan bo'lib, ular inson uchun juda qiyin bo'lgan amaliy masalalarni yechmoqda. *Ikkinchi tipli resurslar* bilan bog'liq holat esa dunyo bo'yicha yomonlashmoqda. Shuning uchun ham SI sohasidagi muaffaqiyatlar yirik universitetlar qoshidagi uncha ko'p bo'lmagan ilg'or tadqiqot institutlari va markazlarida olib borilayotgan ilmiy - tadqiqotlar bilan bog'liq [7] (11.1-jadval).

2-§. Istiqbolli yo'nalishlar va texnologiyalar

Shuning istiqbolli yo'nalishlarini mutaxassislar nuqtai-nazaridan qisqacha quyidagicha qaraymiz.

Neyron tarmoqlar. Bu yo'nalishda real vaqt rejimida obyektlarni tanib olishga o'rgatish va sinflash algoritmlarini mukamallashtirish, tabiiy tillarni ishlash, tasvirlarni, nutqlarni va signallarni tanib olish va foydalanuvchiga moslashuvchi intellektualli interfeys modellarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar davom etmoqda.

NTlar yordamida yechilayotgan asosiy amaliy masalalarga moliyalashtirishni bashoratlash, ma'lumotlarni izlash, tizimlarni tashxislash, tarmoqlar faoliyatini nazorat qilish, ma'lumotlarni shifrlash kabilar kiradi. Oxirgi yillarda *parallel qurilmalar* asosida NTlar ishini sinxronlashtirishning samarali usullarini izlash bo'yicha izchil tadqiqotlar olib borilmoqda.

Evolyutsiyali hisoblash. Evolyutsiyali hisoblash sohasini (kompyuter ilovalarning va robototexnik qurilmalarning avtonomli va moslashuvchanlik xususiyatlari) rivojlantirishda *nanotexnologiyalarga* e'tibor berilmoqda.

10.1-jadval. Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlarning istiqbolli texnologiyalari bo'yicha asosiy ilmiy maktablar.

Neyron tarmoqlar (Neural Networks)	Noravshan tizimlar (Fuzzy Systems)	Intellektual robotlar (Robotics)	Mul'tiagentli tizimlar (Multi-agent Systems)	Ma'lumotlar ni intellektual tahlili (Intelligent Data Analyzing)	Tabiiy tilni ishlash (Natural Language Processing)
University of Toronto www.cs.toronto.edu/neuron/ , Iowa State University http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ailab/ , Institute in Sheffield http://www.shef.ac.uk , Austrian Research Institute for AI www.ai.univie.ac.at , Bauman nomidagi MDTU	Stanford University http://cs.stanford.edu/Research , Iowa State University http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ailab/ , Carnegie-Mellon University http://www.cs.cmu.edu , New	Carnegi-Mellon University http://www.cs.cmu.edu , MIT http://www.ai.mit.edu , University of Melbourne http://www.cs.mu.oz.au , Stanford University http://cs.stanford.edu/Research ,	Iowa State University http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ailab/ , Santa Fe Institute http://alife.santafe.edu , University of Melbourne http://www.cs.mu.oz.au , Edinburgh University http://www.inf.ed.ac.uk	Iowa State University http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ailab/ , Stanford University http://cs.stanford.edu/Research , Manchester University http://www.cs.man.ac.uk	Massachusetts Institute of Technologies (MIT) Http://www.ai.mit.edu , Stanford University http://cs.stanford.edu/Research , Edinburgh University http://www.informatics.ed.ac.uk , New University of Lisboa http://www.di.fct.unl.pt ,

http://www.chat.ru/~vlasov/ , RFA SB HM (Krasnoyarsk), Neyrokibernetika instituti (Rostov-Don), SpbGETU, V.M.Glushkov nomidagi kibernetika instituti (Kiyev), XTURE, MIFI, Lebedev nomidagi fizika instituti http://canopus.lpi.msk.su/neurolab/	University of Lisboa http://www.di.fc.t.u.nl.pt , Rossiya sun'iy intellekt instituti (Moskva-Novosibirsk) www.aha.ru/~artint/ , Dasturiy tizimlar instituti (Pereslavl'-Zalesskiy) www.botik.ru/P5I/	Edinburg University Http://www.informatics.ed.ac.uk , Tokyo University, University of Sussex, V.M.Glushkov nomidagi kibernetika instituti (Kiyev), FAW-Ulm instituti (Germaniya)	ormati cs.ed.ac.uk , Austrian Research Institute for AI www.ai.univie.ac.at , Rossiya sun'iy intellekt instituti www.aha.ru/~artint/	Harvard University http://www.eecs.harvard.edu/ai , Austrian Research Institute for AI www.ai.univie.ac.at , Bauman nomidagi MDTU http://www.chat.ru/~vlasov/ , Rossiya sun'iy intellekt institute (Moskva-Novosibirsk) www.aha.ru/~artint/ , FAW-Ulm instituti (Germaniya)
---	--	---	---	--

Evolyutsiyali hisoblash birvaqtda faoliyat ko'rsatayotgan uzellar to'plamidan iborat *o'zini-ozini yig'ish, o'zini-o'zini shakllantirish* va *o'zini-o'zini tiklash* tizimlari kabi amaliy muammolariga ta'sir qilmoqda. Bunda raqamli avtomatlar sohasidagi ilmiy natijalarni qo'llash mumkin bo'lmoqda.

Evolyutsiyali hisoblashning yana bir aspekti-bu avtonom agentlardan kunlik masalalarni echish uchun shaxsiy kotibalar sifatida foydalanish. Shaxsiy kotibalar shaxsiy hisoblarni, uchinchi avlod algoritmlari yordamida tarmoqlarda kerakli ma'lumotlarni tanlab oluvchi assistentlarni, ishlarni rejalashtiruvchilarni, shaxsiy o'qituvchilarni, virtual sotuvchilarni va h.k. boshqaradi. Bunga robototexnika va u bilan bog'liq barcha sohalar ham taaluqli.

Evolyutsiyali hisoblashni rivojlantirishning asosiy yo'nalishlari-bu standartlar, intellektual qatlamlar, senriylar/savollar tillari, insonlar va dasturlarning o'zaro aloqasini tashkil etishning samarali uslubiyotlarini ishlab chiqishdan iborat.

Avtonom harakatlanuvchi modellar xonalarni tozalash, egulik buyurtmalar berish va tayorlash, avtomobillarni boshqarish va b.q. sohalariga faol joriy qilinmoqda.

Kelajakda evolyutsiyali hisoblashdan foydalanib murakkab masalalarni (genlarga o'xshash tarmoqlardan va katta massivli ma'lumotlardan iborat masalalarni tez tadqiq qilish) yechish uchun *avtonomli agentlar jamoasidan* foydalaniladi. Buning uchun evolyutsiyaning mumkin bo'lgan quyidagi yo'nalishlarini o'rganish bilan shug'ullanish talab qilinadi: *jamoalar bilan ishlash, birgalidagi ishlarni rejalashtirish, aloqalar uslublarini o'rganish, guruxli o'zini-o'zini o'rgatish, noto'liq ma'lumotlar bilan berilgan noravshan sohada kooperativli harakat, qiziqishlari bo'yicha birlashuvchi bir nechta agentlarning harakati, o'zaromunosabat ziddiyatlarini hal qilishni o'rganish va h.k.*

Noravshan mantiq. Noravshan mantiq tizimlari barcha sohalariga nisbatan ko'proq *gibridli* bosqaruv tizimlarida faol qo'llaniladi.

Tasvirlarni ishlash. Bu sohada tasvirlarni tavsiflash va tahlil qilish tadqiqotlari tasvirlarni qisish, turli protokollardan foydalanib uzatilgan tasvirlarni kodlashtirish, biometrik tasvirlarni va sputnikli rasmlarni ishlash kabi masalalarni yechishda davom ettiriladi. Keyingi rivojlanishlar tasvirlarning mazmunini tahlil qilish va indekslash, nusxa olishdan himoyalash, mashinali ko'rish, tasvirlarni tanib olish va sinflash algoritmlarini yaratishdan iborat.

Ekspert tizimlar. Ekspert tizimlarga talab yetarli yuqori pog'onda saqlab qolinadi. Bugungi kunda eng katta e'tibor *real vaqt rejimida* ishlaydigan tizimlarga, bilimlarni saqlash, olish, tahlil qilish va modellashtirish, dinamik rejalashtirish tizimlariga qaratilmoqda.

Intellektualli ilovalar. Kombinatorli muammolarni (masalan, transport masalalarida uchraydigan) optimal yechimini tez topish qobiliyatiga ega intellektual ilovalar sonining o'sishi rivojlangan mamlakatlar ishlab chiqarishi va sanoatining o'sishi bilan bo'g'liq.

Taqsimlangan hisoblashlar. Kompyuterli tarmoqlarning tarqalishi va yuqori ishlab chiqarishli klasterlarning yaratilishi taqsimlangan hisoblashlar masalasiga qiziqishni oshirdi. Bu masalalarga resurslarni muvozanatlashtirish, protsessorlarni optimal yuklash, maksimal samaralilikga erish maqsadida qurilmalarni o'zini-o'zi shakllantirish, yangilanishga talabgor elementlarni kuzatish, tarmoqdagi elementlar orasidagi nomosliklarni aniqlash, dasturlar ishlashining aniqliligini tashxislash kabilar kiradi.

Real vaqtli operatsion tizimlar. Avtonom robototexnikli qurilmalarning paydo bo'lishi real vaqtli operatsion tizimlarga talablarni oshiradi. Bu talablarga o'zini-o'zi sozlashni tashkillashtirish, hizmat ko'rsatuvchi operatsiyalarni rejalashtirish, vaqt tanqisligi sharoitida qaror qabul qilishda SI vositalaridan foydalanish kabilar kiradi.

Intellektualli injeneriya. Oxirgi yillarda yirik dasturiy tizimlarni (dasturiy injeneriya) yaratish jarayonlarini tashkillashtirish bilan shug'ullanuvchi kompaniyalar SI da alohida qiziqish uyg'otmoqdalar. SI usullari ko'proq boshlang'ich matnlarni tahlil qilish va ularning ma'nosini tushunish, talablarni boshqarish, tasniflashni tuzish, loyihalash, kodli generatsiyalash, testlash, sifatni baholash, masalalarni parallel tizimlarda echish kabilarda qo'llanilmoqda.

Dasturiy injeneriya asta-sekinlik bilan bilimlarni tasvirlash va ishlashning (hozircha intellektual injeneriyada asosiy e'tibor bilimlardagi axborotlarni o'zgartirish uslublariga qaratilgan) ko'proq umumiy muammolarini qaraydigan intellektual injeneriyaga aynladi.

O'zini-o'zi tashkillashtiruvchi ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlari (MBBT). O'zini-o'zi tashkillashtiruvchi MBBT haqiqiy masalalarga egiluvchanlik bilan moslashish qobiliyatiga ega bo'ladi va boshqarishni talab etmaydi.

SIda mashhurligi bo'yicha quyidagi texnologiyalar guruhlari turadi:

1) Tabiiy tillarni avtomatik tahlil qilish (leksikali (so'z boyligi), morfologikli, terminalogikli, notanib olishga so'zlarni ajratib olish, milliy tillarni aniqlash, tarjima qilish, hatolarni tuzatish, lug'atlardan samarali foydalanish);

2) Yuqoriunumli OLAP-ma'lumotlarni izlash va tahlil qilish, so'rovlarni vizualli berish uslublari;

3) Shoshilinch holatlarda doktorlarga maslahat beruvchi tibbiy tizimlar, jarrohlik operatsiyalar jarayonida aniq harakarni bajaruvchi robotlar-manipulyatorlar;

4) To'liq avtomatlashtirilgan kiberzavodlar yaratish, moslashuvchan tejamkor ishlab chiqarish, tez protiplashtirish, ishni rejalashtirish, ta'minot zanjirini bir-biriga moslashtirish;

5) Moliya, tibbiyot va matematika sohalarida haqiqiy masalalarni yechishga yo'naltirilgan amaliy usullarni ishlab chiqish;

6) Turli o'yinlar va ovunchoq dasturlar. Yangi yo'nalishli tadqiqotlarga: ijtimoiy harakatlar, munosabatlar, insoniy tuyg'ular, ijodiyot kabilar kiradi.

Yaponiyada SIning mashxur yo'nalishlari va texnologiyalari.
Evropa va Amerika mamlakatlariga nisbatan Yaponiyada SI bo'yicha yo'nalishlar va texnologiyalar orasida quyidagi ilmiy maktablar mashxur hisoblanadi:

- E-bozorlar va E-ayksionlar ishlarini modellashtirish va yaratish;
- bioinformatika (kataklarning elektronli modeli, oqsilli axborotlarni parallel kompyuterlarda tahlil qilish, DNK hisoblovchilari);
- tabiiy tillarni ishlash (matnlar ma'nosini tanib olishga va tushunishning o'zini-o'zi o'rgatuvchi ko'ptilli tizimlari);

- Internet (tarmoqlarni va odamlar yashaydigan uylarda real vaqt rejimida ishlaydigan turli datchiklarni, intellektual interfeyslarni integratsiyalash, Internetning amaliy va tizimli tushunchalarini formallashtirish asosida qo'lda bajariladigan ishlarni, katta hajmdagi axborotlardan kerakli ma'lumotlarni ajratib olishning iteratsiyali texnologiyalarini avtomatlashtirish);

- robototexnika (mashinali o'rgatish, avtonomli qurilmalarning biri-biri bilan samarali aloqasini tashkil etish, harakatlarni tashkillashtirish, harakatlarni rejalashtirish, harakatlarni tavsiflovchi axborotlarni indeksatsiya qilish);

- bilimlarni tasvirlash va ishlash uslublari (bilimlar sifatini oshirish, inson-ekspertlardan bilimlarni olish usullari, ma'lumotlarni izlash va tuzish, xujjatlar almashinuvini boshqarish).

Ko'pchilik ishlar mantiqiy xulosalash, robotlarni o'rgatish va ularning harakatini rejalashtirish algoritmlariga bag'ishlangan.

Harbiy texnologiyalar. NTlar sohasidagi tadqiqotlar boshqarishning murakkab masalalarini yechishda yaxshi natijalar olishga imkoniyat yaratmoqda va uni DARPA harbiy ilmiy agentligi moliyalashtirmoqda. Masalan, Smart Sensor Web loyihasi-jang maydonida sinxronli ishlaydigan turli xildagi datchiklarning taqsimlangan tarmoqlarini tashkillashtirishga mo'ljallangan. Bunday tarmoqdagi har bir obyekt (bahosi 300 dollar) vizualli, elektromagnitli, raqamli, kimyoli va b.q ma'lumotlar bilan tasvirlnadi. Bu loyiha optimallashtirishning ko'po'lchovli masalalarini yechishning yangi matematik usullarini talab qiladi. Texnikalar ishining to'xtab qolish sabablarini, maqsadlarini, tahlilini va bashoratini avtomatik tarzda aniqlash bo'yicha tadqiqotlar (masalan, ovoz bo'yicha) olib borilmoqda.

Intellektni modellashtirish tizimlarining harbiy sohalarida o'zi yurar robor- mashinalar va boshqaruvchisiz samolyotlardan iborat mustaqil harakatlanuvchi armiyalar haqida ma'lumotlar mavjud. Biroq yaqin o'n yillarda o'zining yechimini kutayotgan muammolar ham yetarlicha. Eng avvalo bu muammolarga real vaqt rejimida avtomatik tanib oluvchi tizimlarning videoaxborotlarni to'g'ri tahlil qilish qobiliyatiga ega emasligidir. Shuningdek, avtonom qurilmalarning katta birlashmalarida qarama-qarshiliklarni hal qilish, o'zinikini va begonalarni mutlaqo aniq tanib olish, yo'q qilib tashlanadigan nishonni tanlash, tanib olishga bo'lmagan muhitda harakat qilish algoritmlarni ishlab chiqsh kabi masalalarini hal qilish ham dolzarb hisoblanadi.

Shuning uchun harbiylar amliyotda kichikroq masshtabli maqsadlarga erishishga intiladi. Asosiy e'tibor nutqni tanib olish tadqiqotlariga qaratiladi, qo'lda bajariladigan ishlarni avtomatlashtirish va uchuvchilarning mehnatini engillashtirish maqsadida ekspert va maslaxat beruvchi tizimlar yaratiladi. NTlar signallarni ishlashda va suvostidagi toshlarni minalardan farqlashda samarali qo'llanilmoqda. Genetik algoritmlardan harbiy qurilmalarning (mo'ljalni olish, boshqarish tizimlarida) ishlashini aniqlovchi tenglamalarning yechimini evristik izlashda, shuningdek, tanib olish masalalarida-tabiyy va sun'iy obyektlarni ajratishda, harbiy mashinalarning tipini aniqlashda, kameralar yordamida olingan tasvirlarni tahlil qilishda foydalaniladi.

3-§. Asosiy xulosalar

Bugungi kunda SI texnologiyalarini rivojlanishining belgilovchi faktori- bu kompyuterlarni hisoblash quvvatining o'sish surati hisoblanadi, chunki *inson psixikasining ishlash jarayoni* hozirgacha noma'lumligicha qolmoqda. Shuning uchun SI yo'nalishidagi mavzular yetarli darajada standart shaklda va tarkibi bo'yicha ancha vaqtdan buyon o'zgarmasdan kelmoqda. Lekin zamonaviy kompyuterlar unumdorligining o'sishi va algoritmlar sifatining oshishi turli ilmiy usullarni amaliyotga qo'llashga imkoniyat yaratmoqdalar. Bunday holatlar hozirgi vaqtgacha intellektual o'yinchoqlarda amalga oshirilib kelingan bo'lsa, endi uydagi robotlar bilan ham shunday holatlar amalga oshiriladi.

Obyektlar juda kam xossalar bilan berilganda vaqtinchalik unitilgan "variantlarni birma-bir oddiy tekshirish" usullaridan (xuddi shaxmat dasturlari kabi) foydalanish qaytadan tiklanmoqda. Bunday yondashuvlar (ularni muvaffaqiyatli qo'llashning asosiy resursi-bu unymdorlik hisoblanadi) yordamida juda ko'plab masalalarni yechish mumkin (masalan, kriptografiya sohasidagi masalalar). Avtonomli qurilmalarning ishonchli harakat qilishida yetarlicha oddiy, lekin ko'p resurslarni talab etadigan moslashuvchanlik xususiyatga ega bo'lgan algoritmlar yordam beradi. Buning uchun tashqi ko'rinishi odamga o'xshaydigan emas, balki xuddi odamga o'xshab harakar qiladigan tizimlarni yaratish maqsad qilib qo'yiladi.

Olimlar ancha uzoqni ko'zlab kelajakga harakat qilishmoqdalar. Yaqin kelajakda o'z yechimini topishi mumkib bo'lgan masalalar bo'yicha quyidagi savollar mavjud: Mustaqil ravishda o'ziga

o'xshaydigan nusxalarni hosil qilish (nusxalarni k'opaytirish) qobiliyatiga ega bo'lgan avtonom qurilmalarni yaratish mumkinmi? Bunday algoritmlarni fan yaratish qobiliyatiga egami? Bunday mashinalarni biz nazorat qila olamizmi? Bu kabi savollarga hozircha javoblar yo'q.

Formal mantiqni bilimlarni tasvirlash va qayta ishlashga mo'ljallangan amaliy tizimlariga qo'llash faol davom etadi. Shuning bilan birgalikda formal mantiq haqiqiy hayotni to'la aks ettiraolmaganligi sababli mantiqiy xulosalashning turli tizimlarining bitta qatlarga birlashuvi amalga oshadi. Bunda obyektlar haqidagi axborotlarni batafsil tasvirlash va bu axborotlarni manipulyatsiya qilish qoidalari qarashlaridan xulosalashni abstrakt formal tavsiflash va xulosalashning universal mexanizmlarini yaratishga o'tiladi, obyektlarning o'zi esa xarakteristikalarining ehtimolli taqsimlanishiga asoslangan ko'p bo'lmagan ma'lumotlar massivi bilan xarakterlanadi.

SI ilmiy etilgan soha bo'lib, u asta-sekinlik bilan oldinga uzluksiz siljimoqda. Uning kelajakdagi rivojlanishi turli matematik fanlar kesimida, ayniqsa, mulohazalar va predikatlar mantiqi, ehtimollar nazariyasi, noravshan to'plam va noravshan mantiq kabi fanlarning qo'llanilishi natijasida namoyon bo'ladi.

Nazorat savollari

1. SIning resurslar bilan bog'liq muammolari qanday tipdagi resurslarning etishmasligi bilan bo'g'liq?

2. SIning istiqbolli texnologiyalari bo'yicha asosiy ilmiy maktablarni keltiring?

3. NTlar bo'yicha tadqiqotlar qaysi yo'nalishlarda davom etmoqda?

4. Evolyutsiyali hisoblashni rivojlantirishning asosiy yo'nalishlarini keltiring?

5. Noravshan mantiq tizimlari qanday sohalarida faol qo'llaniladi?

6. Tasvirlarni ishlash sohasida qanday masalalar yechiladi?

7. Ekspert tizimlarga bugungi kunda e'tibor qanday tizimlarni yaratishga qaratilmoqda?

8. Intellektualli ilovalarning o'sishi nimalarga bog'liq?

9. Taqsimlangan hisoblashlarga qanday masalalar kiradi?

10. Real vaqtli operatsion tizimlarga qanday masalalar kiradi?

11. Intellektualli injeneriyada qanday ishlar amalga oshirilmoqda?

12. SI da mashhurligi bo'yicha qanday texnologiyalar guruxlari turadi?
13. Yaponiyada Sining qanday mashxur yo'nalishlari va texnologiyalari mavjud?
14. NTlar harbiy texnologiyalar sohasida qanday qo'llaniladi?
15. Genetik algoritmlardan harbiy qurilmalarda qanday masalalarda foydalaniladi?
16. Bugungi kunda SI texnologiyalarini rivojlanishining belgilovchi faktorlari nimalarda namoyon bo'ladi?
17. Olimlar oldida yaqin kelajakda o'z yechimini topishi mumkib bo'lgan masalalar bo'yicha qanday savollar mavjud?
18. Formal mantiqni bilimlarni tasvirlash va qayta ishlashga qo'llashda qanday prinsiplarga o'tiladi?
19. Sining kelajakdagi rivojlanishi qanday fanlarga asoslanadi?

Xotima

Umid bilan aytmoqchimizki, o'quv qo'llanmani o'rganib chiqqach kitobxon uning foydali ekanligi haqida ishonch hosil qiladi, ko'pincha esa SITlarni qo'llash zarurligi, ularning imkoniyatlari, qurish prinsiplari va rivojlanish yo'nalishlari haqidagi tasavvurlarni shakllanishiga olib keladi.

SITlar evolyutsiyasi jadal sur'atlar bilan o'smoqda. Ulardan ayrimlari (masalan, idrok etish, ET, TOT va sinflash, mashinali tarjima, nutqni tanib olish va boshqalar) bugungi kun uchun axborot - kompyuterli muhitda xizmat qiluvchi insonlar uchun odatiy komponentalar bo'lib hisoblanadi. SITlarning asosiy yo'nalishlaridan biri ET larning amalda keng qo'llanishiga erishilgan (AQSh, Yaponiya va Evropada) bo'lishiga qaramay, ularni ommaviy ishlab chiqarish va yoyishga to'squinlik qiluvchi bir qator hal bo'lmagan quyidagi muammolar bor.

- ETlarni yaratish shu paytgacha uzoq va qiyin jarayon bo'lib qolayotganligi;

- bilimlarni qabul qilish (olish): saralash, strukturalash, tasvirlash, sozlash va bilimlarni kuzatib borish;

- hayotda ko'pincha yechiladigan masalalar vaqt o'tishi bilan turlicha yechilishi taqozo etiladi, ko'pgina ETlar: asosan o'zgarmas masalalarni yechishga mo'ljallanganligi uchun ularni boshqa masalalarga qo'llab bo'lmaydi;

- bilimlar injeneriyalarini dastur bo'yicha quvvatlashning yo'qligi (chunki ekspertdan bilimlarni olish va ularni formallashtirish ETlarni yaratishda eng qiyin va ma'suliyatli masala hisoblanadi).

Demak, ETlarni yaratish va ulardan natijalar olish uchun hali ko'p ishlar qilinishi kerak.

Boshqalari esa, hozircha ekzotik va amaliy qo'llashdan uzoqda deb tuyulayotganlari, ertagayoq bizning hayotimizga puxtalik bilan kirib keladi.

SITlar ko'plab bilimlar sohasiga tegishli bo'lgan tadqiqotlar natijalariga asoslanadi. Birinchi navbatda diskret matematika, matematik mantiq, kibernetika, matematik lingvistika, SI, psixologiya, sistemotexnika va boshqalarni aytish kerak. Bundan tashqari, dasturlash texnologiyasi, Internet, ko'pagentli tizimlar va boshqalarda barcha so'nggi muvaffaqiyatlarda foydalaniladi.

Misol tariqasida, intellektual ATlar va dasturlashning zamonaviy texnologiyalarining o'zaro kirishi natijasi *Microsoft.NET* platformasini ko'rsatish mumkin, uni rivojlantirishda 5 mingdan ortiq mutaxassislar ishlamoqda. Yangi imkoniyatlarni esa u SI g'oya va usullarini mujassamlashtirish hisobiga egallamoqda.

Shunday qilib, kompyuter bilan "tabiiy" muloqotga javob beruvchi *Natural Interface* texnologiyalari qo'lyozma ma'lumotlarni kiritish va tanib olishgani, nutqni tanib olishgani va sintez qilishni ta'minlaydi, shuningdek, turli xil tashqi qurilmalardan qulay foydalanish uchun sharoitlar yaratadi.

Universal Canvas texnologiyasi *XML*-sxemaga asoslangan arxitekturani, ya'ni Internet ni "o'qish" uchun platformasidan "o'qish/yoziq olmoq" platformasiga aylantiradi, va hujjatlar ustida o'zaro tahrirlash, manbalarni birlashtirish, tushuntirishlar berish, tahrirlash va tahlil qilish kabi jarayonlarni ta'minlaydi.

Information Agent texnologiyasi Internet ga foydalanuvchi vakilni kiritish imkonini beradi, bu vakil foydalanuvchining ehtiyojini, ma'qul ko'rganlarini biladi va Internet - servislarni unga ko'nikishga imkon beradi.

Smarttags texnologiyasi *Intellisense* texnologiyasining rivojlangani hisoblanadi. U dasturchi - yordamchi *Microsoft Office*, *Internet Explorer* va boshqa ilovalarda, shuningdek, avto'o'zgartirish, avtoformatlash, avto'to'ldirish va boshqa funksiyalar bilan ishlovchi foydalanuvchining harakatlarini oldindan bilishga va xatolarni tuzatishga imkon beradi.

SIning bazaviy asoslari bilimlarga tayanish, tabiiy tillarda muloqotni tashkil etish, matnni tushunish, mantiqiy xulosa chiqarish, yechimlarni asoslash va tushuntirish hisoblanadi.

O'quv qo'llanmaning hajmi chegaralanganligi tufayli SITlarning barcha yo'nalishlarini qarab chiqish imkonini bermaydi. Amaliy intellektual avtomatlashtirilgan tizim(IAT)lar [2, 5, 7, 20, 25, 31, 37, 41, 50], noravshan mantiq yordamida noravshan xulosalashlarni hosil qilish modellari [5, 7, 19, 31, 48] va ET texnologiyalari to'g'risidagi ma'lumotlarni bibliografik ro'yxatda ko'rsatilgan [7, 31, 32, 37, 45] manbalardan olishlari mumkin. Intellektual TOTlarni qurish modellari [4, 12, 16-18, 24, 28, 33, 43] manbalarda yoritilgan. NTlar [2, 3, 7, 8, 11, 24, 26, 27, 31, 35, 36, 53, 54], GAlar [9, 10, 14, 36-38, 40] va GITlar [1, 22, 23, 36, 37, 38, 40, 42, 49] ishlarda qaralgan.

SITlar investitsiyalar kiritish bo'yicha istiqboli porloq sohalardan biriga aylanmoqda. IATlari investitsiya kiritishda kelajakda eng asosiy yo'nalishlardan biri hisoblanmoqda. XXI asrni fan va texnikada SITlar keng qo'llanilmaydi deb fikrlab bo'lmaydi. Tabiiy intellekt imkoniyatlarini ochish uchun sharoitlar yaratilgani tufayli, ular inson hayotining barcha yo'nalishlariga chuqur ta'sir ko'rsatadi, va uni yanada qulay va qiziqarli bo'lishiga olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Андриевская Н.В., Резников А.С., Черанев А.А. Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 11-7. - С. 1445-1449.
2. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 304 с : ил. - (Информатика в техническом университете). ISBN 5-7038-2544-X.
3. Bekmuratov Q.A. Sun'iy intellekt. O'quv qo'llanma. -T.: "Aloqachi, 2019.-312 b. UO'K:004.8. KBK:32.973.2. ISBN 978-9943-5804-8-0.
4. Bekmurodov Q.A., Mamaraufov O.A., Bekmurodov D.Q. Timsollarni anglovchi tizimlar. Oliy ta'lim muassasalari uchun uslubiy qo'llanma. Tashkent. "Navro'z" nashriyoti DUK. 2015. 385 bet. (UDK 004.8. ISBN:978-9943-381-17-9).
5. Бессмертный И.А. Искусственный интеллект - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. -132 с.
6. Вольфганг Эртел. Введение в искусственный интеллект. Издательства Шпрингер. 2011. 316 с.
7. Гаврилов А.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие: в 2-х ч. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. - Ч. 1. - 67 с.
8. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории. - М.: Горячая линия-. Телеком, 2012. - 496 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0082-0.
9. Гвязда Т., Algorytmy genetyczne. Wstep do teorii, Варшава, 1995.
10. Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Reading, MA: Addison Wesley, 1989.
11. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: изд-во СССР-США СП "ParaGraph", 1990. 160 с.
12. (30) Гренандер, У. Лекции по теории образов (Том 2. Анализ образов) / У. Гренандер. - М. 2016. - 342 с.
13. David Poole, Alan Mackworth, and Randy Goebel, (1998), Computational Intelligence: A Logical Approach // Oxford University Press, Chapter 1-12, page 1-608.
14. De Jong K. An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems. Doctoral dissertation. - University of Michigan, Ann Arbor. - University Microfilms No. 76-9381. - 1975.

15. Evolver - средство решения проблем генетических алгоритмов, Axcelis, Inc., 4668 Eastern Avenue N., Сиятл, WA 98103, США.
16. Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. Издательство ФАЗИС, Москва 2005. -159 с.
17. Kamilov M.M., Nishanov A.X., Beglerbekov R.J. Modified stages of algorithms for computing estimates in the space of informative features. Volume 8, Issue 6, April 2019, Pages 714-717.
18. Журавель, И.М. Краткий курс теории обработки изображений. / И.М. Журавель. М., 1999. <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/75.php>.
19. Заде Д. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Д. А. Заде. - М. : Мир, 1976. -168 с.
20. Иванов В. М. Интеллектуальные системы: учебное пособие / В. М. Иванов. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2015. -92 с. ISBN 978-5-7996-1325-9.
21. Искусственный интеллект: в 3 кн. / под ред. Д. А. Попова. -М. : Радиои связь, 1990. -Кн. 1 : Системы общения и экспертные системы. -461 с.
22. Kasabov, Introduction: Hybrid intelligent adaptive systems. International Journal of Intelligent Systems, Vol.6, (1998) 453-454.
23. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: Теория и технология разработки / Под ред. А.М. Яшина. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 711 с. - ISBN 5-7422-0187-7.
24. Кохонен Т. Ассоциативная память. -М.: Мир, 1980.
25. М. Тим Джонс. Программирование искусственного интеллекта в приложениях // Пер. с англ. Осипов А. И. -М.: ДМК Пресс, 2006. -312 с.
26. Mano, C. (2014). Definition of neural network. Retrieved on June, 2014 from http://www.ehow.com/print/about_5585309_definition-neural-networks.html
27. Mano, C. (2014). Examples of artificial neural network. Retrieved on June, 2014 from http://www.ehow.com/print/about_5585309_definition-neural-networks.html.
28. Миленький, А. В. Классификация сигналов в условиях неопределенности. Статистические методы самообучения в распознавании образов / А.В. Миленький. - М.: Советское радио, 2012. - 328 с.

29. Mujeeb, R. (2012). Introduction to artificial neural network and machine learning. Palakkad: Government engineering college, sreekrishnapuram.
30. Nilsson, N.J. (2009). The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements. Cambridge University Press, Cambridge, England.
31. Павлов С. Н. Системы искусственного интеллекта: учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. - Томск: Эль Контент, 2011. - Ч. 1. - 176 с. ISBN 978-5-4332-0013-5.
32. Попов Д.А. Искусственный интеллект: в 3 кн. / под ред. Д. А. Попова. -М.: Радиои связь, 1990. -Кн.1: Системы общения и экспертные системы.-461 с.
33. Потапов, Алексей. Автоматический анализ изображений и распознавание образов / Алексей Потапов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. - 292 с.
34. Rafael C. Gonsales, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. Digital image processing using MATLAB. Published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall. 2004.
35. Розенблатт, Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга = Principles of Neurodynamic: Perceptron sand the Theory of Brain Mechanisms. -М.: Мир, 1965. -480 с.
36. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы //М.: Горячая линия -Телеком, 2006. -452 с.
37. Stuart Russell and Peter Norvig, (2002), Artificial Intelligence: A Modern Approach//Prentice Hall, Chapter 1-27, page 1-1057.
38. Судзуки К., Какадзу Ю., Подход к анализу бассейнов модели ассоциативной памяти с использованием генетических алгоритмов, в: Белью Р.К., Букер Л. Б. (ред.), Четвертая международная конференция по генетическим алгоритмам, Сан. Матео, Калифорния: Морган Кауфманн, 1991, стр. 539-546.
39. Тураев Х.Т. Дискрет математика. 1, 2 - томлар. Ўқув қўлланма. Т-2001. 456 б.
40. Уитли Д., Применение генетических алгоритмов к обучению нейронных сетей, Труды Седьмой конференции Общества искусственного интеллекта и моделирования поведения, Сассекс, Англия, Pitman Publishing, 1989, стр. 137-144.

41. Филиппович Ю.Н., Филиппович А.Ю. Системы искусственного интеллекта. - М.: МГУП, 2009. - 312 с.
42. FlexTool (GA) M2.1, Flexible Intelligence Group, LLC, Tuscaloosa, AL 35486-1477, США.
43. Фор А. Восприятие и распознавание образов. - М.: Машиностроение. 1989. -272 с.
44. Heidelberg, S. B. (2005). Introduction to Machine Learning Using Neural Nets. Retrieved on 9/02/2015 from <http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-27335-27>.
45. Hamscher W., Console L., and Kleer J. D. (1992) Readings in Model-based Diagnosis. Morgan Kaufmann, San Mateo, California.
46. Heskes, Tom and Barber, David. (2014). Neural Networks. Retrieved from <http://www.eolss.net/Eolss-sampleAllChapter.aspx>.
47. Holland, J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Cambridge, MA: MIT Press. Second edition (1992). (First edition, University of Michigan Press, 1975).
48. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [электронный ресурс] / Д. С. Штовба. - Режим доступа: <http://www.matlab.ru/fuzzylogic/book1/index.asp>.
49. Ярушкина Н. Г. Гибридные системы, основанные на мягких вычислениях. Определение. Архитектура. Теоретические возможности и опыт практического использования // Программные продукты и системы, № 3, 2002, С. 19-22.
50. Ясницкий Л. Н. Введение в искусственный интеллект. 3-е изд.- М.: Издательский центр «Академия», 2010. 176 с.

Internet manzillari

51. https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence
52. https://www.sciencedaily.com/news/computers_math/artificial_intelligence/
53. https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network
54. http://neural_network_sanddeep_learning.com

Qisqartma soʻzlar

ABT	Avtomatik boshqarish tizimi
AKO	“a kind of” - sinflashda-«bitta koʻpga» munosabatidan, toʻplamostida esa - «koʻp koʻpga» munosabatidan foydalaniladi.
ANFIS	Adaptiv-Network-based Fuzzy Inference System (Moslashuvchan noravshan xulosa chiqarish tarmogʻi)
AT	Axborot texnologiya
AOʻT	Axborotli - oʻlchov tizim
AQT	Axborotni qidirish tizimi
AQSh	Amerika qoʻshma shtatlari
BB	Bilimlar bazasi
BM	Bilimlar muxandisi
BF	Baholash funksiyasi
BT	Bayesli tarmoq
GA	Genetik algoritim
GD	Genetik dasturlash
GET	Gibridli ekspert tizim
GM	Genetik mikroalgoritim
GSH	Geometrik shakl
GT	Gibridli tizim
GIT	Gibridli intellektual tizim
GET	Gibridli ekspert tizim
CASE	Computer Aided Software Engineering - dasturiy taʼminotni avtomatik yaratish
CLIPS	C Language Integrated Production System- ekspert tizimni yaratish uchun dasturiy qobiq
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency - AQSh himoya vazirligi istibolli tadqiqotlarni rivojlantirish agentligiri
DM	Data Mining - maʼlumotlarni chuqur tahlil qilish
DNSH	Dizyuntiv normal shakl
DNK	Dezoksiribonuklein kislota
DT	Dasturiy taʼminot
EA	Evolutsiyali algoritim
ED	Evolutsiyali dasturlash
EHM	Elektron hisoblash mashinasi

EL	Elaboration Language - qayta ishlash va aniqlik kiritish tili (IDEF5 da foydalaniladi)
ES	Evolutsiyali strategiya
ET	Ekspert tizim
EtT	Etalon tanlov
FT	Formal tizim
HF	Holatlar fazosi
HQQ	Hal qiluvchi qoida
HM	Hisoblash mashinasi
HOLAP	Hybrid OLAP - gibridli OLAP (OLAPda ma'lumotlarni saqlash uslubi)
HTML	Hyper Text Markup Language - gipermatnli belgilashlar tili
HTTP	Hyper Text Transport Protocol - gipermatnni uzatish protokoli
IA	Intellektual agent
IAT	Intellektual avtomatlashtirilgan tizim
IK	Ishonchlilik koeffitsienti
ISA	"is a" - bu
IO'	Ishonchlilik o'lchovi
IT	Intellektual tizim
KAT	Ko'p agentli tizimlar
KDD	Knowledge Discovery in Databases - ma'lumotlar bazasidan bilimlarni ajratib olish
KMO	Ko'p mezonli optimallashtirish
KNSH	Konyunktiv normal shakl
KIF	Knowledge Interchange Format - bilimlar yordamida almashish formati (bilimlarni tasvirlash tillaridan biri)
LIAT	Loyihalash ishlarining avtomatlashtirilgan tizimi
LO'	Lingvistik o'zgaruvchi
MATLAB	Matritsaviy laboratoriya
MT	Mahsuliy tizim
MB	Ma'lumotlar bazasi
MBBT	Ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi
MF	Mansublik funksiyasi
MD	Moslanuvchanlik darajasi
MM	Matematik mantiq
MosF	Moslanuvchanlik funksiyasi
HM	Hisoblash mashinasi

HF	Holatlar fazosi
NK	Neyrokompyuter
NBM	Noravshan boshqaruv modeli
NBT	Noravshan boshqaruv tizimi
NET	Noravshan ekspert tizimi
NM	Noravshan munosabat
NoT	Noravshan to'plam
NQ	Noravshan qoida
NMXCH	Noravshan mantiqiy xulosa chiqarish
NNM	Neyro-noravshan model
NP	Neyropaket
NT	Neyron tarmoq (to'r)
NO'	Noishonchlilik o'lchovi
NoO'	Noravshan o'zgaruvchi
NXCH	Noravshan xulosa chiqarish
OOP	Ota-ona populyatsiyasi
OLAP	On-Line Analytical Processing - ma'lumotlarni interaktivli analitik ishlash
OT	Obyektlar to'plami
OYD	Obyektga yo'naltirilgan dasturlash
PEAS	(Performance (samaradorlik), Environment (muhit), Actuators (bajaruvchi mexanizmlar), Sensors (datchiklar))
PM	Predikatlar mantiqi
RNK	Ribonuklein kislota
SNT	Sun'iy neyron tarmoq
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences - Ijtimoiy fanlar uchun statistik paket
PrS	Predmet soha
ST	Semantik tarmoq
SI	Sun'iy intellekt
SIT	Sun'iy intellekt tizim
ST	Sinov tanlov
TM	Tarmoqli model
TO	Tanib olish
TOT	Tanib oluvchi tizim
TTO	Timsollarni tanib olish
TTOT	Timsollarni tanib oluvchi tizim
TDNSH	Takomil diz'yunktiv normal shakl

TKNSH	Takomil kon'yunktiv normal shakl
TT	Tabiiy til
TV	Texnik vosita
UT	Universal to'plam
FT	Formal tizim
O'A	O'rganuvchi agent
O'M	O'xshashlik munosabati
O'T	O'rgatuvchi tanlov
QR	Qo'lyozma raqam
QQQ	Qarorl qabul qilish
QQQSh	Qaror qabul qiluvchi shaxs
XML	Extensible Markup Language - belgilashning kengaytiriladigan tili
XMLP	XML Protocol - XML-ma'lumotlarni uzatish protokoli
ChA	Chatishtiruv amali
YaAT	Yangi axborot texnologiya
YO	Yangi obyekt

Atamalar va tushunchalar izohi

№	Atama	Ma'nosi va mazmuni
1.	Aksioma	Isbotsis qabul qilinadigan tasdiq.
2.	Analogiya	Ikki matematika tushunchalarida mavjud bo'lgan xususiy xossalarning o'xshashligi bo'yicha aqliy xulosalash.
3.	Atribut	1) Belgi, ma'lumotlar tavsifi. 2) Obyektning ajralmas xossasi.
4.	Bilimlar bazasi	HMLarida bilimlar saqlanadigan joy.
5.	Mulohaza	Chin yoki yolg'on qiymat qabul qiluvchi fakr.
6.	Graf	Tugunlar to'plami va ularni birlashtiruvchi yoylarni tasvirlovchi matematik tuzilma.
7.	Daraxt	Sikllarsiz bog'langan graf.
8.	Dizyunksiya	"Yoki" mantiqiy amali bo'lib, uni qo'llash natijasida o'zgaruvchilarning birortasi "chin" qiymat qabul qilsa, yangi ifoda "chin" bo'ladi. V belgilanadi.
9.	Tabiiy til	Insonlar o'rtasida axborotlarni almashishning odatiy usuli.
10.	Bog'liklik	Funksiyalar va ularning argumentlari o'rtasidagi munosabatlar.
11.	Xulosa	"Obyekt - qiymat" juftlik bilan ifodalangan bilimlar bazasi fakti.
12.	Bilimlar	Faktlar, tasdiqlar va evristik qoidalar.
13.	Deklarativli bilimlar	Masala echimi protseduralarini oshkora saqlamaydigan bilimlar.
14.	Evolver	Genetik algorimdan foydalanib masala echimini aniqlovchi dastur
15.	Kauzalli bilimlar	Predmet sohadagi obyektlar o'rtasida sabab-oqibat aloqalari to'g'risidagi bilimlar.
16.	Noaniq bilimlar	Noto'liq, ba'zan qarama-qarshi xususiyatiga ega bilimlar.
17.	Protsedurali bilimlar	"Masala qanday echiladi" savoliga javob beradigan bilimlar.
18.	Induksiya	Xususiylilikdan umumiylikni hosil qilish.
19.	Interpretatsiya	Faktlarga aniq va ma'noli mazmundagi bilimlarni qo'shib yozish, sharxlash, tushuntirish.

20.	Chin	Noqarama-qarshi aksiomalar tizimlaridan olingan barcha qat'iy va aniq isbotlanuvchi tasdiqlar xossasi.
21.	COGANN	Genetik algoritmlar va neyron tarmoqlari kombinatsiyasi
22.	Predikatlar hisobi	Argumentlar-o'zgaruvchilar yordamida mantiqiy formulalarning (predikatlarning) xulosalash qoidalar tizimi.
23.	Kvantor	Bir mantiqiy formulani boshqa ko'rinishga o'tkazishni amalga oshiruvchi mantiqiy operator. Kvantorlar umumiylik kvantori $\forall x$ ("barcha x uchun") va mavjudlik kvantoriga $\exists x$ ("shunday x mavjudki, uning uchun") bo'linadi.
24.	Konyunksiya	Barcha argumentlari chin bo'lsa, qiymati chin bo'luvchi, "&" yoki " $\wedge$ " belgilanuvchi mantiqiy amal.
25.	LISP	Sun'iy intellekt sohasida simvolli hisoblashlarni amalga oshirishga mo'ljallangan dasturlash tili.
26.	Mantiq	Fikrlashning qonunlari va normalari, isbotlashning uslublari haqidagi fan.
27.	Ehtimolli mantiq	Chin qiymatlar ehtimolliklar bilan izohlanadigan mantiq.
28.	Noklassik mantiq	Ikkita chinlik qiymatdan ("yolg'on", "chin") ko'p yoki an'anaviy mantiqdan aksiomalar tizimi va xulosalash qoidalari bilan farqlanadigan mantiq.
29.	Noravshan mantiq	Formulalarning chinlik darajasini xarakterlovchi son $0 \leq \mu \leq 1$ (norashanlik o'lchovi) bilan ifodalanadigan mantiq.
30.	Predikatlar mantiqi	Formulalari predikatlardan iborat mantiq.
31.	Formal mantiq	Fikrlash shakllarini o'rganadigan matematik mantiq bo'limi.
32.	FlexTool	Genetik algoritmdan foydalanib masala echimini toppish dasturi
33.	Metabilimlar	Bilimlar haqidagi bilimlar.
34.	Metaqoidalar	Qoidalarni qanday qo'llash haqidagi qoidalar.
35.	Nobog'lan-ganlik	Shunday aksiomalar (formulalar) tizimi hossasi bo'lib, bunda boshqa aksiomalardan

		(formulalardan) birorta ham aksioma(formula) kelib chiqmaydi.
36.	Noaniqlik	Faktning ishonchliligiga qoyilgan cheklov.
37.	Noto'liqlik	Nazariyalar doirasida nazariyaning har qanday formulasini isbot qilish mumkin emasligini bildiradi.
38.	Tajriba	Amaliyotga asoslanib haqiqiylikni tanib olishga.
39.	To'liqlik	T nazariyaning to'liqligi shuni anglatadiki, bunda ushbu nazariyaning ixtiyoriy f formulasini o'zi chin bo'ladi yoki unga teskari bo'lgan $\bar{f}$ formula chin bo'ladi.
40.	Xulosalash qoidasi	Nazariyaning bir formulasini boshqa formulalardan olish qoidasi.
41.	Asos	"Obyekt-qiymat" juftlik bilan ifodalangan bilimlar bazasi fakti.
42.	Semantikli	Simvolli ifodaning shakli emas, balki ma'nosi, qiymati yoki muhimligiga taaluqli.
43.	Sintaktikli	Simvolli ifodaning ma'nosi yoki qiymati emas, balki shakli yoki tuzilmasiga taaluqli.
44.	Tizim	Obyektlar majmuasi, bir butun sifatida qaralgan obyektlar ustida amallar va ular o'rtasidagi aloqalar.
45.	Xulosa (oqibat)	Boshqa formulalardan xulosalash qoidalari yordamida hosil qilingan formula.
46.	Strategiya	Vaziyatlardan kelib chiqib har bir harakatni belgilovchi variantlarni tanlashni aniqlovchi qoidalar majmuasi.
47.	Evristikli qoida (evristika)	Qandaydir masalani bajarish uchun noto'liq usul.
48.	Ekspertli tizim	Inson bilimlarni egallashga va tajriba orttirishga bir necha yillar sarflaydigan sohalarida yuqori darajadagi ishlarni amalga oshiruvchi mashinali tizim.
49.	Qoida	Bu bilimlar vazifasining IF <Shart>, THEN <harakat> ko'rinishidagi rasmiy usuli.
50.	Evristik	Predmetli sohada yechimlarni qidirishni soddalashtiradigan yoki chegaralaydigan qoidalar.

51.	Sun'iy intellekt	Tabiatdagi jarayon va hodisalarni o'rganish(tadqiqot qilish)da insondagi ayrim intellektual qobiliyatlarni texnik jihatdan mujassamlashtirgan umumiy tushuncha.
52.	Rezolyutsiyalar usuli	Predikatlar mantiqidagi teoremlarni isbotlashga asoslangan va isbotlashning mukammal usuli hisoblangan.
53.	Sun'iy intellektli tizim	Fe'l-atvori maqsadga yo'naltirilgan qobiliyatni o'zida aks ettiruvchi ixtiyoriy biologik, sun'iy yoki formal tizimlar.
54.	Bionika	SI sohasidagi tadqiqotlarning bazaviy yo'nalishlaridan biri bo'lib, o'z tarkibida inson ongi uchun xarakterli va inson tomonidan yechiladigan masalalar asosida yotuvchi strukturalar va jarayonlarni sun'iy qaytadan tiklash muammolari bilan shug'ullanadi.
55.	Intellekt	1. Lotincha «intellektuz» so'zidan kelib chiqqan bo'lib, u bilish (aniqlash), tushunish yoki fahmlash (aql) ma'nosini beradi. 2. Fikrlash qobiliyati, ratsional bilish va shunga o'xshash. Umumiy holda esa fikrlash, shaxsni aqliy rivojlanishi sinonimi bo'lib xizmat qiladi. 3. Turmushdagi dalillar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni tushunish qobiliyati. Bu qobiliyat belgilangan maqsadga erishishga olib boruvchi harakatlarni ishlab chiqish uchun kerak bo'ladi.
56.	Bashoratlash	Oldindan aytish. Bashoratlash berilgan vaziyatlardan ehtimolli oqibatlarini hulosalash. Ob-havo ma'lumotlari, yo'l-transpor hodisasi, hosildorlik, harbiy holat va h.k.larni oldindan aytish.
57.	Tashxis	Kuzatishlar natijasida tizimdagi buzilishlar haqidagi xulosalar.

MUNDARIJA

So'z boshi	3
Kirish.....	8
1-bob. SUN'IY INTELEKTGA KIRISH VA INTELEKTUAL AGENTLAR	12
1-§. Asosiy tushuncha va ta'riflar	12
2-§. Sun'iy intellektning paydo bo'lishi va rivojlanish bosqichlari.....	13
3-§. Zamonaviy intellektual tizimlar va ularning asosiy yo'nalishlari.....	17
3.1. Neyron tarmoqlar yo'nalishi.....	17
3.2. Axborotli yo'nalishi.....	18
3.3. Sun'iy intellekt tizimlarini sinflash.....	23
4-§. Sun'iy intellektni turli sohalarga tadbiqui	24
5-§. O'zbekistonda intellektual tizimlarning rivojlanishi.....	26
6-§. Sun'iy intellektning asosiy tarkibiy qismlari va arxitekturası	27
8-§. Sun'iy intellektning asosiy xususiyatlari.....	29
8.1. Intellektual agentlar.....	29
8.2. Asosiy tushunchalar va ta'riflar	
Intellektual agentlarning xususiyatlari, arxitekturası va	31
8.3. klassifikatsiyasi	
Agentning samaradorlik ko'rsatkichlari, ratsionalligi va	33
8.4. muammoli muhit	38
8.5. Sun'iy intellektidagi intellektual agentlarning turlari	42
8.6. Informatika sohasida intellektual agentlar	44
8.7. Ko'pagentli tizimlar	48
Intellektual agentlarga misollar	47
Nazorat savollari	47
Nazorat testlari	49
Masala va topshiriqlar	
2-bob. SUN'IY INTELEKT TAQDIMOT VA QIDIRUV SIFATIDA	53
1-§. Axborotli qidiruv va holatlar fazosini tadqiq qilish	53
2-§. Holatlar fazosida qidiruv strategiyalari va usullari	55
3-§. Ojiz algoritmlar	56
3.1. Deykstr algoritmi	57
3.2. Chuqurligi bo'yicha qidiruv	60

3.3. Kengligi bo'yicha qidiruv	61
4-§. Qarshi ta'sirlanish sharoitida qidiruv	61
5-§. Lokal qidiruv algoritmlari va optimallashtirish masalalari .	64
6-§. Cho'qqiga chiqish bilan qidiruv	65
7-§. Otjig emulyatsiyali qidiruv	67
8-§. Evristikli qidiruv.....	68
8.1. A* qidiruv algoritmi.....	70
Nazorat savollari.....	70
Nazorat testlari.....	71
Masala va topshiriqlar.....	72
3-bob. SUN'IY INTELLEKTD A BILIMLARNI TAQDIM	
ETISH	74
1-§. Sun'iy intellekt rakursida tasavvur va idrok	74
1.1. Tasavvur	75
1.2. Idrok	76
2-§. Bilim va mulohaza	76
2.1. Bilim	78
2.1.1. Bilimlarning xususiyatlari	79
2.1.2. Bilimlarning tiplari va bilimlarni sinflash	81
2.2. Mulohaza	82
3-§. Mantiqiy agentlar	83
4-§. Predikatlar mantiqi	85
4.1. Birinchi tartibli predikatlar mantiqi	87
4.2. Sun'iy intellektda mantiqiy xulosalashlar	90
Nazorat savollari.....	94
Nazorat testlari.....	94
Masala va topshiriqlar.....	95
4-bob. EKSPERT TIZIMLAR.....	98
1-§. Ekspert tizimlarning xususiyatlari, muhimligi va afzalliklari	98
2-§. Bilimlarni taqdim etish: tamoyil va usullari	100
2.1. Bilimlarni taqdim etishning tarmoqli modellari	100
2.2. Bilimlarni taqdim etishning mahsuliy modellari	103
2.3. Bilimlarni taqdi etishning freymli modellari	106
3-§. Ekspert tizimlarning tarkibi.....	109
4-§. Ekspert tizimni yaratishning bosqichlari.....	110
5-§. Qoidalarga asoslangan ekspert tizimlar	111
6-§. Modellar asosida, tajriba negizida mulohaza qilish va gibril tizimlar	115

7-§. Adaptiv rejalashtirish	120
8-§. Ekspert tizimlarga misollar.....	125
Nazorat savollari.....	127
Nazorat testlari.....	127
Masala va topshiriqlar.....	128
5-bob. MA'LUMOTLAR VA BILIMLAR NOANIQLIGINI TAQDIM ETISH	130
1-§. Noaniqliklar manbalari va turlari	130
2-§. Ekspert tizimlar va ehtimollar nazariyasi	132
3-§. Noaniqliklarni taqdim etish uchun shartli ehtimollik	133
4-§. Bayes qoidasi va undan foydalanish	135
5-§. Bayesli mulohaza	140
Nazorat savollari.....	145
Nazorat testlari.....	146
Masala va topshiriqlar.....	147
6-bob. NORAVSHAN MANTIQ VA UNING EKSPERT TIZIMLARGA QO'LLANILISHI	149
1-§. Noravshan bilimlar va ular ustida amallar.....	149
1.1. Noravshan bilimlar.....	149
1.2. Imkoniyatlar nazariyasi	149
1.3. Noravshan to'plamlar.....	152
1.4. Noravshan mantiq amallari.....	156
1.5. Noravshan to'plamlar ustida oddiy amallar.....	158
1.6. Noravshan munosabatlar.....	162
2-§. Noravshan mantiqiy xulosa chiqarish qoidalari.....	165
3-§. Lingvistik o'zgaruvchilar.....	168
4-§. Ekspert tizimlarda noravshan mantiqning qo'llanilishi ...	169
4.1. Noravshan to'plamlarning ekspert tizimlarni qurish nazariyasi bilan bog'liqligi	169
4.2. Ekspert tizimlarda ishonchlilik koeffitsientlari va dalillarni chamalash	171
4.3. Gipotezalarning o'xshashlik munosabati	177
4.4. Ekspert tizimlarida xulosalarning noravshan qoidalari	180
Nazorat savollari.....	182
Nazorat testlari.....	182
Masala va topshiriqlar.....	184
7-bob. NEYRON TARMOQLAR	189
1-§. Neyron tarmoqlarning asosiy tushunchalari va elementlari	189
2-§. Neyron tarmoqlar arxitekturası	194

3-§. Neyron tarmoqlarni obyektlarni tanib olishga o'rgatishning.....	195
4-§. umumiy sxemasi va uslubiy jihatlari.....	197
5-§. Neyron tarmoqlar yordamida yechiladigan asosiy	200
6-§. masalalar	202
6.1. Neyron tarmoqlarni o'rgatish usullari.....	202
6.2. Neyron tarmoqlar tavsifi.....	205
6.3. Neyron tarmoqlarning turlari.....	205
6.4. Mak-Kallok-Pitts neyron tarmog'ining formal modeli.....	207
6.4.1. Rozenblatt perseptroni.....	208
6.4.2. Assotsiativ xotirali neyron tarmoqlar.....	211
6.4.3. Xopfild neyron tarmoqlari.....	213
6.5. Xemming neyron tarmoqlari	215
6.5.1. Ikki yo'nalishli assotsiativli xotira	215
6.5.2. O'qituvchisiz o'rgatuvchi neyron tarmoqlar.....	216
7-§. Xebba tarmog'i bo'yicha o'rgatishning signalli usuli.....	218
Koxonen neyron tarmoqlari.....	219
Neyron tarmoqlarning yutuqlari va kamchiliklari.....	220
Nazorat savollari.....	221
Nazorat testlari.....	
Masala va topshiriqlar.....	
8-bob. VIZUAL AXBOROTNI QAYTA ISHLASH TIZIMLARINING QO'LLANILISH SOHALARI, VAZIFALARI VA TASNIFLANISHI	223
1-§. Tasvir ko'rinishda berilgan obyektlarni tanib olish	223
2-§. masalasi	
Strukturali belgilar bilan berilgan obyektlarni tahlil qilish	228
3-§. va tanib olish	231
4-§. Qo'lyozma raqamlarni tanib olish	
Shaxs imzolarini o'xshashlik koeffitsiyentlari asosida	232
5-§. tanib olish	
Rastrli tasvirlar va videotasvirlarga ishlov berish va	234
tadqiqot o'tkazish dasturiy vositalari	239
Nazorat savollari.....	239
Nazorat testlari.....	241
Masala va topshiriqlar	
9-bob. GENETIK ALGORITMLAR VA ULARNING MODIFIKATSIYALARI	243
1-§. Genetik algoritim va uning asosiy tushunchalari	243

2-§. Genetik algoritmlarda kodlash	247
3-§. Klassik genetik algoritmi va uning asosiy bosqichlari	250
4-§. Klassik genetik algoritmining bajarilishini tasvirlash	254
5-§. Genetik algoritmlar va an'anaviy optimallashtirish usullari	258
6-§. Genetik algoritmlar haqidagi asosiy teorema	262
7-§. Klassik genetik algoritmining modifikatsiyalari	273
7.1. Genetik operatorlarning turlari	273
7.2. Moslanuvchanlik funksiyasini masshtablash	278
7.3. Ko'p mezonli optimallashtirish uchun genetik algoritmlar	279
7.4. Genetik mikroalgoritmlar	280
7.5. Evolyutsiyali algoritmlar va ularning ilovalari	281
Nazorat savollari.....	286
Nazorat testlari.....	286
Masala va topshiriqlar	287
10-bob. GIBRID INTELLEKTUAL TIZIMLAR	290
1-§. Gibrid intellektual tizimlar tahlili	290
2-§. Neyro-noravshan tizimlar	294
3-§. Neyron tarmoqlarda evolyutsiyali algoritmlar	301
4-§. Genetik algoritmlarni qo'llab-quvvatlash uchun neyron tarmoqlar	302
5-§. Neyron tarmoqlarini o'rgatish uchun genetik algoritmdan foydalanish	303
6-§. Adaptiv o'zaro ta'sirlanuvchi tizimlar	304
7-§. Evolyutsiyaning odatiy sikli	305
Nazorat savollari	312
Nazorat testlari	313
11-bob. SUN'IY INTELLEKTNI RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI VA YO'NALISHLARI	315
1-§. Sun'iy intellektning resurslar bilan bog'liq muammolari.....	315
2-§. Istiqbolli yo'nalishlar va texnologiyalar.....	315
3-§. Asosiy xulosalar.....	321
Nazorat savollari.....	323
Xotima.....	325
Foydalanilgan adabiyotlar	328
Qisqartma so'zlar.....	332
Atamalar va tushunchalar izohi.....	336

SUN'IY INTELLEKT VA NEYRON TARMOQLARI

Nashr uchun mas'ul: B. Mavlonov

Muharrir: U. Yunusov

Badiiy muharrir: F. Sobirov

Dizayner-sahifalovchi: L. Abdullayev

Nashriyot ro'yxat raqami № 1043191. 24.09.2021-y.

Bichimi 60x84 1/16 Offset qog'ozi.

Times New Roman garnituras.

Shartli bosma tabog'i 21,5. Nashr hisob tabog'i 15,7.

Adadi 100 nusxada. Buyurtma № 11-12.



1940

**100000, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek tumani,
M.Ismoilov ko'chasi 1-G uy.**

**«ZUXRA BARAKA BIZNES» MChJ bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri Bunyodkor shoh ko'chasi 27 A-uy.**