



ODILJON JAKBAROV

Jakbarov Odiljon Otamirzayevich
Texnika fanlari nomzodi, dotsent

Jakbarov Odiljon Otamirzayevich Namangan muhandislik-qurilish institutining Yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha 1-prorektori, texnika fanlari nomzodi, dotsent. Matematik modellash, Dasturlash, Big Data hamda Web dasturlash bo'yicha mutaxassis. O.O.Jakbarov 80 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlar muallifi, dasturiy mahsulotlar yaratish bo'yicha 10 dan ortiq guvohnomalari mavjud, 1 ta monografiya, yakka mualliflikda 2 ta darslik va 6 ta o'quv qo'llanmalar muallifidir. Kasb ta'limi (Informatika va AT) mutaxassislik bo'yicha magistrlik dissertatsiyalariga rahbarlik qilgan.

INTELLEKTUAL
AXBOROT TIZIMLARI

ISBN 978-9910-6623-4-8



9 789910 662348

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM
VAZIRLIGI

Odiljon Jakbarov

INTELLEKTUAL AXBOROT
TIZIMLARI

60610200-Axborot tizimlari va texnologiyalari ta‘lim yo‘nalishi
talabalari uchun

Namangan 2024 yil

UO‘K: 519.6

KBK: 30.2-5-05

J – 22

Odiljon Jakbarov / Intellektual axborot tizimlari / 60610200-Axborot tizimlari va texnologiyalari ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun / O‘quv qo‘llanma / Namangan: “Mashrab” nashriyoti / 148-bet.

Ushbu qo‘llanma bakalavriatning Axborot tizimlari va texnologiyalari yo‘nalishlari talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, unda sun'iy intellekt usullari va ularni turli mavzulardagi muammolarni hal qilishda qo'llash ko'rib chiqiladi. Shuningdek, intellektual tizimlarda bilimlarni olish, ifodalash va qayta ishlash usullari, shuningdek, intellektual tizimlarni loyihalash va amalga oshirish texnologiyalari tavsiflangan.

Qo‘llanmadan magistrantlar va ilmiy tadqiqotchilar ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar:

I.X.Normatov – O‘zMU, AMIT fakulteti Axborot xavfsizligi kafedrası professori, f-m.f.d.

D.To‘xtanazarov – O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi dotsenti, PhD.

S.Komilov – NamMQI, Axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrası mudiri, PhD

ISBN 978-9910-6623-4-8

© **Odiljon Jakbarov**

© **“Mashrab” nashriyoti, 2024 y.**

SO'Z BOSHI

Ushbu kitob intellektual boshqarish nazariyasiga bag'ishlangan, ya'ni. sun'iy intellekt usullaridan foydalanish asosida axborotni qayta ishlash uchun mo'ljallangan tizimlarni tashkil etish, loyihalash, ishlab chiqish va qo'llash masalalari qaraladi.

1-bobda sun'iy intellekt ilovalari, intellektual axborot tizimlarining umumiy xarakteristikalari, shuningdek, kitobda qo'llaniladigan asosiy tushunchalar va ta'riflar haqida qisqacha ma'lumot berilgan.

Ma'lumki, inson o'z bilimining faqat kichik bir qismini og'zaki yoki rasmiy ravishda aniq shakllantirishi mumkin. Intellektual tizimlarning muvaffaqiyatli ishlashi uchun zarur bo'lgan mutaxassislarning intuitiv bilimlarining keng doirasi ularni olish va taqdim etish vositalarining yetishmasligi tufayli mavjud bo'lib qolmoqda. Inson bilimining tushunib bo'lmaydigan tabiati va uning doimiy rivojlanishi sun'iy intellekt sohasidagi "yuqoridan pastga tushirish usuli" tarafdorlariga qo'lda saqlab qolishga to'sqinlik qildi. "Yuqoridan pastga usuli" deduktiv yondashuvga mos keladi, uning doirasida sun'iy intellektni shakllantirish bosqichida bilimlarni mantiqiy qayta ishlash asosida murakkab muammolarni hal qilishga qodir bo'lgan dasturlar ishlab chiqilgan. Bunday dasturlarga mashhur "Mantiq-teorist" va GPS - universal muammolarni hal qiluvchilar misol bo'ladi. Ularni ishlab chiqishda mashhur olimlar A.Nyuell, A.Tyuring, K.Shennon, G.Simon, J.Shou va boshqalar qatnashdilar.

O'z-o'zini tashkil etuvchi tizimlar va "O'z-o'zini o'rganish mashinalari"ni yaratishga bag'ishlangan J.McCulloch, W.Pitts, F.Rosenblatt va boshqalarning ishlarida "pastdan yuqoriga" usuli ishlab chiqilgan. Bu olimlar N.Wienerning fikr-mulohazalariga tayanadilar, buning natijasida barcha tirik mavjudotlar atrof-muhitga moslashadi va o'z maqsadlariga erishadilar. Neyron tarmoqlarni rivojlantirish bilan bog'liq yo'nalish paydo bo'ldi, u oyoqqa turishga ulgurmay, qarama-qarshi raqiblar (M. Minsky va S. Papert) tomonidan bir muncha vaqt qattiq tanqidga uchrab, bir qancha vaqt umidsiz deb hisoblangan. Biroq, kompyuter texnikasining jadal rivojlanishi va deduktiv xulosalar bilan

ekspert tizimlarining imkoniyatlariga bo'lgan umidlarning oqlanmaganligi 1980-yillarda neyron tarmoqlari texnologiyalarining qayta tug'ilishiga sabab bo'ldi. Bugungi kunda neyron tarmoq modellari faol ravishda ishlab chiqilmoqda va ma'lumotlar omborlaridan bilimlarni prognozlash, tanib olish va olish muammolarini hal qilish uchun foydalanilmoqda. Qo'llanmaning 2-bobi ushbu masalalarga bag'ishlangan.

3-bobda evolyutsion analogiyalarga asoslangan axborotni qayta ishlash usullari tavsifi berilgan. Ramziy ma'lumotlarning mavjudligi va uni aqlli tizimlarda qayta ishlash uchun deterministik algoritmlarning yo'qligi yuqori o'lchamli kosmosda qidiruv muammolarini, shuningdek, genetik algoritmlar, evolyutsion dasturlash usullari va evolyutsion strategiyalarni hal qilish uchun muvaffaqiyatli bo'lgan kombinatorial muammolarni keltirib chiqardi. Shu bilan birga, murakkab va noto'g'ri aniqlangan muammolarni hal qilish uchun noaniq bilimlarni taqdim etish usullarini, aniq belgilangan algoritm mavjud bo'lmaganda natijalarni olish uchun neyron tarmoq modellarini va optimallashtirishning genetik usullarini birlashtirgan kombinatsiyalangan yondashuvlar tobora ko'proq qo'llanilmoqda.

4-bobda kompyuter muhitida intellektual vazifalarni avtonom bajarishga yo'naltirilgan ko'p agentli tizimlarni loyihalash va qo'llash muhokama qilinadi. Bu sun'iy intellektning eng yangi yo'nalishlaridan biri bo'lib, Internetning keng qo'llanilishi tufayli katta istiqbolga ega hamda iqtisod va biznes sohasidagi mutaxassislar uchun alohida qiziqish uyg'otadi, chunki u virtual korxonalar yaratish uchun asosdir.

1-BOB. SUN'IY INTELLEKT – YANGI AXBOROT TEXNOLOGIYALARINING ASOSI

Sun'iy intellekt (SI) fan sifatida taxminan yarim asrdan beri mavjud. Birinchi intellektual tizim teoremlarni isbotlash va takliflarni hisoblash uchun mo'ljallangan "Mantiqchi-nazariy" dasturi hisoblanadi. Uning ishi ilk bor 1956-yil 9-avgustda namoyish etilgan. Dasturni yaratishda A.Nyuell, A.Tyuring, K.Shennon, J.Lou, G.Simon va boshqalar kabi mashhur olimlar ishtirok etgan. O'shandan beri sohada SIning juda ko'p turli xil kompyuter tizimlari ishlab chiqilgan bo'lib, ular odatda intellekt deb ataladi. Ularning qo'llanish sohalari axborotni qayta ishlash bilan bog'liq inson faoliyatining deyarli barcha sohalarini qamrab oladi.

Bugungi kunga qadar ushbu ilmiy sohani aniq tavsiflovchi yagona ta'rif yo'q. Akademik G.S.Pospelov o'zining "Sun'iy intellekt - yangi axborot texnologiyalarining asosi" [7] kitobida shunday deb yozgan edi: "Sun'iy intellekt" deganda biz aqlli odam qila oladigan narsani mashinani qanday qilishi kerakligi haqidagi fanni tushunamiz. Sun'iy intellektni rivojlantirish sohasidagi ko'plab nuqtai nazarlar orasida quyidagi uchta ustunlik mavjud. Birinchisiga ko'ra, sun'iy intellekt sohasidagi tadqiqotlar fundamentaldir, bu jarayonda an'anaviy ravishda intellektual deb hisoblangan va avval rasmiylashtirish hamda avtomatlashtirish uchun mos bo'lmagan muammolarni hal qilish uchun yangi modellar va usullar ishlab chiqiladi. Ikkinchi nuqtai nazarga ko'ra, bu yo'nalish kompyuterda muammolarni echishning yangi g'oyalari, yangi dasturlash texnologiyalarini ishlab chiqish va fon Neyman arxitekturasining kompyuterlariga o'tish bilan bog'liq. Uchinchi nuqtai nazar, eng pragmatik, SI sohasida olib borilgan tadqiqotlar natijasida ilgari yaratilgan tizimlar mos bo'lmagan muammolarni hal qilishga qodir bo'lgan ko'plab tizimlar paydo bo'lishiga asoslanadi. So'nggi talqinga ko'ra, SI - bu eksperimental ilmiy intizom bo'lib, unda eksperimentning roli apparat va dasturiy ta'minot axborot komplekslari bo'lgan intellektual tizimlarni sinash va takomillashtirishdan iborat.

1-§. Intellektual axborot tizimlari sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari.



Tayanch soʻz va atamalar

intellektual, interfeys, vizual, SI tizimlari, aqlli robotlar, kompyuter arxitekturas, bilimga asoslangan tizim.

Intellektual axborot tizimlari hayotimizning barcha sohalariga kirib boradi, shuning uchun SI sohasida faol va ko'plab tadqiqotlar olib borilayotgan sohalarni qat'iy tasniflash qiyin. Keling, ulardan ba'zilarini qisqacha ko'rib chiqaylik.

Intellektual axborot tizimlari yoki bilimga asoslangan tizimlarni ishlab chiqish. Bu SIning asosiy yo'nalishlaridan biridir. Bunday tizimlarni qurishdan asosiy maqsad amaliyotda yuzaga keladigan murakkab muammolarni hal qilish uchun yuqori malakali mutaxassislarning bilimlarini aniqlash, o'rganish va qo'llashdir. Bilimga asoslangan tizimlarni (BAT) qurishda mutaxassislar tomonidan muayyan muammolarni hal qilish uchun maxsus qoidalar shaklida to'plangan bilimlardan foydalaniladi. Ushbu yo'nalish insonning tuzilmagan va yarim tizimli muammolarni tahlil qilish san'atiga taqlid qilishga qaratilgan [9]. Ushbu tadqiqot sohasida bilimlarni ifodalash, olish va tizimlashtirish modellari ishlab chiqilmoqda va BAT yadrosini tashkil etuvchi bilim bazalarini (BB) yaratish muammolari o'rganilmoqda. BATning alohida holati ekspert tizimlari (ES) hisoblanadi.

Tabiiy til interfeyslarini va mashina tarjimasini ishlab chiqish. Hisoblash tilshunosligi va mashina tarjimasini muammolari 1950-yillardan boshlab SI da ishlab chiqilgan. Mashina tarjimasini tizimlari bir tabiiy tildan ikkinchisiga tezkorlik va tizimli kirishni, katta oqimlarni, odatda ilmiy va texnik matnlarni tarjima qilishning samaradorligi va bir xilligini ta'minlaydi [6]. Mashina tarjimasini tizimlari intellektual tizimlar sifatida qurilgan, chunki ular ma'lum bir mavzu sohasidagi bilimlar bazasiga va "asl manbaning tili - til ma'nosi - maqsadli til" qo'shimcha tarjimasini ta'minlaydigan murakkab modellarga asoslangan. Ular tarkibiy-mantiqiy

yondashuvga, jumladan, tabiiy tildagi xabarlarini ketma-ket tahlil qilish va sintez qilishga asoslangan. Bundan tashqari, ular maxsus ma'lumotlar bazalarida (MB) o'xshash matn qismlari va ularning tarjimalari uchun assotsiativ qidiruvni amalga oshiradilar. Ushbu yo'nalish, shuningdek, inson va kompyuter o'rtasidagi aloqa jarayonini tabiiy tilda (NL aloqa tizimlari deb ataladigan) amalga oshirishni ta'minlaydigan usullarni tadqiq qilish va tizimlarni ishlab chiqishni o'z ichiga oladi [6].

Nutqni yaratish va tanib olish. Nutq aloqa tizimlari kompyuterga ma'lumot kiritish tezligini oshirish, ko'rish va yengillashtirish, shuningdek, sezilarli masofada nutq aloqasini amalga oshirish uchun yaratilgan. Bunday tizimlarda matn fonemik matn (eshitilgandek) sifatida tushuniladi.

Vizual ma'lumotlarni qayta ishlash. Ushbu ilmiy yo'nalishda tasvirni qayta ishlash, tahlil qilish va sintez qilish muammolari hal etiladi [6]. Tasvirni qayta ishlash vazifasi grafik tasvirlarni o'zgartirish bilan bog'liq bo'lib, uning natijasi yangi tasvirlardir. Tahlil vazifasida asl tasvirlar matn tavsiflari kabi boshqa turdagi ma'lumotlarga aylantiriladi. Tasvirlarni sintez qilishda tizim tasvirni qurish algoritmini oladi va chiqish ma'lumotlari grafik ob'ektlardir (mashina grafik tizimlari).

Trening va o'z-o'zini o'rganish. Sining ushbu joriy sohasi ma'lumotlarni tahlil qilish va umumlashtirish protseduralaridan foydalangan holda bilimlarni avtomatik to'plash va yaratishga qaratilgan modellar, usullar va algoritmlarni o'z ichiga oladi [4, 13]. Ushbu sohaga yaqinda paydo bo'lgan ma'lumotlarni qidirish tizimlari va kompyuter ma'lumotlar bazalarida qidirish tizimlari (Knowledge Discovery) kiradi.

Shaklni aniqlash. Bu sun'iy intellektning eng qadimgi sohalaridan biri bo'lib, unda ob'ektlarni sinflarga ajratishni ta'minlaydigan maxsus matematik apparatdan foydalanish asosida ob'ektni aniqlash amalga oshiriladi [7] va sinflar ma'lum xususiyatlar qiymatlari to'plami bilan tavsiflanadi.

O'yinlar va mashina ijodkorligi. Mashina ijodi kompyuter musiqasi [5], she'riyat [6] kompozitsiyasini va yangi ob'ektlarni ixtiro qilish uchun aqlli tizimlarni qamrab oladi [2, 14]. Intellektual kompyuter o'yinlarini yaratish dasturiy ta'minotini ishlab chiqish sohasidagi eng rivojlangan

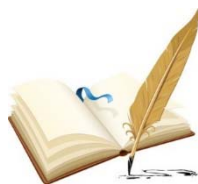
tijorat yo'nalishlaridan biridir. Bundan tashqari, kompyuter o'yinlari o'rganish uchun ishlatiladigan turli xil vositalarning kuchli zahirasini ta'minlaydi.

SI tizimlari dasturiy ta'minot. Intellektual tizimlarni ishlab chiqish vositalariga ramziy ma'lumotlarni qayta ishlashga yo'naltirilgan maxsus dasturlash tillari (LISP, SMALLTALK, REFAL), mantiqiy dasturlash tillari (PROLOG), bilimlarni ifodalash tillari (OPS5, KRL, FRL), o'rnatilgan dasturiy ta'minotlar kiradi. SI tizimlarini yaratish uchun vositalar o'z ichiga olgan muhitlar (KE, ARTS, GURU, G2), shuningdek, dasturlashdan foydalanmasdan amaliy ES yaratish imkonini beruvchi ekspert tizimlarining qobiqlari (BUILD, EMYCIN, EXSYS Professional, EXPERT) kiradi. [8, 11].

Yangi kompyuter arxitekturas. Ushbu yo'nalish fon Neyman arxitekturas bo'lmagan kompyuterlarni yaratish bilan bog'liq bo'lib, ular ramziy ma'lumotlarni qayta ishlashga qaratilgan. Parallel va vektorli EHMLarning muvaffaqiyatli sanoat yechimlari ma'lum [1, 8], ammo hozirgi vaqtda ular juda yuqori narxga ega, shuningdek, mavjud hisoblash vositalari bilan yetarli darajada mos kelmaydi.

Aqlli robotlar. Aqlli robotlarni yaratish robototexnikaning asosiy maqsadidir. Hozirgi vaqtda, asosan, birinchi avlod robotlari deb ataladigan qattiq boshqaruv sxemasiga ega dasturlanadigan manipulyatorlar qo'llaniladi. Shaxsiy rivojlanishning aniq muvaffaqiyatlariga qaramay, aqlli avtonom robotlar davri hali kelmagan. Avtonom robotlar rivojlanishining asosiy cheklovchi omillari bilimlarni talqin qilish, kompyuterda ko'rish, uch o'lchovli vizual ma'lumotlarni etarli darajada saqlash va qayta ishlash sohasidagi hal qilinmagan muammolardir.

2-§. Intellektual axborot tizimlarining asosiy turlari va ularning xususiyatlari



Tayanch soʻz va atamalar

bilimlar bazasi, moslashuvchanlik, Intellektual, dinamik, interfeys, sintaktik tahlil, semantik tahlil, morfologik tahlil, ekspert tizimlari, transformativ ekspert tizimlari.

Intellektual axborot tizimi (IAT) foydalanuvchilarning o'ziga xos ma'lumotlarga bo'lgan ehtiyojlaridan kelib chiqqan holda turli sinflardagi amaliy masalalarni hal qilish uchun, algoritmlarni yaratish uchun bilimlar bazasidan foydalanish kontseptsiyasiga asoslanadi.

IAT quyidagi xususiyatlar bilan tavsiflanadi [12]:

- rivojlangan muloqot qobiliyatlari;
- murakkab, yomon rasmiylashtirilgan muammolarni hal qilish qobiliyati;
- o'z-o'zini o'rganish qobiliyati;
- moslashuvchanlik.

Ro'yxatga olingan xususiyatlarning har biri shartli ravishda o'z IAT sinfiga mos keladi. Turli xil tizimlar turli darajadagi namoyon bo'lgan bir yoki bir nechta aql belgilariga ega bo'lishi mumkin.

Intellektual axborot vositalari axborot tizimlari tomonidan bajariladigan turli funktsiyalarni amalga oshirish uchun ishlatilishi mumkin. 1.1-rasmda IAT tasnifi ko'rsatilgan, uning xususiyatlari quyidagi intellektual funktsiyalardir:

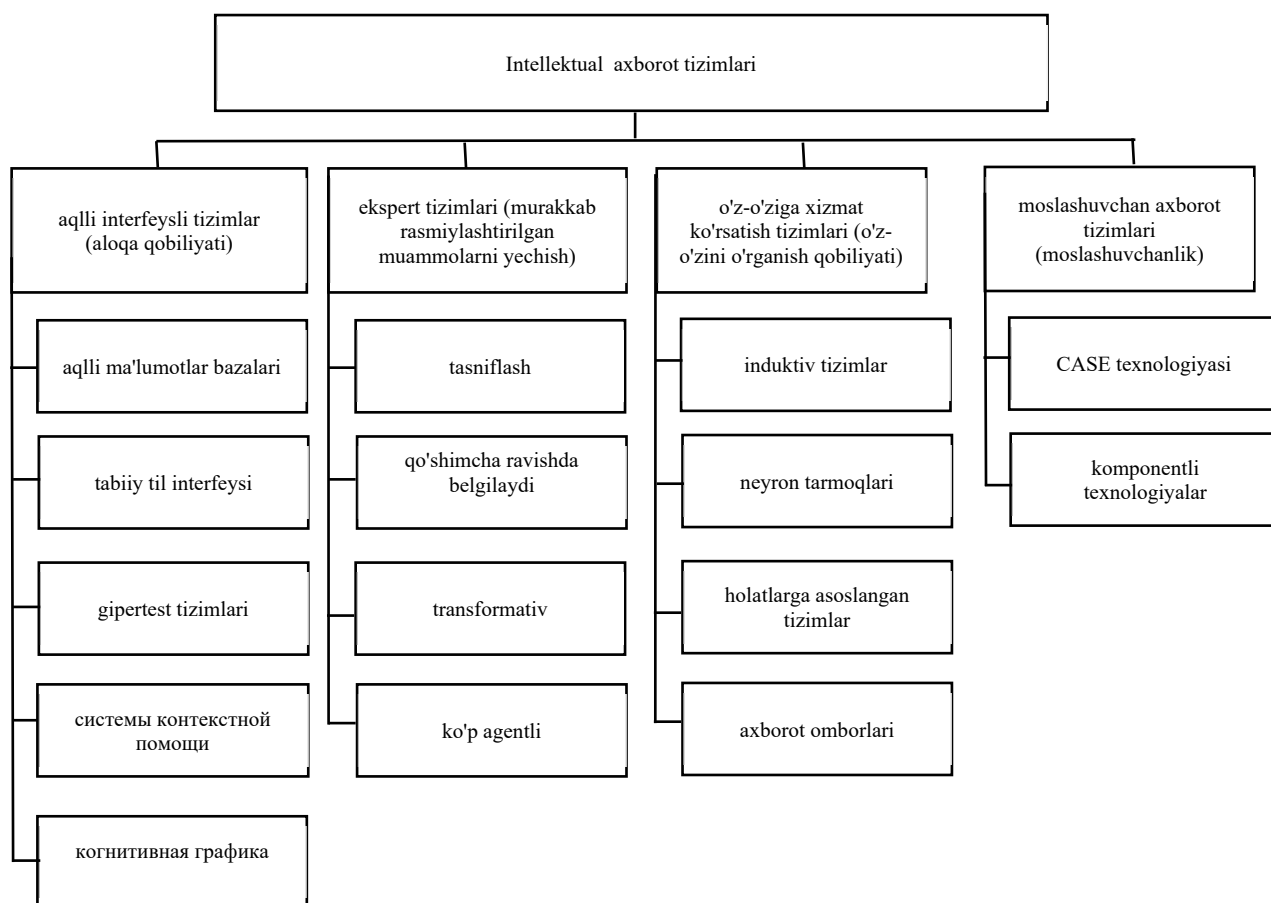
muloqot qobiliyatlari - oxirgi foydalanuvchining tizim bilan o'zaro munosabati;

boshlang'ich ma'lumotlar va bilimlarning noaniqligi va dinamikligi bilan tavsiflangan muayyan vaziyatga qarab original echim algoritmini qurishni talab qiladigan murakkab rasmiylashtirilgan muammolarni hal qilish;

o'z-o'zini o'rganish qobiliyati - tizimning to'plangan tajribadan bilimlarni avtomatik ravishda olish va muammolarni hal qilish uchun

qo'llash qobiliyati;

moslashuvchanlik - tizimning bilim sohasidagi ob'ektiv o'zgarishlarga muvofiq rivojlanish qobiliyati.



1.1-rasm. Intellektual axborot tizimlarining tasnifi

Intellektual interfeysga ega tizimlar. Axborot tizimlarining aloqa imkoniyatlarini oshirish uchun sun'iy intellektdan foydalanish intellektual interfeysga ega tizimlarning paydo bo'lishiga olib keldi, ular orasida quyidagi turlarni ajratib ko'rsatish mumkin.

1. *Intellektual ma'lumotlar bazalari.* Ular an'anaviy ma'lumotlar bazalaridan farqli o'laroq, aniq shaklda mavjud bo'lmagan, ammo saqlangan ma'lumotlar yig'indisidan olingan kerakli ma'lumotlarni tanlash imkonini beradi.

2. *Tabiiy til interfeysi.* U intellektual ma'lumotlar bazalariga kirish, hujjatli matn ma'lumotlarini kontekstli qidirish, boshqaruv tizimlarida buyruqlarni ovozli kiritish, xorijiy tillardan tarjimasini uchun

ishlatiladi. Tabiiy til interfeysini amalga oshirish uchun morfologik, sintaktik va semantik tahlil muammolarini, shuningdek, tabiiy tilda gaplarni sintez qilish muammosini hal qilishi kerak. Morfologik tahlil lug'atdagi so'zlarning to'g'ri yozilishini aniqlash va tekshirishni o'z ichiga oladi.

Sintaktik nazorat kirish xabarlarini alohida komponentlarga ajratish, bilimlarni ichki ifodalashning grammatik qoidalariga muvofiqligini tekshirish va yetishmayotgan qismlarni aniqlashni o'z ichiga oladi. Semantik tahlil sintaktik konstruktsiyalarning semantik to'g'riligini ta'minlaydi. Tahlildan farqli o'laroq, bayonotlar sintezi ma'lumotlarning raqamli tasvirini tabiiy tildagi shaklga aylantirishni o'z ichiga oladi.

3. *Gipermatn tizimlari.* Matnli ma'lumotlarga ega ma'lumotlar bazalarida kalit so'zlarni qidirishni amalga oshirish uchun foydalaniladi. Terminlarning turli semantik munosabatlarini to'liqroq aks ettirish uchun kalit so'zlarning murakkab semantik tashkillash talab qilinadi. Ushbu muammolar intellektual gipermatnli tizimlar yordamida hal qilinadi, bunda qidiruv tizimi avval kalit so'zlarning bazasi bilan, keyin esa matnning o'zi bilan ishlaydi. Shunga o'xshash qidiruv multimedia ma'lumotlari, shu jumladan matn, grafik ma'lumotlar, audio va video tasvirlarga qo'shimcha ravishda amalga oshiriladi.

4. *Kontekstli yordam tizimlari.* Ular bilimlarni tarqatish tizimlari sinfiga kiradi. Bunday tizimlar, qoida tariqasida, hujjatlarga qo'shimchalardir. Kontekstli yordam tizimlari gipermatn va intellectual axborot tizimlarining alohida holatidir. Ularda foydalanuvchi muammoni tasvirlaydi va tizim qo'shimcha dialogga asoslanib, uni aniqlaydi va vaziyatga tegishli tavsiyalarni qidiradi. An'anaviy gipermatnli tizimlarda, aksincha, kompyuter ilovalari foydalanuvchiga kerakli ma'lumotni qidirish tartibini yuklaydi.

5. *Kognitiv grafik tizimlar.* Ular simulyatsiya qilingan yoki kuzatilayotgan jarayonlar parametrlarining o'zgarishiga mos ravishda hosil bo'ladigan grafik tasvirlar orqali axborot tizimi foydalanuvchisi bilan muloqot qilishga qaratilgan. Kognitiv grafikalar o'rganilayotgan hodisani tavsiflovchi ko'plab parametrlarni vizual va ekspressiv tarzda taqdim etish imkonini beradi, foydalanuvchini ahamiyatsiz vaziyatlarni

tahlil qilishdan ozod qiladi, dasturiy ta'minotni tez o'zlashtirishga yordam beradi va ishlab chiqilgan axborot tizimlarining raqobatbardoshligini oshiradi. Kognitiv grafikadan foydalanish, ayniqsa, monitoring va operatsion boshqaruv tizimlarida, o'qitish tizimlarida, real vaqtda ishlaydigan tezkor qarorlar qabul qilish tizimlarida dolzarbdir.

Sun'iy intellektning mustaqil yo'nalishi sifatida **ekspert tizimlari** 1970-yillarning oxirida paydo bo'lgan. Ekspert tizimlari tarixi beshinchi avlod kompyuterlarini ishlab chiqish bo'yicha Yaponiya qo'mitasining xabari bilan boshlandi, u kompyuterlarning "intellektual qobiliyatlari"ni rivojlantirishga qaratilgan bo'lib, ular nafaqat ma'lumotlar bilan, balki bilimlar bilan ham mutaxassislar sifatida ishlaydi (ekspertlar) xulosalar chiqarishda qatnashadilar. Britaniya Kompyuter Jamiyati Qo'mitasining Ekspert tizimlari guruhi ekspert tizimlarini "mutaxassis tajribasining bilimga asoslangan komponentining kompyuterda timsoli, mashina aqlli maslahat berishi yoki qayta ishlanayotgan funktsiya bo'yicha qaror qabul qilishi mumkin" deb ta'riflagan. "Ekspert tizimlarining muhim xususiyatlaridan biri, bu o'z fikrlash jarayonini foydalanuvchi uchun tushunarli tarzda tushuntirish qobiliyatidir [15].

Ekspert tizimlari tadqiqot sohasi "bilim muhandisligi" deb ataladi. Bu atama E.Feygenbaum tomonidan kiritilgan va uning talqinida "mutaxassis bilimini talab qiluvchi murakkab amaliy masalalarni yechishga sun'iy intellekt sohasidagi tamoyillar va vositalarni joriy etish" degan ma'noni bildiradi. Boshqacha qilib aytganda, ekspert tizimlari norasmiy muammolarni hal qilish uchun ishlatiladi, ular quyidagi xususiyatlardan biriga (yoki bir nechtasiga) ega bo'lgan vazifalarni o'z ichiga oladi:

- topshiriqlarni raqamli shaklda taqdim etish mumkin emas;
- fan sohasi haqidagi dastlabki ma'lumotlar va bilimlar noaniq, noto'g'ri va nomuvofiqdir;
- maqsadlarni aniq belgilangan maqsad funktsiyasi yordamida ifodalash mumkin emas;
- muammoning yagona algoritmik yechimi mavjud emas;
- algoritmik yechim mavjud, lekin uni hal qilish maydonining katta o'lchami va manba cheklovlari (vaqt, xotira) tufayli ishlatib

bo'lmaydi.

Ekspert tizimlari va sun'iy intellekt tizimlarining ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlaridan asosiy farqi shundaki, ular ma'lumotlarni ifodalashning raqamli usulidan ko'ra ramziy usuldan foydalanadilar va axborotni qayta ishlash usullari sifatida mantiqiy xulosalar va yechimlarni evristik izlash qo'llaniladi.

Ekspert tizimlari turli fan sohalarini qamrab oladi, ular orasida biznes, ishlab chiqarish, tibbiyot, dizayn va boshqaruv tizimlari yetakchi hisoblanadi [4, 6, 11, 12, 15, 17].

Ko'p hollarda ekspert tizimlari mutaxassisning intellektual qobiliyatini oshiradigan vositadir.

Ekspert tizimlarini tasniflash uchun quyidagi xususiyatlar qo'llaniladi:

- yechimni shakllantirish usuli;
- vaqtinchalik belgini hisobga olish usuli;
- ishlatiladigan ma'lumotlar va bilimlar turi;
- ishlatiladigan bilim manbalari soni.

Yechimni hosil qilish usuliga ko'ra, ekspert tizimlarini tahlil qilish va sintez qilishga bo'lish mumkin. Birinchi turdagi tizimlarda bilimlarni tahlil qilish asosida ma'lum echimlar to'plamidan yechim tanlanadi, ikkinchi turdagi tizimlarda esa bilimning alohida qismlaridan yechim sintezlanadi.

Vaqtinchalik belgini hisobga olish usuliga ko'ra, ekspert tizimlari statik va dinamikga bo'linadi. Statik ekspert tizimlari hal qilish jarayonida o'zgartirib bo'lmaydigan ma'lumotlar va bilimlar bilan bog'liq muammolarni hal qilish uchun mo'ljallangan, dinamik ekspert tizimlari esa bunday o'zgarishlarga imkon beradi.

Amaldagi ma'lumotlar va bilimlarning turlariga ko'ra, deterministik va noaniq bilimlarga ega ekspert tizimlari ajratiladi. Bilim va ma'lumotlarning noaniqligi ularning to'liq emasligi, ishonchsizligi va noaniqligini anglatadi.

Ekspert tizimlari bir yoki bir nechta bilim manbalari yordamida yaratilishi mumkin.

Ro'yxatga olingan xususiyatlarga ko'ra, ekspert tizimlarining to'rtta asosiy sinfini ajratish mumkin (1.2-rasm): *tasniflash*, *qo'shimcha*

aniqlash, o'zgartirish va ko'p agentli [12].

Ekspert tizimlarini tasniflash vaziyatlarni tanib olish muammolarini hal qiladi. Bunday tizimlarda yechimlarni shakllantirishning asosiy usuli deduktiv mantiqiy xulosadir.

Oldindan aniqlangan ekspert tizimlari to'liq aniqlanmagan ma'lumotlar va bilimlar bilan bog'liq muammolarni hal qilish uchun ishlatiladi. Bunday ekspert tizimlarida bilimlarni talqin qilish va mumkin bo'lgan echimlar makonida muqobil qidiruv yo'nalishlarini tanlash vazifalari paydo bo'ladi. Noaniq bilimlarni qayta ishlash usullari sifatida Bayes ehtimollik yondashuvi, ishonch koeffitsientlari va mantiqdan foydalanish mumkin.

Transformativ ekspert tizimlari - bu muammolarni hal qilish jarayonida bilimlarni qayta-qayta o'zgartirishni o'z ichiga olgan dinamik ekspert tizimlarini sintez qilish. Ushbu toifadagi ekspert tizimlari bilimlarni qayta ishlashning turli usullaridan foydalanadi:

- gipotezalarni yaratish va tekshirish;
- taxminlar va sukutlar mantig'i (to'liq bo'lmagan ma'lumotlarga asoslanib, ma'lum bir sinf ob'ektlari haqidagi g'oyalar shakllanganda, ular keyinchalik o'zgaruvchan vaziyatlarning o'ziga xos shartlariga moslashtirilsa);
- vaziyatlarda noaniqlikni bartaraf etish uchun metabelgidan foydalanish (ko'proq umumiy naqshlar).

Ko'p agentli tizimlar bir nechta bilim manbalarining integratsiyasiga asoslangan dinamik ekspert tizimlari hisoblanadi. Ushbu manbalar muammolarni hal qilish jarayonida olingan natijalarni bir-biri bilan almashadilar. Ushbu toifadagi tizimlar quyidagi imkoniyatlarga ega:

Bilimlarning aniqligi	Tahlil	Sintez	Bir bilim manbai
	Tasniflash	Transformativ	
Bilimlarning noaniqligi	Aniqlash	Ko'p agentli	Ko'p bilim manbalari
	Statika	Dinamika	

1.2-rasm. Ekspert tizimlarining asosiy sinflari

- turli xil bilim manbalari va qarama-qarshiliklarni bartaraf etish mexanizmidan foydalanishga asoslangan muqobil fikrlashni amalga oshirish;
- mustaqil bilim manbalari bilan parallel hal qilinadigan kichik vazifalarga ajratilgan taqsimlangan muammolarni hal qilish;
- echilayotgan masala turiga qarab xulosa chiqarishning turli strategiyalarini qo'llash;
- ma'lumotlar bazalaridan katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash;
- vaziyatlarning rivojlanishini simulyatsiya qilish uchun matematik modellar va tashqi protseduralardan foydalanish.

O'z-o'zini o'rganadigan aqlli tizimlar haqiqiy amaliyotdan vaziyatlarni avtomatik tasniflash usullariga yoki misol orqali o'rganish usullariga asoslanadi. Haqiqiy vaziyatlarning misollari ma'lum bir tarixiy davr mobaynida shakllanadigan o'quv namunasi deb ataladigan namunadir. O'quv majmuasining elementlari turli tasniflash belgilari bilan tavsiflanadi.

"O'qituvchi bilan trening" strategiyasi har bir misol uchun ma'lum bir sinfiga tegishlilikni ko'rsatadigan atributlar qiymatlarini tayinlaydigan vaziyatni o'z ichiga oladi. "O'qituvchisiz" o'rganishda tizim tasniflash xususiyatlarining qiymatlarining yaqinlik darajasiga qarab vaziyatlar sinflarini mustaqil ravishda aniqlashi kerak.

O'quv jarayonida vaziyatlarning sinflarga tegishlilikini tavsiflovchi umumlashtiruvchi qoidalar yoki funktsiyalar avtomatik ravishda tuziladi, tizim keyinchalik notanish vaziyatlarni sharhlashda foydalanadi. Umumlashtiruvchi qoidalardan, o'z navbatida, bilimlar bazasi avtomatik ravishda shakllantiriladi, vaqti-vaqti bilan tahlil qilinayotgan holatlar to'g'risidagi ma'lumotlarning to'planishi bilan tartibga solinadi.

Ushbu tamoyillarga muvofiq o'z-o'zini o'qitish tizimlari quyidagi kamchiliklarga ega:

- o'quv namunasining to'liq emasligi sababli paydo bo'ladigan real muammolarga bilim bazalarining nisbatan past darajada muvofiqligi;
- olingan natijalarni tushuntirishning past darajasi;
- muammoli sohaning yuzaki tavsifi va xususiyat maydonining

o'lchamidagi cheklovlar tufayli qo'llashning tor yo'nalishi.

Induktiv tizimlar "xususiydan umumiyga" induksiya printsipli asosida umumlashtirishga imkon beradi. Umumlashtirish tartibi muhim belgilarga ko'ra tasniflashdan iborat. Tasniflash algoritmi quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi.

- berilganlar to'plamidan tasniflash xarakteristikasini tanlash.
- tanlangan atribut qiymatiga qarab to'plamini kichik to'plamlarga bo'lish.
- har bir kichik to'plam sinflardan biriga tegishli yoki yo'qligini tekshirish.
- tasniflash jarayonining tugashini tekshirish. Agar ba'zi bir to'plam bir xil kichik sinfga tegishli bo'lsa, ushbu kichik to'plamning barcha tasniflash atributining bir xil qiymatiga ega, keyin tasniflash jarayoni tugaydi.
- tasniflash xususiyatlarining qiymatlari mos kelmaydigan to'plam uchun birinchi bosqichdan boshlab tanib olish jarayoni davom etadi. Bunday holda, har bir kichik to'plam tasniflangan to'plamga aylanadi.

Neyron tarmoqlar misollarga asoslangan texnologiya ning klassik namunasidir. Neyron tarmoqlar - bu misollardan o'rganish, keyinchalik duch kelgan namunalar va vaziyatlarning xususiyatlarini "tanib olish" qobiliyatiga ega bo'lgan matematik algoritmlar guruhining umumlashtirilgan nomi. Ushbu qobiliyat tufayli neyron tarmoqlar signal va tasvirni qayta ishlash, tasvirni aniqlash, shuningdek bashorat qilish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladi [10].

Neyron tarmoq - bu nerv tizimining kibernetik modeli hisoblanib, juda ko'p sonli oddiy elementlar - neyronlar yig'indisi bo'lib, ularning ulanish topologiyasi tarmoq turiga bog'liq. Muayyan muammoni hal qilish neyron tarmog'ini yaratish uchun siz neyronlarni bir-biriga ulash usulini tanlashingiz va neyronlararo ulanish parametrlarining qiymatlarini tanlashingiz kerak.

Keysga asoslangan tizimlarda bilimlar bazasi aniq vaziyatlarning tavsiflarini o'z ichiga oladi (pretsedentlar). Yechimni izlash analogiyalar asosida amalga oshiriladi va quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- mavjud muammo haqida ma'lumot olish;
- olingan ma'lumotlarni bilimlar bazasidan pretsedent atributlari qiymatlari bilan taqqoslash;
- bilimlar bazasidan ko'rib chiqilayotgan muammoga eng yaqin bo'lgan pretsedentni tanlash;
- tanlangan pretsedentni joriy muammoga moslashtirish;
- olingan har bir yechimning to'g'riligini tekshirish;
- olingan yechim haqida batafsil ma'lumotni bilimlar bazasiga kiritish.

Pretsedentlar tez qidiruv indekslarini yaratish uchun foydalaniladigan ko'plab xususiyatlar bilan tavsiflanadi. Biroq, pretsedentlarga asoslangan tizimlarda, induktiv tizimlardan farqli o'laroq, har biri ma'lum bir ishonch koeffitsienti bilan baholanadigan alternativalar to'plamini olish uchun qidiruvga ruxsat beriladi. Eng samarali echimlar maxsus algoritmlar yordamida real vaziyatlarga moslashtiriladi.

Vaziyatga asoslangan tizimlar bilimlarni tarqatish va kontekstli yordam tizimlarida qo'llaniladi.

Axborot bazalari intellektual ma'lumotlar bazalaridan muntazam ravishda operativ ma'lumotlar bazalaridan olinadigan ma'lumotlar ombori ekanligi bilan farq qiladi. Ma'lumotlar ombori - bu boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonlarini qo'llab-quvvatlash uchun foydalaniladigan domenga xos, integratsiyalashgan, vaqt bilan bog'liq, o'zgarmas ma'lumotlar to'plamidir [3]. Domenga xos ma'lumotlar uni ishlatadigan ilovalar emas, balki ular tavsiflagan domenlarga ko'ra tasniflanadi va saqlanadi. Omborda ma'lumotlar ma'lum bir biznes funksiyasini emas, balki butun korxona talablariga javob beradigan tarzda birlashtiriladi. Ma'lumotlarning vaqtga biriktirilishi ularning "tarixiyligini", vaqt atributi har doim ma'lumotlar ombori tuzilmalarida aniq mavjudligini bildiradi. O'zgarmaslik shuni anglatadiki, ma'lumotlar faqat oxirgi versiyada mavjud bo'lgan operatsion tizimlardan farqli o'laroq, ma'lumotlar saqlashda bir marta o'zgarmaydi balki doimo o'zgaradi.

Ma'lumotlar omboridan ma'lumot olish texnologiyalari statistik tahlil va modellashtirish usullariga asoslangan bo'lib, ma'lumotlar

to'plamida yashiringan tasvir va munosabatlarni topishga qaratilgan. Ushbu modellar keyinchalik korxona yoki kompaniya faoliyatini optimallashtirish uchun ishlatilishi mumkin.

Ma'lumotlar omboridan ma'lumotlarni olish uchun matematik statistika usullaridan, neyron tarmoqlardan, qarorlar daraxtlarini qurishning induktiv usullaridan va boshqalardan foydalanishga asoslangan maxsus usullar (OLAP tahlili, Data Mining yoki Knowledge Discovery) mavjud.

OLAP (On-Line Analytical Processing) texnologiyasi foydalanuvchiga turli xil ma'lumotlar bazasi so'rovlari asosida ma'lumotlar xususiyatlari yoki ular o'rtasidagi munosabatlar haqida farazlarni shakllantirish va sinab ko'rish vositalarini taqdim etadi. Ular ma'lumot olish jarayonining boshida qo'llaniladi va tahlilchiga muhim o'zgaruvchilarga e'tibor qaratishga yordam beradi. Data Mining vositalari OLAP-dan farq qiladi, chunki ular kutilgan bog'liqliklarni tekshirishdan tashqari, ular mustaqil ravishda (foydalanuvchi ishtirokisiz) ma'lumotlarda mavjud bo'lgan gipotezalarni yaratishi va o'zaro bog'liqlik darajasini aniqlashga imkon beradigan modellarni yaratishi mumkin.

Moslashuvchan axborot tizimlariga bo'lgan ehtiyoj ular qo'llab-quvvatlaydigan muammoli sohalar doimiy ravishda rivojlanib borganda paydo bo'ladi. Shu munosabat bilan, adaptiv tizimlar bir qator aniq talablarga javob berishi kerak, xususan:

- har bir vaqtda muammoli soha haqidagi bilimlarni yetarli darajada aks ettirish;
- muammoli muhitni o'zgartirganda oson va tez qayta qurish uchun mos bo'lishi.

Axborot tizimlarining moslashuv xususiyatlari ularning arxitekturasini intellektuallashtirish orqali ta'minlanadi. Bunday tizimlarning asosini maxsus bilimlar bazasini - muammoli sohaning doimiy rivojlanib boruvchi modeli tashkil etadi. Tizim yadrosi dasturiy ta'minotni yaratish yoki qayta sozlash jarayonlarini boshqaradi.

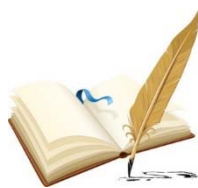
Moslashuvchan axborot tizimlarini ishlab chiqish jarayonida original yoki standart dizayn qo'llaniladi. Original dizayn belgilangan talablar asosida noldan axborot tizimini ishlab chiqishni o'z ichiga oladi.

Ushbu yondashuvni amalga oshirish kompyuter yordamida loyihalash tizimlari yoki CASE texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan (Designer 2000, Silver Run, Natural Light Storm va boshqalar).

Standart dizaynda standart ishlanmalar muammoli hududning xususiyatlariga moslashtiriladi. Ushbu yondashuvni amalga oshirish uchun axborot tizimlarini (R/3, BAANIV, Prodis va boshqalar) komponentli (yig'ish) loyihalash vositalaridan foydalaniladi.

Yondashuvlar orasidagi asosiy farq, CASE texnologiyasidan foydalanganda, muammoli maydon o'zgarganda, har safar dasturiy ta'minot ishlab chiqariladi va yig'ish texnologiyasidan foydalanganda dasturlar konfiguratsiya qilinadi va faqat kamdan-kam hollarda qayta ishlanadi.

3-§. Ekspert tizimlarini ishlab chiqish texnologiyalari



Tayanch so'z va atamalar

sun'iy intellekt, ekspert tizimlari, statik ekspert tizimlari, ma'lumotlar bazasi, ishchi xotira, komponent, aqlli tizimlar.

Intellectual dasturiy ta'minotni yaratish texnologiyasi taniqli algoritmik tillardan foydalangan holda an'anaviy dasturlarni ishlab chiqishdan sezilarli darajada farq qiladi (1.1-jadval).

Характеристика	Tizimlarda dasturlash	
	An'anaviy sun'iy intellekt dasturlash	
Qayta ishlash turi	Simvolik	Raqamli
Usul	Evristik qidiruv	Aniq algoritm
Yechim bosqichlarini belgilash	Yashirin	Aniq
Siz izlayotgan yechim	Qoniqarli	Optimal
Boshqaruv va ma'lumotlar	Aralash	Ajratilgan
Bilim	Noaniq	Aniq
O'zgartirishlar	Xususiy	Kamdan-kam

1.1. Sun'iy intellekt tizimlari va an'anaviy dasturiy ta'minot tizimlari o'rtasidagi farqlar

Ekspert tizimlarini ishlab chiqish misolida axborot-axborot tizimlarini yaratish texnologiyasining elementlarini ko'rib chiqaylik. Ushbu tanlov ekspert tizimlari inson faoliyatining ko'plab sohalarida juda keng tarqalganligi va ularni yaratish texnologiyalari tabiatan universal bo'lib, apparatni amalga oshirishni talab qilmasligi bilan bog'liq.

Ekspert tizimlari - bu muayyan fan sohalarida bo'yicha mutaxassislarning bilimlarini to'playdigan va past malakali foydalanuvchilarga maslahat berish uchun ushbu empirik tajribani takrorlaydigan murakkab dasturiy ta'minot tizimlari [4].

Birinchi ekspert tizimlari muayyan muammoni hal qilish jarayonida foydalaniladigan bilimlarning o'zgarishini hisobga olmadi. Ular statik ekspert tizimlari deb nomlangan. Oddiy statik ekspert tizimlari quyidagi asosiy komponentlarni o'z ichiga oladi:

- bilimlar bazasi;
- ma'lumotlar bazasi deb ham ataladigan ishchi xotira;
- hal qiluvchi (tarjimon);
- tushuntirishlar tizimi;
- bilimlarni egallash komponentlari;
- foydalanuvchi interfeysi.

Ekspert tizimlari ma'lumotlar bazasi ko'rib chiqilayotgan sohani tavsiflovchi uzoq muddatli ma'lumotlarni va ushbu sohadagi ma'lumotlarning tegishli transformatsiyasini tavsiflovchi qoidalarni saqlash uchun mo'ljallangan.

Ma'lumotlar bazasi (ishchi xotira) hal qilinayotgan muammoning joriy ma'lumotlarini saqlash uchun ishlatiladi.

Yechim (tarjimon) amaldagi qoidalar ketma-ketligini shakllantiradi va ularni ishchi xotiradagi ma'lumotlar va bilimlar bazasi yordamida qayta ishlaydi.

Tushuntirish tizimi muammoning yechimini qanday olganligini va bunda qanday bilimlardan foydalanilganligini ko'rsatadi. Bu tizimni sinab ko'rishni osonlashtiradi va foydalanuvchining olgan natijalariga ishonchini oshiradi.

Bilimlarni egallash komponentlari ekspert foydalanuvchi bilan muloqotda ekspert tizimlarini bilimlar bilan to'ldirish, shuningdek,

tizimga kiritilgan bilimlarni qo'shish va o'zgartirish uchun zarurdir.

Ekspert tizimlarini ishlab chiqishda turli fan sohalari mutaxassislari ishtirok etadilar, xususan:

- ekspert tizimlari tomonidan hal qilinadigan muammolarni soha mutaxassislari;
- axborot-axborot tizimlarini ishlab chiqish bo'yicha mutaxassislar bo'lgan muhandislari;
- ekspert tizimlarini amalga oshiruvchi dasturchilar.

Ekspert tizimlari mutaxassislari olingan natijalarning to'g'riligini baholaydilar. Muhandislar mutaxassislarga ekspert tizimlarining ishlashi uchun zarur bo'lgan bilimlarni aniqlash va tuzishda, bilimlarni taqdim etish bo'yicha ishlarni bajarishda, qayta ishlash usullarini tanlashda va berilgan vazifalarni hal qilish uchun eng mos bo'lgan ekspert tizimlarini amalga oshirish vositalarini tanlashda yordam beradi.

Dasturchilar ekspert tizimlari dasturiy ta'minotini ishlab chiqadilar va uni u ishlatiladigan muhit bilan bog'laydilar.

Har qanday ekspert tizimlari kamida ikkita ish rejimiga ega bo'lishi kerak. Bilimlarni o'zlashtirish rejimida mutaxassis tizimni bilimlar bilan to'ldiradi, bu esa keyinchalik ekspert tizimlariga ma'lum bir muammoli sohadan mustaqil ravishda (mutaxassis yordamisiz) muayyan muammolarni hal qilish imkonini beradi. Mutaxassis muammoli sohani ma'lumotlar va qoidalar to'plami sifatida tavsiflaydi. Ma'lumotlar ekspertiza sohasida mavjud bo'lgan ob'ektlarni, ularning xususiyatlarini va mazmunlarini belgilaydi. Qoidalar ko'rib chiqilayotgan muammolar sinfiga xos bo'lgan ma'lumotlar va manipulyatsiya qilish usullari o'rtasida mavjud bo'lgan o'zaro munosabatlarni belgilaydi.

Maslahat rejimida ekspert tizimlari foydalanuvchisi muammo haqida aniq ma'lumotlar bilan ta'minlaydi va uning yordami bilan natija olishga intiladi. Mutaxassis bo'lmagan foydalanuvchilar natija uchun ekspert tizimlariga murojaat qilishadi, uni mustaqil ravishda olish imkonini yo'q. Mutaxassis foydalanuvchilar natijani olish jarayonini tezlashtirish va engillashtirish uchun ekspert tizimlaridan foydalanadilar. Shuni ta'kidlash kerakki, "foydalanuvchi" atamasi noaniq, chunki mutaxassis, muhandis va dasturchi ekspert tizimlaridan foydalanishi mumkin.

Shuning uchun, ular ekspert tizimlari kim uchun yaratilganligi haqida gapirayotganimizni ta'kidlamochi bo'lganlarida, ular "oxirgi foydalanuvchi" atamasidan foydalanadilar.

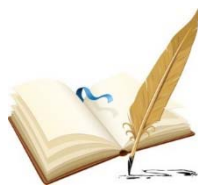
Maslahat rejimida vazifa haqidagi ma'lumotlar ishchi xotiraga kiradi. Ishchi xotiradan kiritilgan ma'lumotlar va bilimlar bazasidan qoidalar asosida yechim ishlab chiqaradi. An'anaviy kompyuter ma'lumotlarini qayta ishlash dasturlaridan farqli o'laroq, masalani hal qilishda ekspert tizimlari nafaqat belgilangan operatsiyalar ketma-ketligini bajaradi, balki uni o'zi ham shakllantiradi.

Ilovalarni bajarish jarayonida atrofdagi sodir bo'ladigan o'zgarishlarni hisobga olish kerak bo'lgan keng turdagi ilovalar mavjud. Bunday muammolarni hal qilish uchun statik tizimlarning tarkibiy qismlari bilan bir qatorda tashqi modellashtirish uchun quyi tizim va tashqi muhit bilan aloqa qilish uchun quyi tizimni o'z ichiga olgan dinamik ekspert tizimlaridan foydalanish kerak. Tashqi modellashtirish quyi tizimi tashqi muhit holatini prognoz qilish, tahlil qilish va adekvat baholash uchun zarurdir. Haqiqiy sodir bo'layotgan hodisalarning vaqtinchalik mantig'ini aks ettirish uchun ekspert tizimlarida saqlanadigan bilimlarni o'zgartirishni hal qilish muhitidagi o'zgarishlar talab qiladi. Tashqi dunyo bilan aloqa komponenti avtonom aqlli tizimlar (robotlar), shuningdek, aqlli boshqaruv tizimlari uchun dolzarbdir. Tashqi dunyo bilan aloqa sensorlar va boshqaruvchilar tizimi orqali amalga oshiriladi.

Axborot-axborot tizimini ishlab chiqishning murakkabligi ko'p jihatdan foydalaniladigan vositalarga bog'liq. Intellektual ilovalarni ishlab chiqish vositalarini quyidagi asosiy parametrlarga ko'ra tasniflash mumkin:

- ishlatiladigan til darajasi;
- dasturlash paradigmaları va amalga oshirish mexanizmlari;
- bilimlarni taqdim etish usuli;
- xulosa chiqarish va modellashtirish mexanizmlari;
- bilimlarni egallash vositalari;
- ilovalarni ishlab chiqish texnologiyalari.

4-§. Amaldagi til darajasi.



Tayanch soʻz va atamalar

ob'ektga yo'naltirilgan, integratsiya, component, gipermatn, fragment, protsedura, vizualizatsiya, monoton, domen.

Dasturlash tilining kuchi va ko'p qirraliligi ekspert tizimlarini ishlab chiqishning murakkabligini belgilaydi.

1. C, C++ kabi an'anaviy (shu jumladan ob'ektga yo'naltirilgan) dasturlash tillari (qoida tariqasida, ular ekspert tizimlari yaratish uchun emas, balki asboblari yaratish uchun ishlatiladi).

2. Maxsus dasturlash tillari (masalan, ro'yxatni qayta ishlashga yo'naltirilgan LISP tili; PROLOG mantiqiy dasturlash tili; REFAL rekursiv funksiya tili va boshqalar). Ularning kamchiligi an'anaviy dasturlash tillarida yozilgan dasturlar bilan integratsiyaga moslasha olmasligidir.

3. Ekspert tizimlarining barcha komponentlarini emas, balki ko'pini o'z ichiga olgan vositalar (masalan, bilimlarni tasvirlashda ishlab chiqarish yondashuvini qo'llab-quvvatlaydigan OPS5 tizimi; bilimlarning tasviri bilan ekspert tizimlarini ishlab chiqish uchun ishlatiladigan KRL va FRL tillari). Bunday dasturiy ta'minot dasturlash texnologiyalarini yaxshi biladigan va turli xil komponentlarni dasturiy ta'minot paketiga birlashtira oladigan ishlab chiquvchilar uchun mo'ljallangan.

4. Dasturiy ta'minotning barcha komponentlarini o'z ichiga olgan, lekin muayyan mavzu muhitini bilmaydigan umumiy maqsadli ekspert tizimlari qobiqlari. Ushbu turdagi va undan keyingi asboblari dastur ishlab chiquvchidan dasturlash bilimiga ega bo'lishini talab qilmaydi. Masalan: ECO, Leonardo, Nexpert Object, Kappa, EXSYS, GURU, ART, KEE va boshqalar. So'nggi paytlarda "qobiq" atamasi kamroq qo'llanilib, kengroq "rivojlanish muhiti" atamasi bilan almashtirilmoqda. Agar ular ushbu vositadan nafaqat dasturni ishlab chiqish bosqichida, balki foydalanish va texnik xizmat ko'rsatish bosqichlarida ham qo'llanilishini ta'kidlamoqchi bo'lsalar, ular "to'liq muhit" (complete environment) atamasidan

foydalanadilar. Dasturlarni yaratish va ularga xizmat ko'rsatishning butun siklini qo'llab-quvvatlash uchun WorkBench kabi o'rnatilgan asboblarning tizimlari qo'llaniladi, masalan, KEATS [18], Shelly [16], VITAL [19]. KEATS tizimining asosiy komponentlari quyidagilardan iborat: ACQUIST – ekspert bilan suhbat matni yoki protokolini ko'plab o'zaro bog'langan, izohli fragmentlarga bo'lish va tushunchalar yaratish imkonini beruvchi matnli bilim manbalari uchun vositalar; FLIK - kadr modeli yordamida bilimlarni ifodalash tili; GIS - bu gipermatnlar va kontseptual modellarni yaratish, shuningdek, tizimlarni loyihalash uchun ishlatiladigan grafik interfeys; ERI - to'g'ridan-to'g'ri va teskari xulosa chiqarish protseduralarini amalga oshiradigan qoidalar tarjimoni; TRI - qoidalarni bajarish ketma-ketligini ko'rsatadigan xulosani vizualizatsiya qilish vositasi; Jadvallar - bilimlar bazasida saqlash uchun foydalaniladigan jadvallarni manipulyatsiya qilish interfeysi; CS - cheklovlarni tavsiflash va targ'ib qilish tili; TMS monoton bo'lmagan haqiqatni saqlash tizimidir.

Ushbu turdagi vositadan foydalanganda quyidagi qiyinchiliklar paydo bo'lishi mumkin:

a) chiqish mexanizmiga kiritilgan boshqaruv strategiyalari ushbu tizim bilan o'zaro aloqada bo'lgan mutaxassis tomonidan qo'llaniladigan yechim usullariga mos kelmasligi mumkin, bu samarasiz va ehtimol noto'g'ri qarorlar qabul qilinishiga olib kelishi mumkin;

b) asboblarning to'plamida qo'llaniladigan bilimlarni ifodalash usuli fan sohasi bo'yicha bilimlarni tavsiflash uchun unchalik mos kelmaydi.

Ushbu qiyinchiliklarning aksariyati muammoli/mavzuga yo'naltirilgan MISni ishlab chiqish vositalarida hal qilinadi.

5. Muammo/domenga yo'naltirilgan qobiqlar va muhitlar (dasturlash bilimini talab qilmaydi):

- muammoga yo'naltirilgan vositalar - ma'lum bir sinf muammolarini (qidirish, nazorat qilish, rejalashtirish, prognozlash va boshqalar) hal qilish uchun mo'ljallangan va ushbu sinfga mos keladigan alternativ funktsional modullarni o'z ichiga oladi;

- predmetga oid vositalar - fan sohalari haqidagi bilimlarni o'z ichiga oladi, bu bilimlar bazasini ishlab chiqish vaqtini qisqartiradi.

Qobiqlar va muhitlardan foydalanganda dastur ishlab chiqaruvchisi dasturlashdan butunlay ozod qilinadi, uning asosiy mehnat xarajatlari ma'lumotlar bazasini shakllantirish bilan bog'liq.

Dasturlash paradigmalari va amalga oshirish mexanizmlari. Bajariladigan tasdiqlash mexanizmini amalga oshirish usullari ko'pincha dasturlash paradigmalari deb ataladi. Asosiy paradigmalarga quyidagilar kiradi:

- protsessual dasturlash;
- ma'lumotlarga yo'naltirilgan dasturlash;
- qoidaga yo'naltirilgan dasturlash;
- ob'ektga yo'naltirilgan dasturlash.

Protsedurali dasturlash paradigmasi mavjud dasturlash tillari (masalan, C va Paskal) orasida eng keng tarqalgan. Protsedurali paradigmadagi ma'lumotlardan ko'ra protseduralar faol rol o'ynaydi; Bundan tashqari, har qanday protsedura qo'ng'iroq orqali faollashtiriladi. Xulq-atvorni aniqlashning bunday usullari bir jarayon yoki bir nechta o'zaro bog'liq jarayonlarning deterministik harakatlar ketma-ketligini tavsiflash uchun qulaydir.

Ma'lumotlarga asoslangan dasturlashdan foydalanganda protseduralar emas, balki ma'lumotlar faol rol o'ynaydi. Bu yerda ba'zi harakatlar (protseduralar) faol ma'lumotlar tuzilmalari bilan bog'liq bo'lib, ular ushbu ma'lumotlarga kirishda faollashadi.

Qoidalariga yo'naltirilgan paradigmadagi xatti-harakatlar shart-harakat qoidalari to'plami bilan belgilanadi. Shart sodir bo'lganda qoida harakati bajarilishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar shaklini belgilaydi. Ushbu paradigmadagi qoidalar protsedura paradigmadagi operatorlar bilan bir xil rol o'ynaydi. Biroq, agar protsedura paradigmadagi ma'lumotlarning qiymatlariga bog'liq bo'lmagan deterministik ketma-ketligi bilan o'rnatilsa, qoidalar ketma-ketligi bilan belgilanmaydi, lekin dastur tomonidan qayta ishlanayotgan ma'lumotlar qiymatlari asosida shakllantiriladi. Qoidalariga yo'naltirilgan yondashuv turli xil ma'lumotlar holatiga moslashuvchan va turli yo'llar bilan javob beradigan xatti-harakatlarni tavsiflash uchun foydalidir.

Ob'ektli dasturlash paradigmasi protsedura paradigmadan farqli

o'laroq, dasturni protseduralar va ma'lumotlarga ajratmaydi. Bu yerda dastur protseduralar (usullar) va ma'lumotlar (o'zgaruvchilar) o'z ichiga olgan ob'ektlar deb ataladigan ob'ektlar atrofida tashkil etilgan. Ushbu paradigmadagi xatti-harakatlar (funktsiya) ob'ektlar o'rtasida xabarlar yuborish orqali tashkil etiladi. Ob'ekt xabarni qabul qilib, protseduralar va ma'lumotlarga asoslangan holda o'zining talqinini amalga oshiradi. Bu yondashuv murakkab tizimlarni tabiiy tarzda tasvirlash imkonini beradi. Bu, ayniqsa, o'rnatilgan ekspert tizimlar uchun qulaydir.

Bilimlarni taqdim etish usuli. Bilimlarni ifodalashning ko'plab usullari mavjudligi muammoli muhitning har xil turlarini eng yuqori samaradorlikda ifodalash bilan izohlanadi. Odatda, ekspert tizimlarida bilimlarni ifodalash modeli bilan tavsiflanadi. Bilimlarni ifodalashning tipik modellari qoidalar (mahsulotlar), ob'ektlar, semantik tarmoqlar, mantiqiy formulalardir. Bir nechta bilimlarni ifodalash modelini o'z ichiga olgan vositalar gibril deyiladi. Ko'pgina zamonaviy vositalar ob'ektga yo'naltirilgan paradigmadan foydalanishga moyildir. Qoidalarga asoslangan dasturlash, ob'ektga yo'naltirilgan va protsedurali dasturlashni qo'llab-quvvatlovchi, bir qator yondashuvlardan foydalanish imkonini beruvchi zamonaviy vositalardan biri CLIPS tilidir.

CLIPS (C Language Integrated Production System) NASA/Jonson kosmik markazida C dasturlash tilidan foydalangan holda ishlab chiqilgan. Ushbu tilni ishlab chiquvchilarga aniq vazifa qo'yildi - to'liq portativlikni, arzon narxni va tashqi tizimlar bilan oddiy integratsiyani ta'minlash. CLIPS dastlab faqat qoidalarga asoslangan dasturlashni qo'llab-quvvatlagan (shuning uchun uning belgilanishining "ishlab chiqarish tizimi" qismi). Ammo allaqachon CLIPS tilining 5.0 versiyasida protsedura va ob'ektga yo'naltirilgan dasturlashni qo'llab-quvvatlash joriy etilgan.

CLIPS dasturlash tili tomonidan taqdim etilgan xulosa va taqdimot imkoniyatlari OPS5 tiliga o'xshash, ammo kuchliroqdir. CLIPS qoidalari sintaktik tuzilishda Eclipse, CLIPS/R2 va Jess kabi tillarga juda o'xshash, ammo CLIPS faqat oldin xulosa chiqarish qoidalarini qo'llab-quvvatlaydi. Bir qator yondashuvlarga imkon beruvchi CLIPS dasturlash tili, ob'ektga yo'naltirilgan va protsedurali dasturlashni qo'llab-quvvatlaydi. Shunday

qilib, bugungi kunda CLIPS ekspert tizimlarini ishlab chiqish uchun samarali vositadir.

Xulosa chiqarish va modellashtirish mexanizmlari. Statik ekspert tizimlarida ma'lumotni o'zgartiruvchi yagona faol agent ekspert tizimining xulosa chiqarish mexanizmi hisoblanadi. Dinamik ekspert tizimlarida ma'lumotlarning o'zgarishi nafaqat bajariladigan operatorlar mexanizmining ishlashi, balki maxsus quyi tizim tomonidan modellashtirilgan yoki tashi vazifalar muhitidagi o'zgarishlar tufayli ham sodir bo'ladi. Turli muhitlarda xulosa chiqarish mexanizmlari quyidagi tartiblarni amalga oshirishda farq qilishi mumkin.

1. Yechimni olish jarayonining tuzilishi:

- o'quv namunasi (bilimlarni egallashning induktiv usullari) asosida xulosa daraxtini qurish va masalani yechish rejimida xulosalar daraxti bo'yicha marshrut tanlash;
- bilimlarni o'zlashtirish rejimida aniq qoidalardan xulosa chiqarish tarmog'ini kompilyatsiya qilish va masalani yechish rejimida xulosalar tarmog'ida yechim izlash;
- xulosalar tarmog'ini yaratish va muammoni hal qilish rejimida echimni izlash, shu bilan birga xulosalar tarmog'ini yaratish "qoida-ma'lumotlar" juftligini aniqlaydigan taqqoslash operatsiyasini bajarish paytida amalga oshiriladi.
- muammoni hal qilish rejimida ekspert tizim ishonchli taxminlarni ishlab chiqaradi (yechish uchun etarli ma'lumot yo'q bo'lganda): taxminlarni asoslash (rad etish) uchun mulohaza yuritish; muqobil chiqish tarmoqlarini yaratish; xulosa chiqarish tarmoqlarida yechim izlash.

2. Yechimni izlash (tanlash):

- qidiruv yo'nalishi - ma'lumotlardan maqsadga, maqsadlardan ma'lumotlarga, ikki tomonlama qidiruv;
- chiqish tarmog'idagi sanash tartibi "kenglik-birinchi qidiruv" bo'lib, unda to'g'ridan-to'g'ri qayta ishlangan G birinchi marta qayta ishlanadi; "Birinchi chuqurlikdagi qidiruv", birinchi navbatda eng muhim cho'qqi aniqlanganda - joriy G bilan bog'langan G1, so'ngra G1 cho'qqisi joriy qilinadi va eng muhim G2 cho'qqisi ochiladi va

hokazo.

3. Taxminlar va xulosalar tarmoqlarini yaratish jarayoni:

- rejim – bilimlarni o‘zlashtirish rejimida, yechish rejimida hosil qilish;
- hosil qilingan xulosalar tarmog'ining to'liqligi - mos keladigan operatsiya barcha qoidalarga va barcha turdagi ob'ektlarga xulosa chiqarish mexanizmining har bir tsiklida qo'llaniladi (hosil qilingan tarmoqning to'liqligi ta'minlanadi); moslashtirish operatsiyasida ishtirok etadigan qoidalar va (yoki) sub'ektlar sonini kamaytirish uchun turli xil vositalar qo'llaniladi; masalan, mos keladigan algoritm qo'llaniladi yoki umumiyroq xarakterga ega bo'lgan bilimlardan (metaknowledge) foydalaniladi.

Dinamik muammoli muhitlar uchun xulosa qilish mexanizmi qo'shimcha ravishda quyidagilarni o'z ichiga oladi: ekspert tizimlar faoliyatini ustuvorliklarga muvofiq boshqaradigan rejalashtiruvchi; cheklangan resurslar sharoitida eng yaxshi yechim olinishini ta'minlash vositalari; vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan o'zgaruvchilar qiymatlarini saqlash tizimi.

Quyidagi modellashtirish quyi tizimi variantlari dinamik vositalarda amalga oshirilishi mumkin:

- modellashtirish tizimi mavjud emas;
- instrumental muhitning bir qismi bo'lgan umumiy maqsadli modellashtirish tizimi mavjud;
- ekspert tizimlar amalga oshirilayotgan dasturiy ta'minotdan tashqarida bo'lgan maxsus modellashtirish tizimi mavjud.

Bilim olish vositalari. Instrumental tizimlarda ular quyidagi xususiyatlar bilan tavsiflanadi:

1. Bilimlarni o'zlashtirish tili darajasi:

- rasmiy til;
- cheklangan tabiiy til;
- piktogrammalar va tasvirlar tili;
- NL va tasvirlar tili.

2. Olingan bilimlar turi:

- kirish va chiqish atributlari qiymatlarini o'z ichiga olgan jadvallar

ko'rinishidagi ma'lumotlar, ularga ko'ra xulosalar daraxti induktiv usullar bilan qurilgan;

- maxsus qoidalar;
- umumiy va maxsus qoidalar.

3. Sotib olingan ma'lumotlar turi:

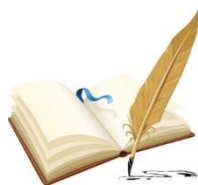
- atributlar va qiymatlar;
- ob'ektlar;
- meros orqali atribut qiymatlarini oladigan ob'ektlar sinflari va ularning namunalari.

Intellectual tizimlarni yaratish texnologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- loyihaning texnik-iqtisodiy asoslanishi;
- tizimning umumiy konsepsiyasini ishlab chiqish;
- prototiplar seriyasini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish;
- prototipni ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish;
- tizimning kengaytirilgan versiyalarini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish;
- tizimni haqiqiy ish muhiti bilan bog'lash.

5-§. Ekspert tizimlar dizayni

Tayanch so'z va atamalar



ekspert tizimlar, ekspert, manipulyatsiya, evristik, protsedura, identifikatsiya, kontseptuallashtirish, sun'iy intellect, ekspert tizimlari.

Ekspert tizimlar dizayni uchta asosiy tamoyilga asoslanadi:

1. Ekspert tizimining kuchi, birinchi navbatda, bilimlar bazasining kuchi va uni to'ldirish imkoniyatlari bilan, shundan keyingina axborotni qayta ishlash uchun qo'llaniladigan usullar (protseduralar) bilan belgilanadi.

2. Ekspertga (yoki ekspert tizimiga) muammolarning yuqori sifatli va samarali yechimlarini olishga imkon beradigan bilimlar, asosan,

evristik, empirik, noaniq va ishonchli.

3. Vazifalar va foydalanilayotgan bilimlarning norasmiyligi uning ishlashi davomida foydalanuvchi va ekspert tizimlar o'rtasida faol muloqotni ta'minlash zaruratini keltirib chiqaradi.

Ekspert tizimlarni ishlab chiqishdan oldin, bilim muhandisi ma'lum bir dastur uchun ekspert tizimlarni ishlab chiqish kerak. Ijobiy qaror, agar ekspert tizimlarni ishlab chiqish mumkin bo'lsa, asoslanadi va muhandislik usullari hal qilinayotgan muammoga mos keladi.

Ma'lum bir dastur uchun ekspert tizimni ishlab chiqish mumkin bo'lishi uchun kamida quyidagi talablar bajarilishi kerak:

- bu sohada muammoni tajribasiz mutaxassislariga qaraganda ancha yaxshi hal qiladigan mutaxassislar bor;
- ekspertlar taklif etilayotgan yechimni baholashga rozi, aks holda ishlab chiqilgan ekspert tizim sifatini baholash mumkin bo'lmaydi;
- ekspertlar og'zaki (tabiiy tilda ifodalash) va o'zlari qo'llayotgan usullarni tushuntira oladilar, aks holda mutaxassislarning bilimlari "chiqarib" olinishi va ekspert tizimga kiritilishiga ishonish qiyin;
- muammoni hal qilish faqat fikrlashni talab qiladi, harakatni emas;
- vazifa juda qiyin bo'lmasligi kerak (ya'ni, uni hal qilish uchun mutaxassis haftalar yoki yillar emas, balki bir necha soat yoki kun talab qilishi kerak);
- vazifa rasmiy shaklda ifodalanmasligi kerak bo'lsa-da, "tushunarli" va tuzilgan sohaga tegishli bo'lishi kerak. Ya'ni, muammoning yechimini olishning asosiy tushunchalari, munosabatlari va usullarini aniqlash imkoniyati bo'lishi kerak;
- muammoni hal qilish ko'p jihatdan "sog'lom fikr"ga tayanmasligi kerak (ya'ni, har qanday oddiy odam bilishi va foydalanishi mumkin bo'lgan faoliyat to'g'risidagi umumiy ma'lumotlarning keng doirasi), chunki bunday bilimlar hali yetarli miqdorda emas.

Agar hal qilinayotgan muammo quyidagi xususiyatlarning kombinatsiyasiga ega bo'lsa, dastur ekspert tizimlari usullariga mos keladi:

- masalani matematik usullarda va an'anaviy dasturlashda keng tarqalgan bo'lganidek, raqamlarni manipulyatsiya qilishdan ko'ra,

belgilarni manipulyatsiya qilish (ramziy fikrlash yordamida) tabiiy ravishda hal qilinishi mumkin;

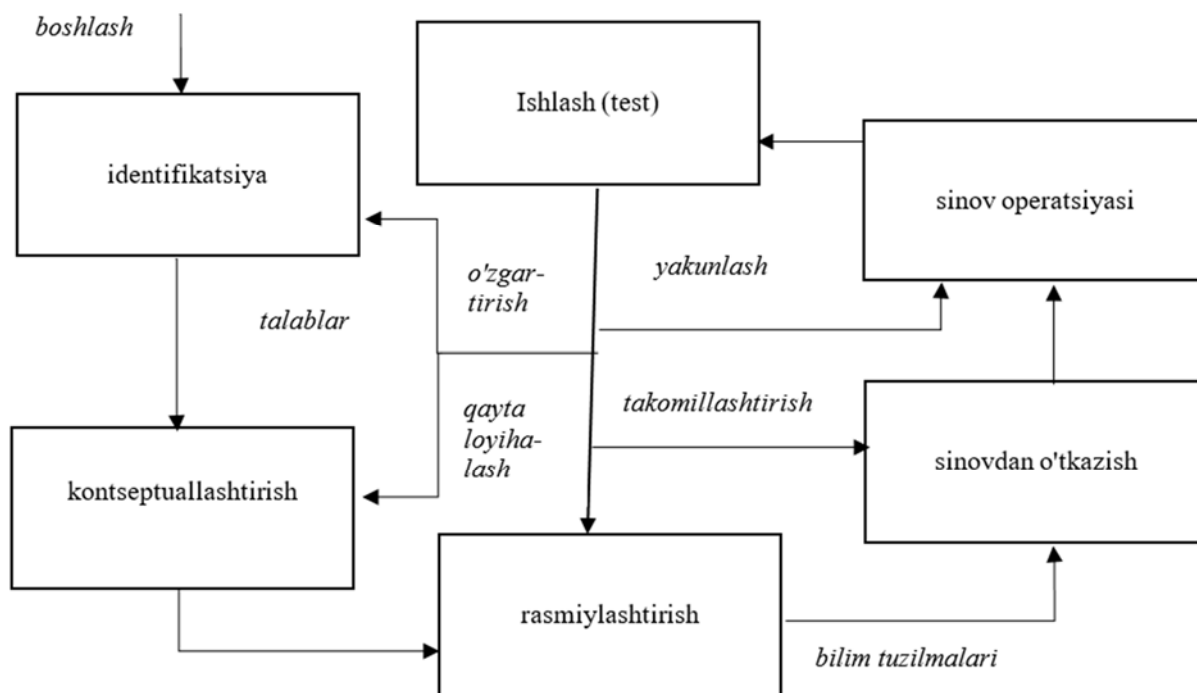
- vazifa algoritmik emas, balki evristik xususiyatga ega bo'lishi kerak. Ya'ni, uning yechimi evristik qoidalarini qo'llashni talab qilishi kerak. Rasmiy protseduralar yordamida hal qilinishi kafolatlanishi mumkin bo'lgan muammolar uchun (belgilangan cheklovlarni hisobga olgan holda) ekspert tizim texnologiyalaridan ko'ra samaraliroq yondashuvlar mavjud.

Ekspert tizimlarni ishlab chiqishda, qoida tariqasida, tezkor prototip tushunchasi qo'llaniladi, uning mohiyati shundaki, ishlab chiquvchilar darhol yakuniy mahsulotni yaratishga harakat qilmaydi. Dastlabki bosqichda ular ikkita qarama-qarshi talabni qondiradigan ekspert tizimlar prototipini (ehtimol yagona emas) yaratadilar: ma'lum bir dasturning tipik muammolarini hal qilish qobiliyati va uni ishlab chiqishning ahamiyatsiz vaqti va mehnat zichligi. Ushbu shartlar bajarilganda, bir vaqtning o'zida mutaxassis tomonidan amalga oshiriladigan bilimlarni to'plash va tuzatish jarayonini muhandis va dasturchilar tomonidan amalga oshiriladigan dasturiy ta'minotni tanlash (ishlab chiqish)ni amalga oshirish mumkin bo'ladi. Ushbu talablarni qondirish uchun dizayn jarayonini tezlashtirishda prototip yaratish uchun turli xil vositalar qo'llaniladi.

An'anaviy ekspert tizimlarni amalga oshirish texnologiyasi oltita asosiy bosqichni o'z ichiga oladi (1.3-rasm): identifikatsiya qilish, kontseptsialash, rasmiylashtirish, amalga oshirish, sinovdan o'tkazish, sinovdan o'tkazish [11].

Identifikatsiya bosqichida hal qilinishi kerak bo'lgan vazifalar, rivojlanish maqsadlari, mutaxassislar va foydalanuvchilar turlari aniqlanadi.

Kontseptuallashtirish bosqichida muammoli sohaning tahlili amalga oshiriladi, qo'llaniladigan tushunchalar va ularning o'zaro bog'liqligi, muammolarni hal qilish usullari aniqlanadi.



1.3-rasm. Ekspert tizimlarining rivojlanish bosqichlari

Rasmiylashtirish bosqichida bilimlarning barcha turlarini ifodalash uchun vositalar va usullar tanlanadi, asosiy tushunchalar rasmiylashtiriladi, bilimlarni izohlash usullari aniqlanadi, tizimning ishlashi modellashtiriladi, qat'iy tushunchalar tizimining yetarliligi, hal qilish usullari, vositalari, ko'rib chiqilayotgan mavzu bo'yicha bilimlarni ifodalash va manipulyatsiya qilish baholanadi.

Amalga oshirish bosqichida bilimlar bazasi to'ldiriladi. Ekspert tizimlarining asosini bilim tashkil etganligi sababli, bu bosqich eng muhim va eng ko'p vaqt talab qiladigan bosqichlardan biridir. Bilimlarni egallash jarayoni mutaxassislar bilan muloqotda bilim olishga bo'linadi: tizimning samarali ishlashini ta'minlaydigan bilimlarni tashkil etish va bilimlarni ekspert tizimlari tomonidan "tushuniladigan" shaklda taqdim etish.

Bilimlarni egallash jarayoni ekspertning real muammolarni hal qilishdagi faoliyatini tahlil qilish asosida muhandis tomonidan amalga oshiriladi. Bilimlarni egallash muammolari 4-bobda batafsil bayon etilgan.

Sinov bosqichida ekspert va muhandis dialog va tushuntirish vositalaridan foydalangan holda interaktiv tarzda ekspert tizimlarni

tekshiradi. Sinov jarayoni ekspert tizimning zarur darajasiga erishganligi to'g'risida qaror qabul qilmaguncha davom etadi.

Sinovdan foydalanish bosqichida ekspert tizimlarning oxirgi foydalanuvchilar uchun yaroqliligi tekshiriladi. Olingan natijalar ekspert tizimlarni sezilarli darajada o'zgartirish zarurligini ko'rsatishi mumkin.

Ekspert tizimlarni yaratish jarayoni yuqorida sanab o'tilgan bosqichlarning qat'iy ketma-ketligiga qisqartirilmaydi. Rivojlanish jarayonida siz bir necha marta oldingi bosqichlarga qaytishingiz va u yerda qabul qilingan qarorlarni qayta ko'rib chiqishingiz kerak bo'ladi.

Asboblar qanday ekspert tizimlar ishlab chiqish texnologiyasiga ruxsat berishiga qarab farqlanadi. Ekspert tizimlarni ishlab chiqishda kamida to'rtta yondashuv mavjud:

- yuzaki bilimga asoslangan yondashuv;
- tizimli yondashuv;
- chuqur bilimga asoslangan yondashuv;
- yuzaki va chuqur bilimlardan foydalanishga asoslangan aralash yondashuv.

Yuzaki yondashuv aniq tasvirlab bo'lmaydigan murakkab muammolar uchun qo'llaniladi. Uning mohiyati mutaxassislardan hal qilinayotgan muammoga tegishli bilimlarni olishdir. Hududni tizimli yoki chuqur o'rganishga urinish yo'q, bu makonni qidirishdan universal xulosa mexanizmi sifatida foydalanishni belgilab beradi. Odatda, ushbu yondashuvdan foydalanadigan ekspert tizimlarda qoidalarni ifodalash usuli sifatida tanlanadi. Har bir qoidaning sharti qoida bajarilishi mumkin bo'lgan ba'zi holatlarni ko'rsatadi. Yechim topish namunalari joriy ma'lumotlar bilan taqqoslanadigan qoidalarni bajarishdan iborat. Yechimni izlash jarayonida shu tarzda shakllangan vaziyatlar ketma-ketligi yechim olinmaguncha tugamaydi, ya'ni hech qanday qoidaga mos kelmaydigan noma'lum vaziyat yuzaga kelmaydi. Ushbu yondashuv keng ko'lamli ilovalar uchun muvaffaqiyatli qo'llaniladi, ammo muammoni tuzilishi mumkin bo'lgan yoki uni hal qilish uchun ma'lum bir modeldan foydalanish mumkin bo'lgan hollarda u samarasiz bo'lib chiqadi.

Ekspert tizimlarni qurishning tizimli yondashuvi muammoli sohani tizimlashtirishni o'z ichiga oladi. Bir qator ilovalar uchun yuzaki bilim

texnikasidan foydalanish muammoni hal qilishni ta'minlamasligi bilan bog'liq. Ekspert tizimlar qurishning tizimli yondashuvi ko'p jihatdan dasturlashga o'xshaydi. Biroq, ekspert tizimlarga nisbatan masalani aniq algoritmgaga keltirish (an'anaviy dasturlashda bo'lgani kabi) haqida gapirmayapmiz, lekin muammoning bir qismi evristik qidiruv yordamida hal qilinadi. Turli xil ilovalarda tizimli yondashuvni yuzaki yoki chuqur birlashtirish tavsiya etiladi.

Chuqur yondashuv bilan ekspert tizimlarning kompetensiyasi u ishlayotgan muammoli muhit modeliga asoslanadi. Modelni turli usullar bilan aniqlash mumkin (deklarativ, protsessual). Bir qator ilovalarda modellardan foydalanish zarurati bilimlar bazasida saqlanadigan qoidalar bilan tavsiflanmagan vaziyatlarning yuzaga kelishi bilan bog'liq kamchiliklarni tuzatish istagi bilan bog'liq. Chuqur bilimlardan foydalangan holda ishlab chiqilgan ekspert tizimlari, noma'lum vaziyat yuzaga kelganda, ma'lum bir mutaxassislik sohasi uchun amal qiladigan ba'zi umumiy tamoyillardan foydalangan holda harakat qilish kerakligini mustaqil ravishda aniqlashga qodir.

Chuqur yondashuv muammo sohasining turli ob'ektlari o'rtasidagi tuzilma va munosabatlarning aniq tavsifini talab qiladi. Ushbu yondashuvda modellashtirish imkoniyatlariga ega bo'lgan vositalardan foydalanish kerak: protseduralar, biriktirilgan ob'ektlar, xususiyatlarning ierarxik merosi, faol bilim (ma'lumotlarga asoslangan dasturlash), ob'ektlarga xabarlarini uzatish mexanizmi (ob'ektga yo'naltirilgan dasturlash) va boshqalar.

Aralash yondashuv odatda sirt, strukturaviy va chuqur yondashuvlarni birlashtirishi mumkin. Misol uchun, sirt yondashuvi adekvat bilimlarni topish uchun ishlatilishi mumkin, keyinchalik u ba'zi bir chuqur model tomonidan qo'llaniladi.



O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Sun'iy intellekt sohasida olib boriladigan asosiy tadqiqot yo'nalishlarini aytib bering.
2. Sizga ma'lum bo'lgan turli muammoli sohalarda intellektual tizimlardan foydalanishga misollar keltiring.
3. Intellektual axborot tizimlariga xos xususiyatlarni sanab bering.
4. Ekspert tizimlarga xos bo'lgan asosiy funktsiyalarni va ularni amalga oshirish usullarini ayting.
5. Sun'iy intellekt tizimlari va an'anaviy dasturiy ta'minot o'rtasidagi asosiy farqlarni shakllantiring.
6. Intellektual interfeysga ega tizimlar, ekspert tizimlar, o'z-o'zini o'rganish tizimlari va moslashuvchan axborot tizimlariga qisqacha tavsif bering.
7. Intellektual interfeysli tizimlarning asosiy turlarini sanab bering va ularga qisqacha tavsif bering.
8. Ekspert tizimlarning asosiy turlarini sanab bering va ularga qisqacha tavsif bering.
9. O'z-o'zidan ta'lim oladigan axborot tizimlarining asosiy turlarini sanab o'ting va ularga qisqacha tavsif bering.
10. Moslashuvchan axborot tizimlarining asosiy turlarini sanab bering va ularga qisqacha tavsif bering.
11. Statik ekspert tizimlarining asosiy komponentlarini sanab bering va tavsiflang.
12. Dinamik ekspert tizimlardan statik tizimlardan farqini tushuntiring.
13. Ekspert tizimini quyidagi parametrlarga ko'ra xarakterlang: qo'llash turi, mavjudlik bosqichi, masshtab, muammoli muhit turi, yechilayotgan masala turi.
14. Ekspert tizimlarini qurishda foydalaniladigan yondashuvlar haqida gapirib bering.
15. Ekspert tizimlar yordamida yechiladigan masalalar turlarini ayting. Misollar keltiring.
16. Ekspert tizimlarini ishlab chiqishda ishtirok etuvchi

mutaxassislarni ayting va ularning vazifalarini tushuntiring.

17. Dasturlash paradigmlarini nomlang va ularga qisqacha tavsif bering.

18. Ekspert tizimlarida bilimlarni ifodalashning tipik modellarini ayting.

19. Intellektual axborot tizimlarini ishlab chiqish uchun mo'ljallangan vositalarning asosiy xarakteristikalarini haqida gapirib bering.

20. O'zingiz bilgan dasturlash tillarini va tegishli dasturlash paradigmlarini ayting.

21. Intellektual tizimlarni yaratish uchun sanoat texnologiyasi bosqichlarini sanab o'ting.

22. Ekspert tizimlarini ishlab chiqishning asosiy texnologik bosqichlarini tavsiflang: identifikatsiyalash, kontseptsiyalash, rasmiylashtirish, amalga oshirish, sinovdan o'tkazish, sinovdan o'tkazish.

23. Ekspert tizimlarida xulosa chiqarish mexanizmlari haqida gapirib bering.

24. CLIPS tili haqida bilganingizni ayting.

25. Muayyan ekspert tizimiga misol keltiring, uni xarakterlash uchun ushbu bobda keltirilgan belgilardan foydalaning.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Амамия, М. Архитектура ЭВМ и ИИ / М. Амамия, Ю. Танака. – М.: Мир, 1993.

2. Андрейчиков, А.В. Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры, применения) / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Машиностроение, 1998.

3. Буров, К. Обнаружение знаний в хранилищах данных / К. Буров // Открытые системы. – 1999. – № 5, 6.

4. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000.

5. Зарипов, Р.Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса / Р.Х. Зарипов. – М.: Наука,

1983.

6. Искусственный интеллект: Справочник. В 3-х кн. Кн. 1: Системы общения и экспертные системы / под ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990.

7. Поспелов, Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г.С. Поспелов. – М.: Наука, 1988.

8. Искусственный интеллект: Справочник. В 3-х кн. Кн. 3: Программные и аппаратные средства / под ред. В.А. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь, 1990.

9. Ларичев, О.И. Системы, основанные на экспертных знаниях: история, современное состояние и некоторые перспективы / О.И. Ларичев // Седьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием: сб. науч. тр. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2000.

10. Масалович, А.И. От нейрона к компьютеру / А.И. Масалович // Журнал доктора Добба. – 1992. – № 1.

11. Статические и динамические экспертные системы: учеб. пособие / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. – М.: Финансы и статистика, 1996.

12. Тельное, Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учебное пособие/ Ю.Ф. Тельное. – М.: СИНТЕГ, 1998.

13. Финн, В.К. Правдоподобные рассуждения в интеллектуальных системах типа ДСМ / В.К. Финн // Итоги науки и техники. Сер. «Информатика». Т. 15. Интеллектуальные информационные системы. – М.: ВИНТИ, 1991.

14. Цуриков, В.М. Проект «Изобретающая машина» – интеллектуальная среда поддержки инженерной деятельности / В.М. Цуриков // Журнал ТРИЗ. – 1991. – № 21.

15. Элти, Дж. Экспертные системы: концепции и примеры / Дж. Элти, М. Кумбс; пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1987.

16. Bouchet, C. SHELLY: An integrated workbench for KBS development / C. Bouchet, C. Brunet, A. Anjewierden // Proc. of 9th Int. Workshop Expert Syst. and their Appl. – France, Avignon, 1989. – No. 1.

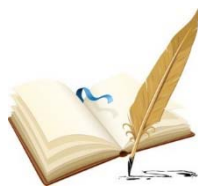
17. Durkin, J. Expert Systems: a view of the field / J. Durkin // IEEE Expert. – 1996. – No. 2.
18. Motta, E. Methodological foundations of KEATS, the knowledge Engineer's Assistant / E. Motta, T. Rajan, J. Dominigue, M. Eisenstadt // Knowledge Acquisition. – 1991. – No. 3.
19. VITAL: A methodology-based workbench for KBS life cycle Support // ESPRIT – II Project 5365, 1990.

2-BOB. NEYRON TARMOQLAR

Aqlli tizimlarning xususiyati yomon tuzilgan va yomon rasmiylashtirilgan muammolarni hal qilish qobiliyatidir. Bu qobiliyat ma'lumotlarni qayta ishlash uchun modellashtirishning turli usullarini qo'llashga asoslangan. Fikrlash mexanizmlarini qurishning an'anaviy yondashuvi ishlab chiqarish va mantiqiy turdagi ekspert tizimlarida qo'llaniladigan qoidalarga (qoidalarga asoslangan fikrlash) asoslangan deduktiv mantiqiy xulosadan foydalanishdir (1-bobga qarang). Ushbu yondashuv bilan, predmet sohasini tavsiflovchi qonunlarning butun majmuasini oldindan shakllantirish kerak. Muqobil yondashuv vaziyatga asoslangan fikrlash kontseptsiyasiga asoslanadi. Bunday holda, intellektual tizimni qurishda, o'rganilayotgan hududning barcha qonuniyatlarini oldindan bilish shart emas, lekin ishlab chiqilayotgan adaptiv tizimni sozlash uchun etarli miqdordagi misollarga ega bo'lish kerak, bu esa, ma'lum darajadagi ishonchlilik bilan kerakli natijalarni olish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bunday adaptiv tizimlar sifatida sun'iy neyron tarmoqlardan foydalaniladi.

1-§. Sun'iy neyron modeli

Tayanch soʻz va atamalar



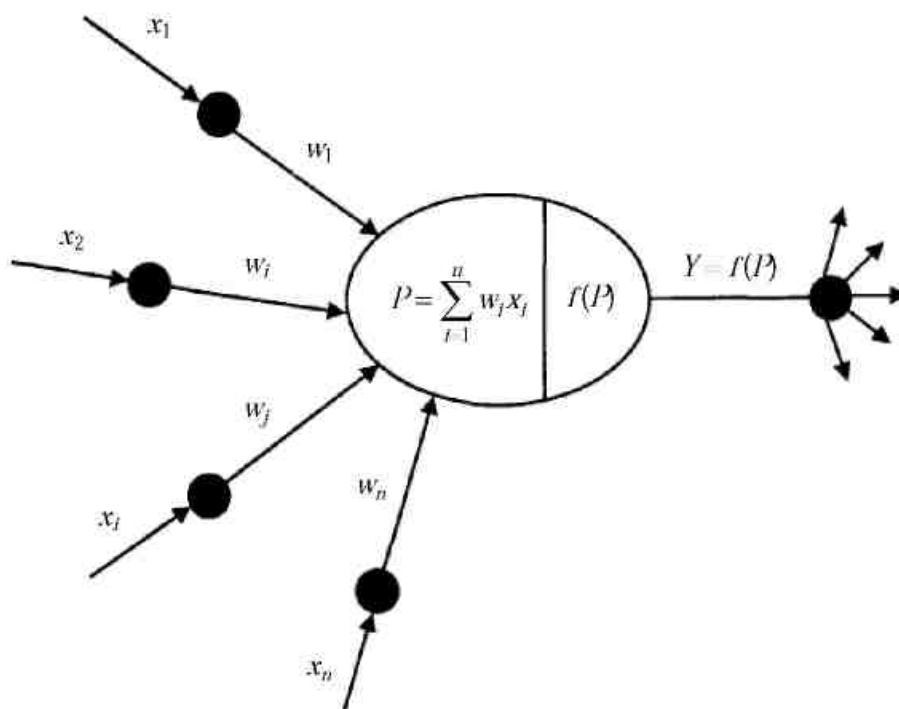
sun'iy neyron tarmoq, sinaps, potentsial, differentsial, biologik neyron, sint parametrari, sigmasimon, qatlam, klassik neyron.

Sun'iy neyron tarmoq (SNT) - bu biologik miyaning, aniqrog'i, asab to'qimalarining soddalashtirilgan modelidir [2,5,9,12]. Tabiiy nerv hujayrasi (neyron) yadro va jarayonlar - dendritlarni o'z ichiga olgan tanadan (нейрон) iborat bo'lib, ular orqali kirish signallari neyronga kiradi. Jarayonlardan biri oxirida shoxlanib, bu neyronning chiqish signallarini boshqa nerv hujayralariga o'tkazish uchun xizmat qiladi. U akson deb ataladi. Akson va boshqa neyronning dendritlari orasidagi bog'lanish **sinaps** deb ataladi. Neyron qo'zg'aladi va agar dendritlar

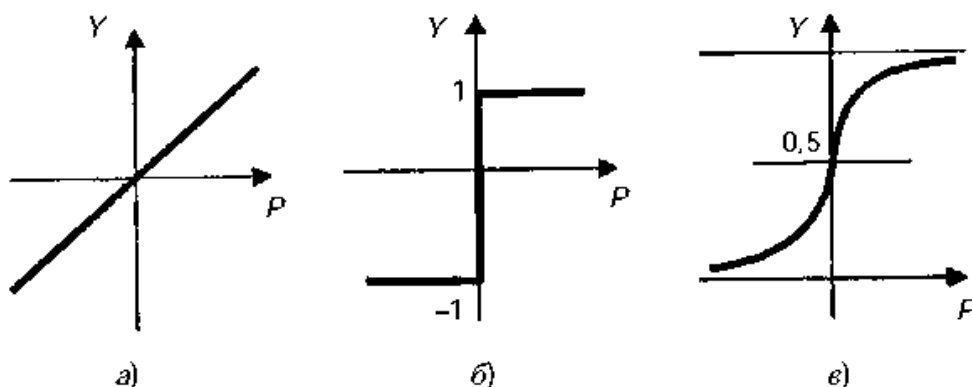
bo'ylab keladigan qo'zg'atuvchi signallar soni ingibitorlar sonidan ko'p bo'lsa, akson orqali signal uzatadi.

SNT tarmog'i oddiy hisoblash elementlari - sun'iy neyronlar to'plami bo'lib, ularning har biri ma'lum miqdordagi kirish (dendritlar) va bitta chiqish (akson)ga ega bo'lib, shoxlari uni boshqa neyronlar bilan bog'laydigan sinapslarga yaqinlashadi. Neyronning kirishlari tashqi yoki boshqa neyronlardan ma'lumot oladi. Har bir neyron kirish signallarini chiqish signallariga aylantirish funktsiyasi bilan tavsiflanadi (neyron qo'zg'alish funktsiyasi). Tarmoqdagi neyronlar bir xil yoki turli xil o'tish funktsiyalariga ega bo'lishi mumkin. Neyronning kirish signallari bir manbadan olingan ma'lumot boshqasidan ko'ra muhimroq bo'lishi mumkin. Kirish ustuvorliklari biologik neyronlarning sinoptik kuchini modellashtiruvchi og'irlik koeffitsientlari vektori yordamida o'rnatiladi.

Sun'iy neyron modeli (2.1-rasm) diskret-uzluksiz axborotni o'zgartiruvchidir. Neyronning kirishida olingan ma'lumotlar og'irlik koeffitsientlari w_i , x_i , $i = 1, \dots, n$ signallarini hisobga olgan holda umumlashtiriladi, bu erda n - kirish signallari maydonining o'lchami. Neyron potentsiali quyidagi formula bilan aniqlanadi $P = \sum_{i=1}^n w_i x_i$.



2.1-rasm. Neyronning kibernetik modeli sxemasi $i=1$



2.2-rasm. Sun'iy neyronlarni uzatish funktsiyalari:
a - chiziqli; b - qadamli; c – sigmasimon

Kiruvchi signallarning (potentsial) vaznli yig'indisi $f(P)$ uzatish funktsiyasi yordamida tarmoqning boshqa neyronlariga uzatiladigan Y neyronining chiqish signaliga aylantiriladi, ya'ni $Y = f(P)$. Transfer (faollashtirish) funktsiyasi turi neyronning eng muhim xarakteristikasi hisoblanadi. Umuman olganda, bu funktsiya pog'onali (пороговой), chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan bo'lishi mumkin (2.2-rasm). Pog'onali funktsiyasi faqat kirish signallarining algebraik yig'indisi qandaydir doimiy qiymat P^* dan ohsa, ma'lumotni o'tkazishga imkon beradi, masalan:

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{если } P \geq P^*; \\ -1, & \text{если } P < P^*. \end{cases}$$

Pog'onali funktsiyasi mashg'ulot paytida SNT uchun etarli darajada moslashuvchanlikni ta'minlamaydi. Agar hisoblangan potentsialning qiymati belgilangan chegaraga etib bormasa, u holda chiqish signali hosil bo'lmaydi va neyron "otishmaydi". Bu neyronning chiqish signali intensivligining pasayishiga va natijada neyronlarning keyingi qatlamida kirishlar potentsialining past qiymatining shakllanishiga olib keladi.

$Y = kP$ chiziqli funktsiyasi differentsial va hisoblash oson, bu ba'zi hollarda tarmoqdagi chiqish signallaridagi xatolarni kamaytirishga imkon beradi, chunki tarmoqni uzatish funktsiyasi ham chiziqli. Biroq, u universal emas va ko'plab muammolarni hal qilishni ta'minlamaydi.

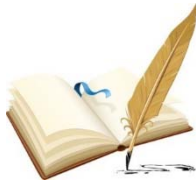
Chiziqli va pog'onali funktsiyalar o'rtasidagi ma'lum bir kelishuv

sigmasimon o'tkazish funksiyasi $Y = 1/(1+e^{-kp})$ bo'lib, u biologik neyronning o'tkazish xarakteristikasini muvaffaqiyatli modellashtiradi (2.2-rasm, c) k koeffitsient qiyaligini aniqlaydi. Chiziqli bo'lmagan funksiyada k qanchalik katta bo'lsa, sigmasimon funktsiya chegaraga yaqinroq bo'ladi. k qanchalik kichik bo'lsa, chiziqqa yaqinroq bo'ladi. Bosqich funksiyasi kabi, u xususiyat maydonidagi murakkab shakllar to'plamini, shu jumladan qavariq bo'lmagan va uzilganlarni aniqlash imkonini beradi. Bunda sigmasimon funktsiya qadam funksiyasidan farqli ravishda uzilishlarga ega emas. U chiziqli funktsiya kabi differensiallanadi va bu sifatdan SNT parametrlari fazosida ekstremumni qidirishda foydalanish mumkin.

O'tkazish funktsiyasining turi neyron tarmoqlar yordamida hal qilinadigan muayyan muammoni hisobga olgan holda tanlanadi. Masalan, yaqinlashtirish va tasniflash masalalarida logistik (sigmasimon) egri chiziqqa ustunlik beriladi. Neyron tarmoq qatlamlarda tashkil etilgan sun'iy neyronlar to'plamidir. Bunda, bir qatlamdagi neyronlarning chiqishi boshqa qatlamdagi neyronlarning kirishlari bilan bog'lanadi. Neyron aloqalarining topologiyasiga qarab, SNT bir darajali va ko'p darajali, teskari aloqa va aloqasiz bo'linadi. Qatlamlar orasidagi aloqalar turli tuzilishga ega bo'lishi mumkin. Bir qatorli tarmoqlarda pastki qatlamning har bir neyroni (tugun) yuqori qatlamning bitta neyroniga ulanadi. Agar pastki qatlamning har bir neyroni keyingi qatlamning bir nechta neyronlari bilan bog'langan bo'lsa, u holda piramidal tarmoq olinadi. Konus shaklidagi ulanish sxemasi yuqori qatlamning har bir tugunini pastki darajadagi barcha tugunlar bilan bog'lashni nazarda tutadi. Shuningdek, neyronlararo ulanishlarning ixtiyoriy tuzilishiga ega bo'lgan qayta aloqani o'z ichiga olgan daraxtga o'xshash va takroriy tarmoqlar mavjud. Muayyan muammoni hal qilish uchun SNT qurish uchun siz neyronlarning ulanish turini tanlashingiz, elementlarning uzatish funktsiyalari turini aniqlashingiz va neyronlararo ulanishlarning og'irlik koeffitsientlarini tanlashingiz kerak [1,2,5-7,12].

SNT konfiguratsiyalarining xilma-xilligi bilan faqat bir nechta amalda keng tarqalgan. Klassik neyron tarmoq modellarini quyida muhokama qilinadi.

2-§. Neyron tarmoq modellari



Tayanch soʻz va atamalar

neyromatematika, kibernetika, neyrokibernetika, koʻp qatlamli tarmoqlar, koʻp qatlamli perseptron, takroriy tarmoqlar, xopfild modeli, oʻz-oʻzini tashkil etuvchi tarmoqlar.

Neyromatematikaning nazariy asoslari 1940-yillarning boshlarida yaratilgan. Aqlli xatti-harakatlarga qodir boʻlgan mashinalarni yaratishga urinishlar asosan "kibernetikaning otasi" Norbert Vinerning gʻoyalaridan ilhomlangan, u oʻzining mashhur "Kibernetika yoki hayvon va mashinada boshqarish va aloqa" asarida barcha mashinalar "aqlli" muayyan maqsadlarga intilish va moslashish qobiliyatiga ega boʻlishi kerak deb taʼkidlaydi. Vinerning gʻoyalarini J.Makkullox va U.Pitts qoʻllab, ular kompyuter va miyaning ishlashi oʻxshash degan farazga asoslanib, miya faoliyatining oʻz nazariyasini ishlab chiqdilar [3]. Ular faoliyatining asosiy natijalari quyidagilardan iborat:

- kirish signallari vektori va tortish koeffitsientlari vektoridan oʻtish funksiyasining qiymatini hisoblaydigan elementi koʻrinishidagi neyron modeli;
- mantiqiy va arifmetik amallarni bajarish uchun neyrotarmoqni loyihalash;
- neyron tarmoq oʻrganish, tasvirlarni tanib olish va olingan maʼlumotlarni umumlashtirish qobiliyatiga ega degan taxmin.

J.Makkalok va V.Pittsning formalizmida neyronlar holatdan holatga oʻtishning chegara funktsiyasi mavjud. Tarmoqdagi har bir neyron boshqa barcha neyronlar holatini aniqlaydi va oʻz holatini aniqlash uchun uni solishtiradi.

Ikkilik raqamlarda ishlaydigan elementlariga asoslangan SNTni apparat bilan amalga oshirish oʻsha paytdagi elektron elementlarning yuqori narxi tufayli juda qiyin boʻlgan. Oʻshanda eng ilgʻor tizimlar atigi yuzlab neyronlarni oʻz ichiga olgan, chumolining asab tizimi esa 20 mingdan ortiq boʻlgan.

Neyrokibernetika amerikalik neyrofiziolog F.Rozenblatning ishlarida jiddiy rivojlandi, u 1958 yilda o'zining neyron tarmog'i modelini taklif qildi va uning asosida yaratilgan **perseptron** deb nomlangan elektron qurilmani namoyish etdi [8]. F.Rosenblat neyronlararo ulanishlarni o'zgartirish imkoniyatini taqdim etdi, bu SNTni o'rganishga imkon berdi. Birinchi perseptronlar lotin alifbosining ba'zi harflarini taniy olishdi. Keyinchalik perseptron modeli sezilarli darajada yaxshilandi va uning eng muvaffaqiyatli qo'llanilishi avtomatik tasniflash muammolari bo'ldi.

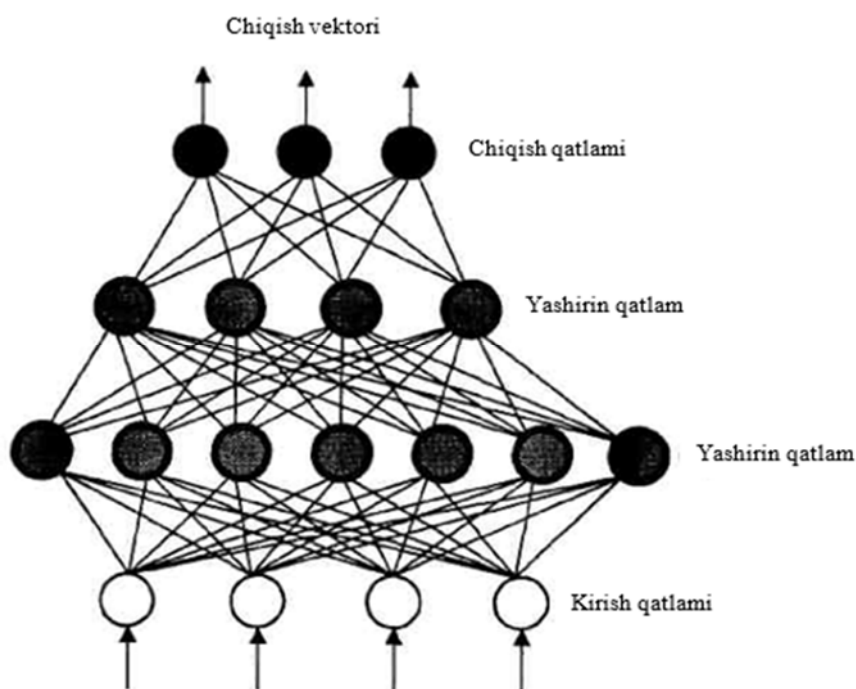
Perseptronni o'qitish algoritmi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi. Tizim mos yozuvlar tasviri bilan taqdim etiladi. Agar tanib olish natijasi belgilangan natijaga to'g'ri kelsa, ulanishlarning koeffitsientlari o'zgarmaydi.

Agar SNT natijani noto'g'ri tan olsa, koeffitsientlari bo'yicha oshiriladi.

M.Minsky va S.Papert [4] tomonidan olib borilgan perseptronning nazariy tahlili uning cheklangan imkoniyatlarini ko'rsatdi, chunki har doim ham berilgan tasvirlar to'plami to'g'ri tan olinadigan koeffitsientlarining kombinatsiyasi mavjud emas. Bu kamchilikning sababi shundaki, bir qatlamli perseptron namunaviy maydonni ajratuvchi chiziqli sirtini amalga oshiradi, natijada muammoni chiziqli ravishda ajratishda tasvir noto'g'ri tan olinadi. Bunday muammolarni hal qilish uchun tan olingan tasvirlar orasidagi chegarani qurishga qodir bo'lgan ko'p qatlamli perseptronlarning modellari taklif etiladi. Rosenblatt perseptronining o'rganish qobiliyati past bo'lishiga qaramay, ushbu kontseptsianing rivojlanishi tadqiqotchilarning e'tiborini SNT muammosiga tortdi va yanada "aqlli" tizimlarni yaratishga olib keldi.

Ko'p qatlamli tarmoqlar. Ko'p qatlamli tarmoqlarda aloqa 2.3-rasmda ko'rsatilganidek faqat qo'shni qatlamlarning neyronlari o'rtasida o'rnatiladi. Har bir element qo'shni qatlamlarning neyronlari bilan o'zgartirilishi orqali ulanishi mumkin, ammo bir xil qatlam elementlari o'rtasida hech qanday aloqa yo'q. Har bir neyron chiqishni faqat yuqoridagi qatlama yuborishi va kirish signallarini faqat uning ostidagi qatlamdan qabul qilishi mumkin. Kirish signallari pastki qatlama

beriladi va signallarning chiqish vektori har bir qatlam elementlarining faollik darajalarini (pastdan yuqoriga) ketma-ket hisoblash yo'li bilan aniqlanadi.



2.3-rasm. Ko'p qatlamli perseptron sxemasi

C - oldingi qatlamlar elementlarining ma'lum bo'lgan faollik qiymatlaridan foydalangan holda kirish signallari vektori. Tasvirni aniqlashda kirish vektori xususiyatlar to'plamiga, chiqish vektori esa tan olingan tasvirlarga mos keladi. Yashirin qatlam (bir yoki bir nechta) bilimlarning o'ziga xos xususiyatlarini aks ettirish uchun mo'ljallangan. Bunday tarmoqlar odatda sigmasimon uzatish funktsiyalaridan foydalanadi.

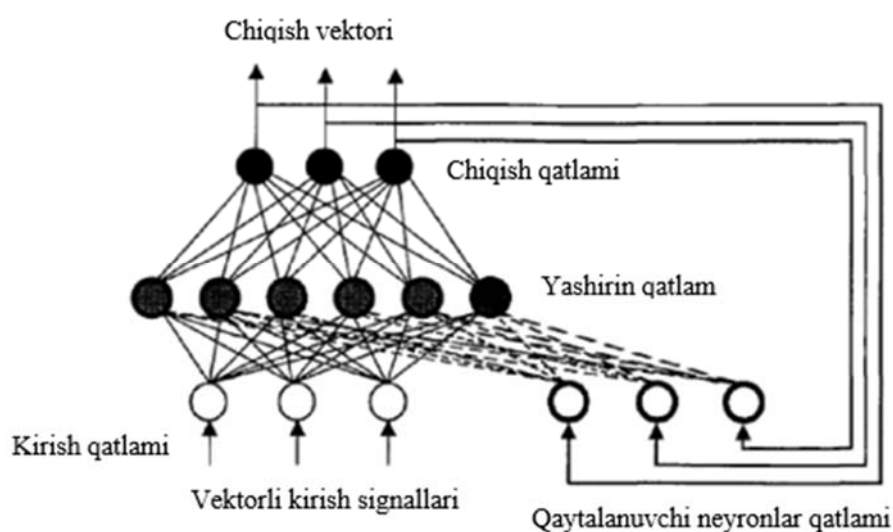
Neyron tarmog'ining tuzilishi turi bilan belgilanadi, masalan, 25-10-5. Yigirma besh tugun birinchi qatlamda, o'ntasi yashirin qatlamda va beshtasi chiqish qatlamida. Yashirin qatlamlar sonini va ma'lum bir vazifa uchun har bir qatlamdagi neyronlar sonini aniqlash muammo bo'lib, uni hal qilishda siz evristik qoidadan foydalanishingiz mumkin: keyingi qatlamdagi neyronlar soni avvalgisiga qaraganda ikki baravar kam. [10, 14].

Yuqorida ta'kidlanganidek, o'rganiladigan bog'lanishlarning bir qatlamiga oddiy perseptron giperplanlar ko'rinishida chegaralarini tashkil

qiladi. Ikki qavatli perseptron og'irliklarning birinchi qavatining giperplanalari hosil qilgan yarim bo'shliqlarda mantiqiy *VA* amalini bajarishi mumkin. Bu kirish signali bo'shlig'ida har qanday konveks hududlarni shakllantirish imkonini beradi. Qavariq hududlarni birlashtirish uchun mantiqiy *OR* dan foydalanib, uch qavatli perseptrondan foydalanib, ixtiyoriy shakl va murakkablikdagi mintaqalarini, shu jumladan qavariq bo'lmagan va ajratilmaganlarni olish mumkin. Yetarli miqdordagi ichki neyronga ega bo'lgan ko'p qatlamli perseptronlar va mos keladigan ulanish matritsasi printsiplal jihatdan har qanday kirish-chiqish xaritasini amalga oshirishga qodir ekanligi M.Minsky va S.Papert tomonidan qayd etilgan, ammo ular bunday protseduralarga bilan qarashgan. Ko'p qatlamli tarmoqlarga qiziqishning kuchayishi natijasida bir nechta tartiblar taklif qilindi. Ulardan biri orqaga tarqalish algoritmi bo'lib, u quyida muhokama qilinadi.

Takroriy tarmoqlar. Ular bir xil kirish ma'lumotlari uchun turli xil chiqish qiymatlarini olish imkonini beruvchi qayta aloqani o'z ichiga oladi. Takroriy neyronlarning mavjudligi SNTga o'quv jarayonida bilimlarni to'plash imkonini beradi.

Takroriy tarmoqlar (2.4-rasm) tizimning energiya holatlari yuzasida mahalliy minimallarga tushishiga to'sqinlik qiluvchi yangi algoritmlaridan foydalanishga asoslangan Xopfield modelining ishlanmasidir. Takroriy tarmoqlarning muhim xususiyati ularning yangi sinflar ob'ektlari mavjudligini bashorat qilish qobiliyatidir.



2.4-rasm. Takroriy neyron tarmoq diagrammasi

Xopfild modeli. Amerikalik biofizik J.Xopfildning ishlari neyron hisoblashlarni zamonaviy matematik modellashga asos soldi [11]. U neyron tarmoq modellarini tahlil qilishda statistik fizikaning kuchli matematik apparatini jalb qilishga muvaffaq bo'ldi. Natijada, neyron tarmoqdagi assotsiativ xotiraning matematik modeli D.Hebbning tortish koeffitsientlarini o'zgartirish qoidasi yordamida shakllantirildi. Bu qoida oddiy taxminga asoslanadi: agar ikkita neyron birga yonsa, ular orasidagi aloqa kuchi ortadi; agar ular alohida bo'lsa, ular orasidagi bog'lanishning kuchi kamayadi.

Xopfild tarmog'i quyidagi shartlarni hisobga olgan holda qurilgan:

- barcha elementlar hammasi bog'langan;
- $w_{ji} = w_{ij}$ - to'g'ridan-to'g'ri va teskari aloqalar simmetrikdir;
- $w_{ii} = 0$ - ulanish matritsasining diagonal elementlari nolga teng, ya'ni chiqishdan bitta neyronning kirishiga qayta aloqa qilinadi.

Bir qavatli neyron tarmog'i to'liq bog'lanishlarga ega bo'lgan tarmoqdagi barcha ulanishlar tuzilishini aks ettiruvchi funktsiyaning minimallari bo'lgan chekli muvozanat nuqtalaridan biriga yaqinlashishi bilan tavsiflanadi. Xopfild tomonidan kiritilgan neyron tarmoqning hisoblash funktsiyasi tasvirlar to'plamiga mos keladigan minimal energiyaga tarmoqning xatti-harakatlarini tavsiflaydi. Shu nuqtai nazardan, Xopfild tarmoqlari assotsiativ xotira funktsiyalarini bajarishi mumkin, bu tarmoq neyronlari faoliyatining boshlang'ich namunasi (namuna) tortishish sohasidagi tasvirning yaqinlashishini ta'minlaydi.

Ushbu yondashuv ma'lum bir vazifa uchun neyron tarmoqni o'quv takrorlashsiz dasturlash mumkin. Birlashtiruvchi og'irliklar hal qilinayotgan muammo uchun energiya funktsiyasining turiga qarab hisoblanadi.

Xopfild modelining ishlanmasi bu Boltsman mashinasi bo'lib, uni kombinatsion optimallashtirish masalalari va sun'iy intellekt muammolarini hal qilish uchun J.E.Xinton va R.Zemel [5,7,12] tomonidan taklif qilingan va o'rganilgan. Unda, boshqa modellarda bo'lgani kabi, neyronning holatlari (1,0), neyronlararo ulanishlar koeffitsientlari bilan ifodalanadi va tarmoqning holati konsensus funktsiyasining ma'lum bir qiymati bilan tavsiflanadi (energiya funktsiyasiga o'xshash). Konsensus funktsiyasining maksimali

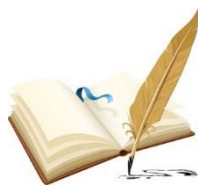
muammoning optimal yechimiga mos keladi.

Xopfield tarmoqlari amaliyotda asosan murakkabroq tizimlarning quyi tizimlarini amalga oshirish sifatida ishlatilgan. Ulardan foydalanish imkoniyatlarini cheklaydigan ma'lum kamchiliklar mavjud:

- elementlar orasidagi bog'lanishlar simmetriyasini qabul qilish, ularsiz energiya tushunchasini kiritish mumkin emas;
- neyron tarmoq - bu energiyani minimallashtirish qurilmasi emas, balki ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash qurilmasi. Energiyani tejash bu jarayonlarda yordamchi rol o'ynaydi;
- Hopfield tarmoqlari ko'plab keraksiz, samarasiz, ba'zan takrorlanadigan ulanishlarni qo'llab-quvvatlaydi. Haqiqiy asab tizimlarida bunday aloqalar qo'llab-quvvatlanmaydi, chunki ularni amalga oshirish ma'lum xarajatlarni talab qiladi. Biologik nerv sistemalarida ularning tuzilishi tufayli keraksiz aloqalar chiqariladi. Bunday holda, "hamma uchun" ulanishlarini tashkil qilish o'rniga, ulanishlarning ko'p qatlamli ierarxik tizimi qo'llaniladi.

T.Koxonenning o'z-o'zini tashkil etuvchi tarmoqlari [15]. Neyronlar o'rtasidagi raqobatga asoslangan o'z-o'zini tashkil etuvchi tarmoqlar g'oyasi maxsus SNT o'z-o'zini o'rganish algoritmlaridan foydalanishga asoslangan. Kohonen tarmoqlari odatda chegara uzatish funktsiyasiga ega elementlarning yagona (chiqish) qatlamini o'z ichiga oladi. Chiqish qatlamidagi neyronlar soni sinflar soniga mos keladi. Neyronlararo ulanishlar parametrlari Evklid fazosidagi kirish signallari vektoriga moslashtirilgan koeffitsientlari vektorining o'lchovi asosida avtomatik ravishda o'rnatiladi. Raqobatda kirish signallarining normallashtirilgan vektoriga eng yaqin qiymatlariga ega bo'lgan neyron g'alaba qozonadi. Bundan tashqari, o'z-o'zini tashkil etuvchi tarmoqlarda kirish namunalarini (tasvirlarni) tasniflash mumkin. Amalda Koxonenning g'oyasi boshqa neyron tarmoq paradigmalari bilan birgalikda qo'llaniladi.

3-§. Neyron tarmoqni qurish



Tayanch soʻz va atamalar

SNT modeli, neyron tarmoq texnologiyalari, korrelyatsiya va regressiya, o'zgarishlar diapazonlari, neyron tarmoq modeli.

SNT modelini qurishda, birinchi navbatda, hal qilinadigan vazifalarni to'g'ri aniqlash kerak. Hozirgi vaqtda neyron tarmoq texnologiyalari bashorat qilish, tanib olish va umumlashtirish uchun muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

Neyron tarmog'i modelini yaratishning birinchi bosqichi kutilgan natijaga ta'sir qiluvchi kirish ma'lumotlarini sinchkovlik bilan tanlashdir. Dastlabki ma'lumotlardan o'rganilayotgan muammoga aloqador bo'lmagan barcha ma'lumotlarni chiqarib tashlash kerak. Shu bilan birga, sizda SNTni o'rgatish uchun yetarli miqdordagi misollar bo'lishi kerak. Kirish ma'lumotlari va to'g'ri javoblarni o'z ichiga olgan misollar soni va neyron tarmoqdagi ulanishlar soni o'rtasida tavsiya etilgan X nisbatini o'rnatadigan umumiy qoida mavjud: $X < 10$.

O'quv namunasiga kiritilgan omillar uchun *birinchi* navbatda korrelyatsiya va regressiya tahlilini o'tkazish orqali ularning ahamiyatini baholash va ularning o'zgarishlar diapazonlarini tahlil qilish tavsiya etiladi.

Ikkinchi bosqichda neyron tarmoq modeli ko'rsatilgan muammoning tabiati va turini hisobga olgan holda manba ma'lumotlari o'zgartiriladi va ma'lumotlarni taqdim etish usullari tanlanadi. Neyron tarmoq modelining samaradorligi, agar kirish va chiqish qiymatlaridagi o'zgarishlar diapazonlari ma'lum bir standartga keltirilsa, masalan, $[0,1]$ yoki $[-1,1]$ ortadi.

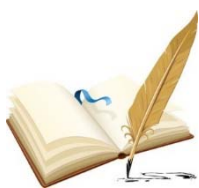
Uchinchi bosqich - SNTni loyihalash, ya'ni, uning arxitekturasini loyihalashda (qatlamlar soni va har bir qatlamdagi neyronlar soni) SNT strukturasi shakllantiriladi, shuning uchun bu muammoni muvaffaqiyatli hal qilish ko'p jihatdan tadqiqotni olib borayotgan tahlilchining tajribasi va mahorati bilan belgilanadi.

To'rtinchi bosqich konstruktiv yoki buzg'unchi yondashuv asosida amalga oshirilishi mumkin bo'lgan tarmoq treningi bilan bog'liq. Birinchi yondashuvga ko'ra, SNTni kichik tarmoq hajmidan boshlanadi, u sinov natijalari asosida kerakli aniqlikka erishilgunga qadar asta-sekin oshiriladi. Buzg'unchi yondashuv "daraxtlarni yupqalash" tamoyiliga asoslanadi, unga ko'ra "qo'shimcha" neyronlar va ularning qo'shni ulanishlari tarmoqdan asta-sekin olib tashlanadi. Ushbu yondashuv masofaviy ulanishlarning tarmoq aniqligiga ta'sirini o'rganish imkonini beradi. Neyron tarmog'ini kirish va chiqish ma'lumotlari hajmini bosqichma-bosqich oshirish asosida alohida tugunlar uchun koeffitsientlarning qiymatlarini takomillashtirishdir. Trening boshlanishidan oldin hal qilinayotgan muammoning tabiatini hisobga olgan holda neyronlarni faollashtirish funksiyasini tanlash tartibi bo'lishi kerak. Xususan, yashirin qatlam neyronlarida uch qavatli perseptronlarda logistik funksiya qo'llaniladi va tarmoqdagi hisoblash tajribalari natijalarini tahlil qilish asosida chiqish qatlami neyronlarining uzatish funksiyasi turi aniqlanadi. SNT qobiliyatining ko'rsatkichi neyronlararo ulanishlar qiymatlarining gistogrammasi bo'lishi mumkin [13].

Beshinchi bosqichda olingan SNT modeli mustaqil namuna bo'yicha sinovdan o'tkaziladi.

4-§. Neyron tarmoqlarni o'rganish

Tayanch so'z va atamalar



neyron tarmoq modeli, Kohonen modellari, neyron tarmoq texnologiyalari, o'zgarishlar diapazonlari, Hebb qoidasi, Orqaga tarqalish usuli.

Neyron tarmoqlarning eng muhim xususiyati ularning o'rganish qobiliyatidir, bu esa neyron tarmoq modellarini algoritmlash imkonsiz, muammoli yoki juda ko'p vaqt talab qiladigan muammolarni hal qilish uchun ajralmas qiladi. Neyron tarmoqni o'rganish modelning ichki parametrlarini o'zgartirishni o'z ichiga oladi, shunda SNT chiqishi o'quv namunasi misollari natijalariga mos keladigan qiymatlar vektorini hosil

qiladi. Neyron tarmoq modelining parametrlarini o'zgartirish turli xil o'rganish algoritmlariga muvofiq turli usullar bilan amalga oshirilishi mumkin. Ta'lim paradigmasi kerakli ma'lumotlarning mavjudligi bilan belgilanadi. Uchta paradigma mavjud:

- o'qituvchi bilan mashg'ulot (nazorat qilinadi);
- o'qituvchisiz o'qish (nazoratsiz);
- aralash ta'lim.

Nazorat ostida o'qitishda o'quv majmuasining barcha misollarida dastlabki ma'lumotlarga (kirishlarga) mos keladigan to'g'ri javoblar (chiqishlar) mavjud. Nazorat ostidagi o'rganish jarayonida sinaptik tarmoq to'g'ri javoblarga eng yaqin javoblarni ishlab chiqarishi uchun o'rnatiladi.

Nazoratsiz o'qitish o'quv majmuasining barcha misollari uchun to'g'ri javoblar ma'lum bo'lmaganda qo'llaniladi. Bunday holda, namunalarni toifalarga taqsimlash uchun tarmoqqa kiruvchi ma'lumotlarning ichki tuzilishini aniqlashga harakat qilinadi (Kohonen modellari).

Aralashtirilgan ta'limda bir qism nazorat ostida o'rganish orqali aniqlanadi, ikkinchi qismi esa o'z-o'zini o'rganish algoritmlari yordamida olinadi.

Misol orqali o'rganish uchta asosiy xususiyat bilan tavsiflanadi: sig'im, namuna murakkabligi va hisoblash murakkabligi. Imkoniyat tarmoq eslay oladigan namunalar soniga mos keladi. Namunalarning murakkabligi neyron tarmoqning o'rganish imkoniyatlarini belgilaydi. Xususan, SNTni o'rgatishda "ortiqcha o'qitish" holatlari paydo bo'lishi mumkin, bunda tarmoq o'quv majmuasidagi misollar bo'yicha yaxshi ishlaydi, lekin o'rganish qobiliyatini yo'qotib, yangi misollar bilan kurasha olmaydi.

Keling, SNTni o'qitishning taniqli qoidalarini ko'rib chiqaylik.

Xatolarni tuzatish qoidasi. SNTni o'qitish jarayoni odatda tasodifiy ravishda o'rnatiladigan neyronlararo ulanishlarning koeffitsientlarini dastlabki qiymatlarini tuzatishdan iborat. Yodlangan misolning (rag'batlantiruvchi) kirish ma'lumotlarini kiritganingizda, neyronlarning bir qatlamidan ikkinchisiga uzatiladigan reaksiya paydo bo'lib, natija hisoblangan oxirgi qatlamga yetib boradi. Ma'lum bo'lgan natija qiymati

va tarmoq javobi o'rtasidagi farq neyronlararo ulanishlarni sozlash uchun xato qiymatiga mos keladi. Sozlash to'g'ri reaksiyalarni kuchaytiradigan ulanishlarning sinaptik og'irligining kichik (odatda 1% dan kam) oshishi va noto'g'ri reaksiyalarga hissa qo'shadiganlarning kamayishidan iborat. Ushbu nazorat qilinadigan o'rganish qoidasi (delta qoidasi) bir qatlamli tarmoqlarda bir nechta kirish va bir nechta chiqishlar o'rtasida ulanishlarning bir qatlamida qo'llaniladi. Bunda j -neyron uchun har bir k -qadamda i -bog'lanishning $w_{jik} = w_{ji(k-1)} + \Delta w_{jik}$, formulasi bo'yicha hisoblanadi, bunda $\Delta w_{jik} = h d_{jk} x_{jik}$, $d_{jk} = T_{jk} - R_{jk}$, T_{jk} - neyronning ma'lum (to'g'ri)) chiqish qiymati; R_{jk} - j -nchi neyron chiqishining hisoblangan qiymati; x_{jik} - i -kirishdagi signal qiymati; h - o'rganish tezligi koeffitsienti.

Neyronlararo ulanishlar optimal qiymatlari koeffitsientlar maydonida ekstremumni izlash uchun deterministik yoki psevdotasodifiy algoritmlardan foydalangan holda o'rtacha kvadrat xatosini minimallashtirish orqali aniqlanishi mumkin. Bu minimumga erishish bilan bog'liq an'anaviy optimallashtirish muammosini keltirib chiqaradi.

Hebb qoidasi [7]. U quyidagi neyrofiziologik kuzatishga asoslanadi: agar sinapsning har ikki tomonidagi neyronlar bir vaqtda va muntazam ravishda yonib tursa, ularning sinaptik aloqasi kuchi ortadi. Bunday holda, har bir neyronlararo aloqaning o'zgarishi faqat sinapsni tashkil etuvchi neyronlarning faolligiga bog'liq. Bu o'rganish algoritmlarini amalga oshirishni sezilarli darajada osonlashtiradi.

Raqobat orqali mashq qilish. Ko'p chiqish neyronlari bir vaqtning o'zida qo'zg'atilishi Hebb qoidasidan farqli o'laroq, chiqish neyronlari faollashish uchun o'zaro raqobatlashadilar (конкурируют). Raqobatli o'rganish jarayonida g'olib neyron va uning atrofida joylashgan neyronlarning ulanishi o'zgartiriladi ("g'olib hammasini oladi").

Orqaga tarqalish usuli. Bu ko'p qatlamli tarmoqlar uchun delta qoidasidan foydalangan holda oddiy perseptronni o'qitish protsedurasining umumlashtirilishi [2,6,10]. Ushbu usulda "to'g'ri javoblar" ni o'z ichiga olgan o'quv majmuasiga ega bo'lish kerak, ya'ni yozishmalar o'rnatilishi kerak bo'lgan ko'plab kirish va chiqish ma'lumotlarini o'z ichiga olishi kerak. Trening boshlanishidan oldin

neyronlararo ulanishlarga kichik tasodifiy qiymatlar tayinlanadi. Trening jarayonining har bir bosqichi ikki bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda tarmoqning kirish elementlari ma'lum bir holatga o'rnatiladi. Kirish signallari tarmoq bo'ylab tarqalib, ma'lum bir chiqish vektorini hosil qiladi. Algoritm ishlashi uchun neyronga o'xshash elementlarning kirish-chiqish xarakteristikasi kamaymaydigan va cheklangan hosilga ega bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun odatda sigmasimon funktsiyalar qo'llaniladi. Olingan chiqish vektori bilan solishtiriladi. Agar ular bir-biriga to'g'ri kelsa, ulanishlarning koeffitsientlari o'zgarmaydi. Aks holda, haqiqiy va kerakli chiqish qiymatlari o'rtasidagi farq hisoblab chiqiladi va chiqish qatlamidan kirish qatlamiga ketma-ket o'tkaziladi. Ushbu ma'lumotlarga asoslanib, ulanishlar umumiy delta qoidasiga muvofiq o'zgartiriladi, bu shakl: $D_p w_{ji} = \text{hd}_{jp} y_{ip}$, bu erda p -chi o'quv juftligi $D_p w_{ji}$ uchun w_{ji} ulanish kuchining o'zgarishi ushbu ulanish orqali kirish signalini qabul qiluvchi j -nchi neyron d_{jp} xato signalining mahsulotiga proporsional bo'ladi. i -chi neyron y_{ip} , bu ulanish orqali signal yuboradi.

Xato signalini aniqlash chiqish bloklari bilan boshlanadigan rekursiv jarayondir. Chiqish bloki uchun xato signali $d_{jp} = y_{\phi_j} T_{jp} - R_{jp}$, bu erda T_{jp} va R_{jp} mos ravishda j -blokning chiqish signalining kerakli va haqiqiy qiymatlari; y_{ϕ_j} – j - blokning chiqish signalining hosilasi. Yashirin blok uchun signal uning chiqish bloklarining xato signali orqali rekursiv tarzda aniqlanadi va bu ulanishlarning og'irliklari $d_{jp} = y_{i\phi} \sum d_{kp} w_{kj}$ ga teng. $y_{\phi_j} = y_j (1 - y_j)$ sigmasimon funktsiya uchun $0 < y_j < 1$ oraliqda hosila $y_j = 0,5$ nuqtada, $y_j = 0$ va $y_j = 1$ nuqtalarda maksimal qiymatga ega bo'ladi. Maksimal o'zgarishlar hali o'z holatini tanlamagan bloklarga (neyronlarga) to'g'ri keladi. Bundan tashqari, koeffitsientlarning cheklangan qiymatlari bilan bloklarning chiqish signallari 0 yoki 1 qiymatlariga erisha olmaydi. Shuning uchun $y_j > 0,1$ qiymatlari 0 sifatida qabul qilinadi va $y_j > 0,9$ qiymatlari 1 sifatida qabul qilinadi.

Har bir kirish-chiqish juftligi taqdim etilgandan so'ng o'zgartiriladi. Biroq, agar o'rganish tezligini belgilovchi h koeffitsienti kichik bo'lsa, unda umumlashtirilgan delta qoidasi D tarmog'ining ishlashidagi umumiy xatolikni gradient tushish usuli bilan minimallashtirishga juda yaqin ekanligini ko'rsatish mumkin. Umumiy tarmoq xatosi quyidagi formula

bilan aniqlanadi.

$$D = \frac{1}{2} \sum_p \sum_j (T_{jp} - R_{jp})^2$$

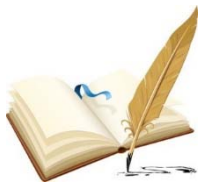
O`rganish xatolik belgilangan qiymatgacha kamayguncha davom etadi. Empirik natijalar shuni ko'rsatadiki, h ning kichik qiymatlari uchun tizim juda yaxshi minimal D ni topadi. Orqaga tarqalish algoritmining asosiy kamchiliklaridan biri shundaki, ko'p hollarda butun o'quv majmuasining bir nechta taqdimotlari (yuzlab marta) bo'lishi mumkin. O'rganish tezligini oshirishga, masalan, D ning ikkinchi hosilasi haqidagi ma'lumotlardan foydalanish yoki h ni oshirish orqali erishish mumkin.

Orqaga tarqalish algoritmi, shuningdek, qayta aloqa bilan tarmoqlarni o'qitish uchun ham qo'llaniladi. Bunday holda, to'g'ridan-to'g'ri ulanishga ega ko'p qatlamli tarmoq va cheklangan vaqt oralig'ida qayta aloqaga ega sinxron tarmoqning ekvivalentligi qo'llaniladi (qatlam vaqt bosqichiga to'g'ri keladi).

Hozirgi vaqtda biologik o'xshashlik nuqtai nazaridan jozibadorroq bo'lgan o'rganish algoritmlari taklif qilingan. Yashirin bloklar kirish bloklariga ulangan tarmoqlar uchun qayta ishlash algoritmi misol bo'la oladi. Trening davomida ulanish har bir blokda faollik o'zgarishi chastotasini minimallashtiradigan tarzda qayta tartibga solinadi. Shunday qilib, o'rganilgan tarmoq barqaror holatlarga ega va assotsiativ xotira rejimida ishlashi mumkin.

5-§. Neyron tarmoqlarni amalga oshirish usullari

Tayanch so'z va atamalar



Neyron tarmoqlar, neyrokompyuterlar, CSS, prognozlash, optimallashtirish, Brain Maker Student , Toolkit Option, Brain Maker Professional, Genetik trening opsiyasi, Brain Maker Accelerator..

Neyron tarmoqlar dasturiy yoki apparatda amalga oshirilishi mumkin.

Uskunani amalga oshirish variantlari orasida neyrokompyuterlar, neyroboardlar va neyroLSIlar (katta miqyosli integral mikrosxemalar) mavjud. Eng oddiy va arzon neuroBISlardan biri Micro Devices kompaniyasining MD 1220 modeli bo'lib, u 8 ta neyron va 120 sinapsdan iborat tarmoqni amalga oshiradi. Istiqbolli ishlanmalar orasida Adaptive Solutions (AQSh) va Hitachi (Yaponiya) modellari bor. Adaptive Solutions tomonidan ishlab chiqilgan neuroBIS eng tezlaridan biri bo'lib, e'lon qilingan ishlov berish tezligi soniyada 1,2 milliard neyronlararo ulanish (ms/s). Hitachi tomonidan ishlab chiqarilgan sxemalar 576 tagacha neyronni o'z ichiga olgan SNTni amalga oshirish imkonini beradi.

Ko'pgina zamonaviy neyrokompyuterlar shaxsiy kompyuter yoki ish stantsiyasi bo'lib, ular qo'shimcha neyroboardni o'z ichiga oladi. Bularga, Fujitsu kompaniyasining FMR seriyali kompyuterlari kiradi. Bunday tizimlarning imkoniyatlari neyromatematika usullaridan foydalangan holda ko'plab amaliy muammolarni hal qilish, shuningdek, yangi algoritmlarni ishlab chiqish uchun etarli. Neyron tarmog'i arxitekturasini tamoyillarini amalga oshiradigan maxsus neyrokompyuterlar katta qiziqish uyg'otadi. Bunday tizimlarning tipik vakillari TRW kompaniyasining Mark oilasiga mansub kompyuterlardir (F.Rozenblatt tomonidan ishlab chiqilgan perseptronning birinchi amaliyoti Mark I deb nomlangan). TRWning Mark III modeli - bu matematik protsessorlarga ega 15 tagacha Motorola 68000 oilaviy protsessorlarini o'z ichiga olgan ish stantsiyasidir. Barcha protsessorlar VME shinasini orqali ulangan. 1 milliondan ortiq konfiguratsiya qilinadigan ulanishlar bilan 65000 tagacha virtual ishlov berish elementlarini qo'llab-quvvatlaydigan tizim arxitekturasini 450 ming ms/s gacha ishlov berish imkonini beradi.

Yana bir misol, Texas Instruments kompaniyasi tomonidan Kembrij universitetidagi ishlanmalar asosida yaratilgan NETSIM neyrokompyuteri. Uning topologiyasi 80188 protsessorlari asosidagi standart hisoblash tugunlarining uch o'lchovli panjarasidir. NETSIM kompyuteri Xopfield-Kohonen tarmoqlarini simulyatsiya qilish uchun ishlatiladi. Uning ishlashi 450 million msek/s ga etadi.

Neyron tarmoqlarning apparat tatbiqlarini ishlab chiqish yoki

amalga oshirish juda qimmat bo'lgan hollarda arzonroq dasturiy ta'minot qo'llaniladi. Eng keng tarqalgan dasturiy mahsulotlardan biri CSS (California Scientific Software) dan BrainMaker dasturlari oilasidir. Dastlab NASA va Jonsonning kosmik markazi uchun Loral Space Systems tomonidan ishlab chiqilgan Brain Maker paketi tez orada tijorat maqsadlarida foydalanish uchun moslashtirildi va bugungi kunda bir necha ming moliyaviy va sanoat kompaniyalari, shuningdek, AQSh mudofaa departamentlari tomonidan prognozlash, optimallashtirish va muammolarni hal qilish uchun foydalanilmoqda. Brain Maker paketining rasmiy usullar va algoritmlari hali topilmagan, kiritilgan ma'lumotlar to'liq bo'lmagan va qarama-qarshi bo'lgan muammolarni hal qilishdir. Bunday vazifalar qatoriga fond birjalaridagi valyutalar va aktsiyalarning ayirboshlash kurslarini prognoz qilish, inqirozli vaziyatlarni modellashtirish, tasvirlarni aniqlash va boshqalar kiradi. Brain Maker muammoni neyron tarmoqlar nazariyasining matematik apparati (aniqrog'i, orqaga tarqalish usuli yordamida o'rganish bilan Xopfild tarmog'i) yordamida hal qiladi. Operativ xotirada ko'p qatlamli neyron tarmoq modeli qurilgan bo'lib, u ko'plab misollardan o'rganish, uning ichki tuzilishini optimallashtirish qobiliyatiga ega. Tarmoq tuzilishini to'g'ri tanlash bilan, uni yetarlicha ko'p miqdordagi misollar bo'yicha o'rgangandan so'ng, natijalarning yuqori ishonchliligiga erishish mumkin (97% va undan yuqori). Brain Makerning MS DOS va MS Windows, shuningdek, Apple Macintosh uchun versiyalari mavjud. To'plamning asosiy versiyasiga mos ravishda, Brain Maker oilasi quyidagi qo'shimchalarni o'z ichiga oladi:

Brain Maker Student – universitetlar uchun paket versiyasi. Bu juda murakkab bo'lmagan vazifalar uchun ilovalar yaratishga ixtisoslashgan kichik kompaniyalar orasida mashhur.

Toolkit Option - Brain Maker imkoniyatlarini oshiradigan uchta qo'shimcha dasturlar to'plamidan iborat: O'rganishni tezlashtirish uchun o'quv ma'lumotlarini ikkilik formatga aylantiradigan binar; Yuqori tezlikdagi o'rganish algoritmidan foydalanadigan Hypersonic Training; Faktlar, statistik ma'lumotlar va boshqa ma'lumotlarni grafik shaklda aks ettiruvchi chizma.

Brain Maker Professional - Brain Makerning ilg'or funksiyalarga ega professional versiyasi bo'lib, barcha Toolkit opsiyalarini o'z ichiga oladi.

Genetik trening opsiyasi (Brain Maker Pro uchun) eng yaxshi yechimlarni tanlash uchun genetik algoritmlardan foydalangan holda ma'lum bir sinfdagi muammolarni hal qilish uchun neyron tarmoqni avtomatik optimallashtirish dasturidir.

Data Maker Editor - bu neyron tarmoqni o'rnatish va undan foydalanishda ma'lumotlarni tayyorlashni avtomatlashtirish uchun maxsus muharrir.

Moliyaviy ma'lumotlarni o'qitish - NYSE, NADDAW, ASE, OEX, DOW va boshqalar makroiqtisodiy ko'rsatkichlarning real qiymatlarini, inflyatsiya indekslarini, statistik ma'lumotlarni o'z ichiga olgan har xil turdagi analitik, tijorat va moliyaviy operatsiyalar uchun neyron tarmog'i uchun maxsus ma'lumotlar to'plami. Turli turdagi mahsulotlar uchun birja hisobotlari ma'lumotlari, shuningdek fyuchers shartnomalari to'g'risidagi ma'lumotlar va boshqalar.

Brain Maker Accelerator - bu Texas Instruments kompaniyasining TMS320C25 signal protsessorlariga asoslangan ixtisoslashtirilgan neyrotezlatuvchi plata. Shaxsiy kompyuterga kiritilganda u Brain Maker paketining ishini bir necha marta tezlashtiradi.

Brain Maker Accelerator Pro - bu professional multiprotsessorli neyron plata. Unda beshta TMS320C30 signal protsessorlari va 32 MB operativ xotira mavjud.

Hozirgi vaqtda dasturiy ta'minot bozorida neyron tarmoqlarni qurish va turli muammolarni hal qilish uchun juda ko'p paketlar mavjud. Brain Maker paketini bozor faxriysi deb atash mumkin. Ushbu oila vakillaridan tashqari, taniqli va keng tarqalgan dasturiy vositalar qatoriga Neuro Shell (Ward System's Group), Neural Works (Neural Ware Inc.) va Neuro Solutions (Neuro Dimension Inc.)lar kiradi. Neuro Solutions oilasining ob'ektga yo'naltirilgan dasturiy ta'minot muhitlari ixtiyoriy tuzilishdagi SNTni modellashtirish uchun mo'ljallangan. Neuro Solutions tizimlari foydalanuvchisi tadqiqot va interaktiv boshqaruv imkoniyatlari bilan ta'minlangan. Tarmoqdagi barcha ma'lumotlar turli vizualizatsiya

vositalari orqali trening davomida ko'rish uchun mavjud. Neuro Solutions tizimida SNT dizayni standart va yangi topologiyalarni simulyatsiya qilish imkonini beruvchi modulli printsipga asoslanadi. Tizimning muhim afzalligi - SNTda dinamik jarayonlarni simulyatsiya qilish imkonini beruvchi maxsus vositalar mavjudligidir.

6-§. Neyron tarmoq texnologiyalarini amaliy qo'llash



Tayanch soʻz va atamalar

Neyron tarmoq texnologiyalari, modellash, sigmasimon xususiyat, kirish faktlari, Deterministik o'rganish algoritmi.

Quyidagi xususiyatli muammolarni hal qilishda neyron tarmoq texnologiyalaridan foydalanish tavsiya etiladi:

- yetarlicha ko'p miqdordagi tajribalar mavjud bo'lganda muammolarni hal qilish uchun algoritmning etishmasligi;
- o'rganilayotgan muammoni tavsiflovchi katta hajmdagi kirish ma'lumotlarining mavjudligi;
- manba ma'lumotlarining ishonchsizligi, qisman nomuvofiqligi, to'liq emasligi yoki ortiqchaligi.

Neyron tarmoq texnologiyalari bosma matnni aniqlash, ishlab chiqarishda mahsulot sifatini nazorat qilish, zarrachalar tezlatkichlarida hodisalarni aniqlash, neft qidiruvi, gilyohvand moddalarni nazorat qilish, tibbiy va harbiy ilovalar, boshqaruv va optimallashtirish, moliyaviy tahlil, prognozlash va boshqalar kabi sohalarda keng qo'llanilishini topdi.

Iqtisodiyotda neyron tarmoq texnologiyalari murakkab chiziqli bo'lmagan funktsiyalarni yaqinlashtirib, vaqtni tasniflash va tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin. Neyron tarmoq modellari regressiya modellari bilan solishtirganda fond bozorida noxiziqli tasvirlarni aniqlashda ko'proq aniqlikni ta'minlashi eksperimental ravishda aniqlangan [13].

Keling, ma'lum bir korxona X aksiyalari uchun ertangi kun uchun narxini prognoz qilish muammosini hal qilishni ko'rib chiqaylik. Modellash uchun biz bir oy davomida kuzatuv ma'lumotlaridan

foydalanamiz. Dastlabki ma'lumotlar sifatida Dow Jones, NIKKEI, FTSE100 ko'rsatkichlaridan, Rossiya kompaniyalarining indeksleri va aktsiyalaridan, "mavsumiy" o'zgaruvchilardan va boshqalardan foydalanish mumkin.

Korxonaning bir kunlik rentabelligining nisbiy ko'rsatkichini quyidagi nisbatlardan aniqlash mumkin:

$$R_i = \begin{cases} \Delta P_i; \\ -\Delta P_i; \\ \Delta P_i = P_i - P_{i-1}, \end{cases}$$

bu erda

ΔP_i - "kecha sotib olingan, bugun sotilgan" operatsiyani baholash;

ΔP_i – “kecha sotilgan, bugun sotib olingan” operatsiyasini baholash;

P_i - tanlangan rentabellik ko'rsatkichining i -kundagi qiymati;

P_{i-1} - $(i - 1)$ kunlik indikatorning qiymati.

Belgilangan vaqt oralig'i (n kun) uchun yakuniy rentabellik formuladan foydalanib hisoblanadi.

$$R = \sum_{i=1}^n (1 + \Delta P_i) - 1$$

Turli SNT modellaridan foydalangan holda korxonaning 30 kunlik rentabelligini baholash natijalari, shuningdek, "ideal" treyderning daromadlari quyida keltirilgan:

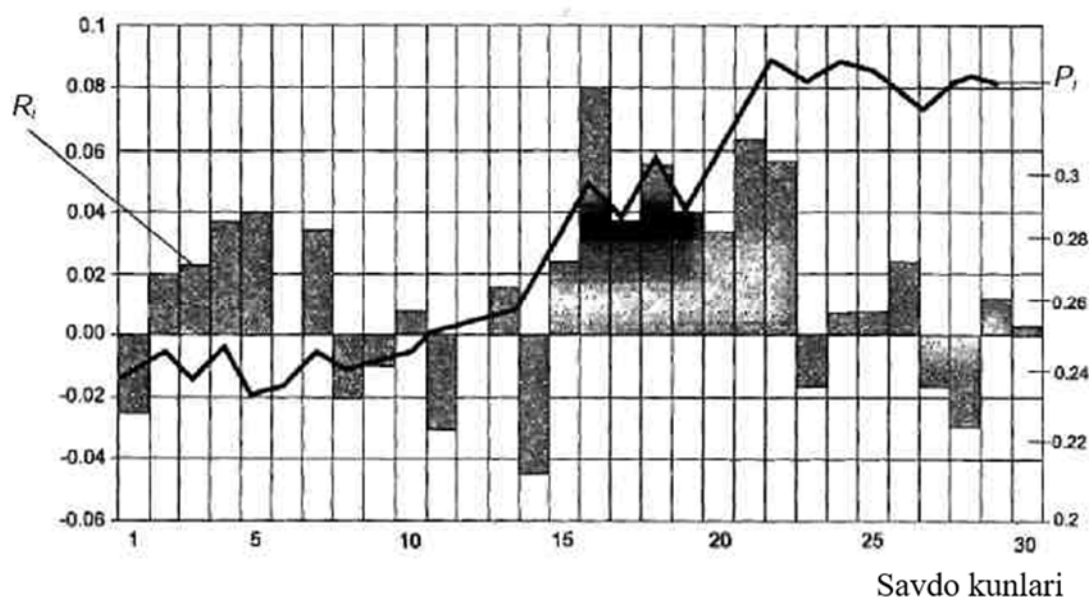
- Standart uch qatlamli tarmoq 0.1919
- Standart to'rt qavatli tarmoq 0.1182
- Yashirin qatlamdan salbiy teskari aloqa bilan takrorlanuvchi tarmoq 0.1378
- Salbiy teskari aloqa bilan takrorlanuvchi tarmoq 0,4545
- Word tarmog'i: uchta yashirin blokli, turli xil uzatish funktsiyalari bilan 0,2656
- Bypass ulanishi bilan uch qatlamli tarmoq 0.1889
- Bypass ulanishlari bilan to'rt qavatli tarmoq 0,0003
- Umumiy regressiya 0,3835 bo'lgan tarmoq
- Argumentlarni guruhli hisobga olish usuli tarmog'i 0.1065
- Word tarmog'i: uchta yashirin blokli, turli xil uzatish funktsiyalari

bilan, aylanib o'tish ulanishi bilan 0.1166

- "Ideal" treyder 1.1448

"Ideal treyder" keyingi kun uchun narxini biladi va shuning uchun mumkin bo'lgan maksimal foyda keltiradi. Treyder neyron tarmoq indikatorining qiymatini quyidagicha ishlatadi: ($i - 1$) kunida bashorat qilingan DP_i qiymatiga asoslanib, (ertangi kun uchun ko'rib chiqilayotgan X kompaniyasi aktsiyalarining narxining o'zgarishiga nisbatan qiymat), treyder aktsiyalarni sotib olish ($DP_i > 0$) yoki sotish ($DP_i < 0$) to'g'risida qaror qabul qiladi.

Simulyatsiya natijalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, eng yaxshi rentabellik teskari aloqa bilan takrorlanuvchi tarmoq tomonidan ta'minlangan (30 kun ichida 45%). Ushbu SNT yordamida olingan bir kunlik rentabellik ko'rsatkichlarining o'zgarishlar dinamikasi 2.5-rasmda ko'rsatilgan.



2.5-rasm. Salbiy teskari aloqa bilan takrorlanuvchi tarmoqda olingan 30 savdo kuni uchun rentabellik (R_i) va yopilish narxlarining (P_i) o'zgarishi dinamikasi.

Neyron tarmoq texnologiyalari marketingda mijozlar xatti-harakatlarini modellashtirish va bozor ulushlarini taqsimlash uchun faol qo'llaniladi. Neyron tarmoq texnologiyalari marketing ma'lumotlar bazalarida yashirin tasvirlarni topish imkonini beradi.

Mijozlarning xatti-harakatlarini modellashtirish reklamaga to'g'ri

javob beradigan va ma'lum bir mahsulot yoki xizmatni xarid qiladigan odamlarning xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi.

Neyron tarmog'i texnologiyalari asosida bozorlarni segmentatsiyalash va modellashtirish har bir mijozning omillari va xususiyatlarini hisobga olgan holda bozorlarni segmentlarga bo'lish qobiliyatiga ega moslashuvchan tizimlarni yaratishga imkon beradi.

SNT texnologiyalari menejerlarning xulq-atvor xususiyatlarini taqlid qilish va bashorat qilish muammolarini va kreditlar berishda risklarni prognoz qilish muammolarini hal qilish uchun yaxshi istiqbolga ega. Ipoteka kreditlash uchun mijozlarni tanlashda, bank mijozlarining bankrotligini bashorat qilishda, kredit kartalaridan foydalanishda firibgarlik operatsiyalarini aniqlashda, belgilangan kreditlar bo'yicha mijozlar reytingini tuzishda va hokazolarda SNTdan foydalanish ham ahamiyatli emas.

Shuni esda tutish kerakki, neyron tarmoq texnologiyalaridan foydalanish har doim ham mumkin emas va muayyan muammolar va kamchiliklar bilan bog'liq.

1. Qabul qilinadigan modelni yaratish uchun kamida 50 marta, ba'zan esa 100 marta kuzatish kerak. Bu juda katta hajmdagi ma'lumotlar. Masalan, mahsulotni ishlab chiqarishda mahsulot uslubi, savdo siyosati va hokazolarning o'zgarishi sababli o'tgan mavsumlar joriy mavsum uchun prognoz qilish uchun etarli emas. Oylik savdo ma'lumotlariga asoslanib, yetarlicha barqaror mahsulotga bo'lgan talabni prognoz qilganda ham, 50 oydan 100 oygacha bo'lgan vaqt davomida ma'lumotlarni to'plash qiyin. Mavsumiy mahsulotlar uchun muammo yanada murakkabroq, chunki har bir mavsum aslida bitta kuzatuvni ifodalaydi. Axborot tanqisligi mavjud bo'lganda, SNT modellari to'liq bo'lmagan ma'lumotlar sharoitida quriladi va keyinchalik ular takomillashtiriladi.

2. Neyron tarmoqlarni qurish qoniqarli modelni olish uchun katta mehnat va vaqtni talab qiladi. Shuni hisobga olish kerakki, o'quv to'plamida olingan haddan tashqari yuqori aniqlik sinov to'plamida beqaror natijalarga olib kelishi mumkin - bu holda tarmoq "qayta o'rganiladi". Tizim muayyan sharoitlarga qanchalik yaxshi

moslashtirilgan bo'lsa, uning umumlashtirish va ekstrapolyatsiya qilish qobiliyati shunchalik past bo'ladi va bu shartlar o'zgarganda uning muvaffaqiyatsiz bo'lish ehtimoli ko'proq. O'quv namunasi hajmini kengaytirish mashg'ulot vaqtini ko'paytirish hisobiga sizga katta barqarorlikka erishishga imkon beradi.

3. Neyron tarmoqlarni o'rgatishda mahalliy minimallarga tushish bilan bog'liq "tuzoqlar" paydo bo'lishi mumkin. Deterministik o'rganish algoritmi global ekstremumni aniqlay olmaydi yoki mahalliy minimumni qoldira olmaydi. Tuzoqlarni chetlab o'tishga imkon beruvchi usullardan biri yashirin qatlamlardagi neyronlar sonini ko'paytirish orqali bo'shliqning o'lchamini kengaytirishdir. Stoxastik o'rganish usullari ushbu muammoni hal qilish uchun ba'zi imkoniyatlarni taklif qiladi. Tarmoq faqat fazoda maqsad funktsiyasi gradient vektorining yo'nalishi ma'lumotlari asosida o'zgartirganda, mahalliy minimumga erishish mumkin, ammo undan chiqish mumkin emas, chunki ekstremum nuqta "harakatlantiruvchi kuch" (gradient) nolga aylanadi va harakatning sababi yo'qoladi. Mahalliy ekstremumni tark etish va globalni qidirishga o'tish uchun siz qo'shimcha kuch yaratishingiz kerak, bu maqsad funktsiyaning gradientiga emas, balki boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Eng oddiy usullardan biri shunchaki tasodifiy kuch yaratish va uni deterministik kuchga qo'shishdir.

4. Neyronning uzatish funktsiyasining sigmasimon xususiyati shundan iboratki, agar mashg'ulot bir nechta koeffitsientlari juda katta bo'lsa, u holda neyron to'yingan mintaqadagi funktsiyaning gorizontaal qismiga tushadi. Shu bilan birga, boshqa o'zgarishlar, hatto juda katta bo'lsa ham, bunday neyronning chiqish signalining qiymatiga va maqsadli funktsiyaning qiymatiga deyarli ta'sir qilmaydi.

5. Kirish o'zgaruvchilari diapazonini tanlash juda oddiy, ammo ko'pincha xatolikka yo'l qo'yiladi. Agar $x_i = 0$ va 1 qiymatlari bo'lgan ikkilik o'zgaruvchi bo'lsa, taxminan yarmida u nol qiymatga ega bo'ladi: $x_i = 0$. x_i omil sifatida o'zgartirish ifodasiga kiritilganligi sababli, to'yinganlik bilan bir xil bo'ladi: modifikatsiyada mos keladigan tarozilar qulflanadi. Kirish o'zgaruvchilari uchun to'g'ri diapazon nosimmetrik bo'lishi kerak, masalan, +1 dan -1 gacha [2, 12].

6. Neyron tarmog'i bilan bog'liq muammolarni yechish jarayoni foydalanuvchi uchun "shaffof" bo'lib, bu uning tarmoqning bashorat qilish qobiliyatiga ishonchsizligini keltirib chiqarishi mumkin.

7. Agar kirish faktlari (ma'lumotlar) tarmoq o'rganilgan misollardan sezilarli darajada farq qilsa, tarmoqning bashorat qilish qobiliyati sezilarli darajada kamayadi. Ushbu kamchilik iqtisodiy prognozlash muammolarini hal qilishda, xususan, qimmatli qog'ozlar kotirovkalari tendentsiyalari va fond va moliya bozorlarida valyutalar qiymatini aniqlashda aniq namoyon bo'ladi.

8. Neyron tarmoqlarni loyihalash va samarali o'rganish uchun nazariy asoslangan qoidalar yo'q. Ushbu kamchilik, xususan, neyron tarmoqlarning qayta tayyorlash (ortiqcha o'rganish) holatlarida domen ma'lumotlarini yo'qotishiga olib keladi.



O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Sun'iy neyron modelini tasvirlab bering. Transfer funksiyalariga misollar keltiring.
2. Biologik va sun'iy neyron tarmoqlarning xossalarini solishtiring.
3. Bir qavatli va ko'p qavatli SNTni solishtiring.
4. Takroriy va o'z-o'zini tashkil qiluvchi tarmoqlarning xususiyatlarini ochib bering.
5. Xopfield va Kohonen tarmoq modellarini tushuntiring.
6. Neyron tarmoqni qurishning asosiy bosqichlarini aytib bering.
7. SNTni o'rganish usullari haqida gapirib bering (xatolarni tuzatish, Hebbian o'rganish, raqobatbardosh o'rganish, backpropagatsiya usuli).
8. Orqaga tarqalish algoritmini aytib bering. Uning afzalliklari va kamchiliklarini tuzing.
9. Neyron tarmoqlarni o'qitish paradigmalarini nomlang va tavsiflang.
10. Sizga ma'lum bo'lgan SNTni amalga oshirish usullari haqida gapirib bering.
11. SNTni qo'llash shartlarini tushuntiring. Neyron tarmoqlardan foydalanishda yuzaga keladigan asosiy muammolarni

shakllantirish.

12. Neyron tarmoqni qayta tayyorlashning salbiy oqibatlarini ayting.
13. Berilgan maqsad bilan neyron tarmoqni o'rganish uchun misollar to'plamini tayyorlang.
14. Eng mashhur faollashtirish funksiyalarini chizing va ularni tavsiflang.
15. Yechish uchun neyron tarmoqdan foydalanish mumkin va maqsadga muvofiq bo'lgan muammoning masalasini tuzing. Buni qanday amalga oshirish mumkinligini tasvirlab bering.
16. Neyrotarmoq usullari yordamida hal qilinishi kerak bo'lgan masalasini tuzing. Ta'lim va sinov namunalarini tayyorlang.
17. Neyron tarmoq texnologiyasidan foydalangan holda yechilishi kerak bo'lgan bilimlarni ajratib olish muammosi masalasini tuzing. Kerakli ma'lumotlarni tayyorlang.
18. Neyron tarmoq texnologiyasidan foydalangan holda yechish uchun tasniflash (diagnostika) masalasini tuzing. Kerakli ma'lumotlarni tayyorlang, tarmoq topologiyasini tanlang.
19. Neyron tarmoq texnologiyasidan foydalangan holda yechilishi kerak bo'lgan prognozlash masalasini tuzing. Kerakli ma'lumotlarni tayyorlang, tarmoq topologiyasini tanlang.
20. SNTdan foydalanishga mos bo'lgan holatni oqilona tanlang:
21. a) shovqin bilan buzilgan katta hajmdagi ma'lumotlarning tendentsiyalari va munosabatlarini aniqlash;
22. b) tajribalar soni kam bo'lganda, tajriba natijalariga ko'ra funksiyaning yaqinlashuvini qurish.
23. Ko'p qatlamli neyron tarmog'ining arxitekturasini va konfiguratsiyasini tanlash haqida gapirib bering.
24. O'z-o'zini tashkil qiluvchi Kohonen xaritalari yordamida hal qilingan masalalar haqida gapirib bering.
25. Orqaga tarqalish algoritmining afzalliklari va kamchiliklarini ayting.
26. Neyron tarmoqlarning asosiy arxitekturalarini nomlang va ularga qisqacha tavsif bering.
27. Sun'iy neyron tarmoqlardan amaliy foydalanish muammolari haqida gapirib bering.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Барцев, С.И. Адаптивные сети обработки информации / С.И. Барцев, В.А. Охонин. – Красноярск : Институт физики СО АН СССР, 1986.
2. Галушкин, А.И. Нейронные сети. Основы теории / А.И. Галушкин. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2012. – 496 с.
3. Компьютер обретает разум / под ред. В.А. Стефанюк. – М.: Мир, 1990. – 240 с.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С.Осовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002.
5. Лозин, Н.В. Моделирование нейронных структур / Н.В. Лозин. – М.: Наука, 1970.
6. Розенблат, Ф. Принципы нейродинамики / Ф. Розенблат. – М.: Мир, 1965.
7. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2007.
8. Соколов Е.Н. Нейроинтеллект: от нейрона к нейрокомпьютеру /Е.Н.Соколов, Г.Г. Вайтнявичус. – М.: Наука, 1989.
9. Толкачев С. Нейронное программирование диалоговых систем /С.Толкачев. – М.: Корона-Век, 2011.
- 10.Трикоз Д.В. Нейронные сети: как это делается? /Д.В.Трикоз //Компьютеры + программы. – 1992. – № 4, 5.
11. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика /Ф.Уоссермен. – М.: Мир, 1992.
- 12.Фролов, Ю.В. Интеллектуальные системы и управленческие решения /Ю.В.Фролов. – М.: Изд-во МГПУ, 2000.
13. Хинтон Дж.Е. Как обучаются нейронные сети / Дж.Е. Хинтон //В мире науки. – 1992– № 11, 12.
14. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ / Р.Тадеусевич [и др.]. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2011.
15. Kohonen, T. Self-organization and associative memory / T. Kohonen. – New York: Springer, 1984.

3-BOB. SUN'IY INTELLEKT TIZIMLARDAGI EVOLUTSION ANALOGIYALARI

Evolyutsion modellashtirishni maxsus kompyuter dasturlari yordamida tabiiy evolyutsiya jarayonini takrorlash deb ta'riflash mumkin. Evolyutsiya atamasi cheklangan ma'noda, faqat organizmlar avlodlarining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, 17-asrda keng qo'llanila boshlandi. 1859 yilda Darvin ta'limotining paydo bo'lishi bilan bu atama zamonaviy talqinga ega bo'ldi: "Biologik evolyutsiya - bu organizmlarning tarixiy rivojlanishi". Evolyutsiyaning asosiy omillarini belgilovchi zarur va yetarli shart-sharoitlar 20-asrda shakllantirilgan populyatsiya genetik nazariyasiga asoslanadi. Evolyutsiyaning muqarrarligini belgilovchi omillarga quyidagilar kiradi:

- irsiy o'zgaruvchanlik evolyutsiyaning zaruriy sharti sifatida, uning materiali;
- nazorat qiluvchi va yo'naltiruvchi omil sifatida mavjudlik uchun kurash;
- tabiiy tanlanish o'zgartiruvchi omil sifatida.

3.1-rasmda evolyutsiya omillarining spetsifikatsiyasi, ularning namoyon bo'lish shakllari, munosabatlari va o'zaro ta'sirining xilma-xilligini hisobga olgan holda ko'rsatilgan [11]. Asosiy omillar uziq nuqtali chiziq bilan ta'kidlangan.

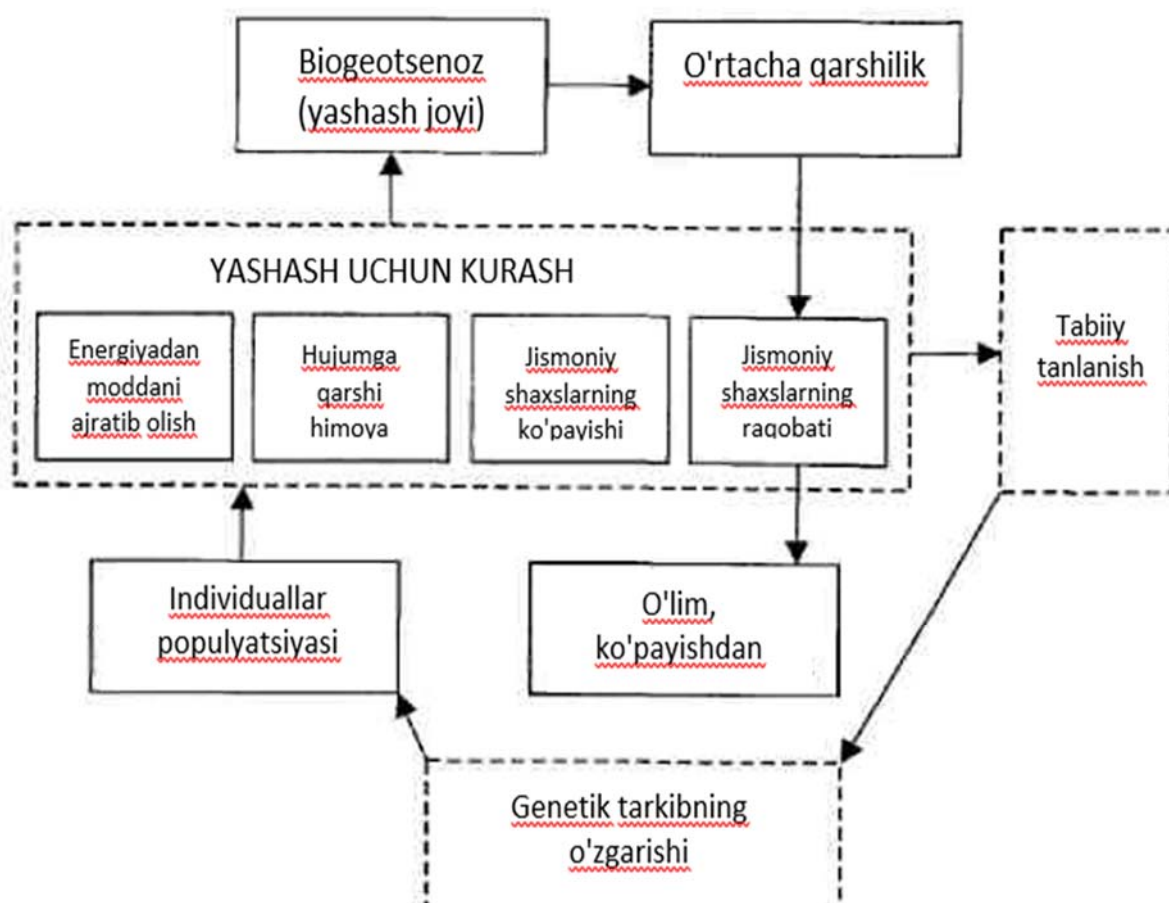
Evolyutsiyaning zamonaviy nazariyasi umumiy va populyatsiya genetikasi nazariyasiga asoslanadi. Evolyutsiyaning elementar ob'ekti populyatsiya - erkin chalingan individlar jamoasidir. Populyatsiyalarda mikroevolyutsion jarayonlar sodir bo'lib, ularning genofondining o'zgarishiga olib keladi. Populyatsiyaning genetik tarkibidagi o'zgarishlar elementar evolyutsion omillar ta'sirida sodir bo'ladi. Genlar va boshqa ko'paytiriladigan birliklarning tasodifiy tarkibiy yoki funktsional o'zgarishlari, agar ular shaxsning har qanday fenotipik xususiyatlarining irsiy o'zgarishiga olib keladigan bo'lsa, mutatsiyalar deyiladi. Genlar hujayra yadrosining o'ziga xos tuzilmalari bo'lib, hujayra bo'linish jarayonlarida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Genom - bu haqiqatan ham mavjud, mustaqil irsiyat birligi bo'lib, u kesishish paytida birlashadi va

bo'linadi.

Populyatsiya genofondining o'zgarishi tabiiy tanlanish nazorati ostida sodir bo'ladi.

Evolyutsiya - bu evolyutsiya mexanizmlarining o'zgaruvchanligi bilan tavsiflangan yuqori darajadagi tashkiliylikka ega bo'lgan organik shakllarning paydo bo'lishining ko'p bosqichli jarayoni.

Evolyutsion hisoblashlar tarixi bir qator mustaqil modellar, jumladan, amerikalik tadqiqotchi J.Golland tomonidan yaratilgan genetik algoritmlar va tasniflash tizimlarini ishlab chiqish bilan boshlandi. U optimallashtirish masalalarini hal qilishda variantlarning kombinatorik depopulyatsiya qilish mexanizmi sifatida yerdagi organik dunyoni rivojlantirish usullari va modellaridan foydalanishni taklif qildi [14, 26].



3.1-rasm. Evolyutsion omillarning o'zaro ta'siri sxemasi

Ushbu mexanizmning kompyuterda amalga oshirilishi "genetik algoritmlar" deb ataladi. 1970-yillarda Tasodifiy qidiruv nazariyasi doirasida L.A.Rastrigin shaxslarning bionik xulq-atvori g'oyalariidan foydalangan holda bir qator algoritmlarni taklif qildi [10]. Bu g'oyalarning rivojlanishi I.L.Bukatovaning evolyutsion modellashtirishga oid qator ishlarida o'z aksini topdi [2,3]. M.L.Tsetlinning jamoalarning xulq-atvorini o'rganishda ishlab chiqilgan g'oyalari shaxslarning rivojlanishi va yo'q qilinishi jarayonlarini modellashtirishga asoslangan global ekstremumni qidirish algoritmlarining asosini tashkil etdi [15]. Evolyutsion dasturlashning rivojlanishiga L.Vogel, A.Ouens va M.Uolshlarning asarlari katta hissa qo'shdi [12, 20, 21].

Hozirgi bosqichda evolyutsion modellashtirishni rivojlantirishning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

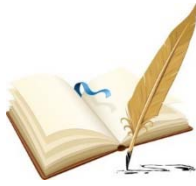
- diskret o'zgaruvchilarning funktsiyalarini optimallashtirish uchun mo'ljallangan va tabiiy rekombinatsiya va tanlash jarayonlarining analogiyalaridan foydalangan holda genetik algoritmlar (GA);
- genetik algoritmlar asosida yaratilgan tasniflash tizimlari (CS), o'rganishni boshqarish tizimlari sifatida qo'llaniladi;
- yaratilgan kompyuter dasturlarini optimallashtirish uchun evolyutsion usullardan foydalanishga asoslangan genetik dasturlash (GP);
- rekombinatsiyalardan foydalanmasdan uzluksiz funktsiyalarni optimallashtirishga qaratilgan evolyutsion dasturlash (EP);
- rekombinatsiyalar yordamida uzluksiz funktsiyalarni optimallashtirishga qaratilgan evolyutsion strategiyalar (ES).

Qo'llaniladigan masalani analitik yechimini topishga imkon beradigan shaklda shakllantirish natijani tezda topish zarur bo'lganda, masalan, real vaqt rejimida tizimlarni boshqarishda evolyutsion usullardan foydalanish tavsiya etiladi.

Rossiyada evolyutsion usullarni ishlab chiqish bilan professorlar I.L.Bukatova [2, 3], D.I.Batishchev [1], V.M.Kureichik [7 – 9] va I.P.Norenkov [6] ilmiy maktablari shug'ullanadi.

1-§. Genetik algoritmlar

Tayanch soʻz va atamalar



Genetik algoritm, genlar to'plami, irsiy ma'lumotlar, Krossing-over, Mutatsiya jarayonlari, Genetika muhandisligi, Reproduktsiya, irsiyat tashuvchilari.

Genetik algoritmlar genetika va organizmlar evolyutsiyasining nazariyasiga asoslanadi. Irsiyat tashuvchisi bo'lgan hujayra yadrosida joylashgan ipga o'xshash tuzilmalardir. Har bir irsiyat tashuvchisi morfologik va genetik jihatdan o'ziga xos bo'lib, uni boshqasi bilan almashtirib bo'lmaydi yoki yo'qolgan taqdirda tiklanmaydi (irsiyat tashuvchisi yo'qolganda, hujayra odatda o'ladi). Har bir biologik tur ma'lum, doimiy irsiyat tashuvchilar soniga ega. Har bir hujayra morfologik va genetik jihatdan o'xshash irsiyat tashuvchilarning qo'sh to'plamini o'z ichiga oladi. Masalan, inson hujayralarida 23 juft irsiyat tashuvchisi, chivin hujayralari 3 tadan iborat.

Belgilarning irsiylanish jarayoniga hujayra bo'linishi paytida irsiyat tashuvchilarining xatti-harakati sezilarli darajada ta'sir qiladi. Hujayralarning mitotik va meiotik bo'linishlari mavjud. Mitotik bo'linish asl irsiyat tashuvchilarning ikkita qiz hujayralar o'rtasida taqsimlanishini ta'minlaydi, ular teng irsiyat tashuvchilar to'plamiga ega bo'ladi va bir-biriga juda o'xshash bo'ladi. Bunday holda, asl irsiyat tashuvchilarning reduplikatsiyasi sodir bo'ladi, buning natijasida hujayra bo'linish vaqtiga kelib, har bir irsiyat tashuvchisining ikki nusxasi - singlisi xromatidalardan iborat (3.2-rasm).

Meyoz jarayonida ikkita ketma-ket bo'linish sodir bo'ladi: qisqartirish va tenglama. Meyoz natijasida asl hujayraga nisbatan irsiyat tashuvchilari soni yarmiga teng bo'lgan hujayralar hosil bo'ladi.

Qaytarilish bosqichida xromatidlar genlarni almashadi, deoksiribonuklein kislota (DNK) bo'limlari. Shundan so'ng, hujayra ikkita yangiga bo'linadi va ularning har birida tuzilmalari asl nusxasidan farq qiladigan qo'sh irsiyat tashuvchi to'plami mavjud. Gen almashinuvi

mexanizmi krossingover deb ataladi.

Tenglamali bo'linish natijasida hosil bo'lgan ikkita hujayradan to'rtta hujayra hosil bo'ladi, ularning har birida bitta irsiyat tashuvchilari to'plami mavjud (3.2-rasm).

Shunday qilib, mitoz hujayraning yangilanishini ta'minlaydi va meioz irsiy ma'lumotni uzatish uchun javobgardir va ma'lum bir turdagi organizmlarning genetik xilma-xilligiga hissa qo'shadi.

Klassik genetika genning asosiy nazariyasini yaratish orqali irsiyat va o'zgaruvchanlikni asosladi, uning asosiy qoidalari quyidagicha ifodalanadi:

- organizmning barcha xususiyatlari genlar to'plami bilan belgilanadi;
- genlar irsiyat tashuvchilarda joylashgan irsiy axborotning elementar birliklari;
- genlar o'zgarishi mumkin - mutatsiya;
- individual genlarning mutatsiyalari tananing individual elementar xususiyatlarining o'zgarishiga olib keladi.

Gen irsiy ma'lumotlarning strukturaviy birligi sifatida belgilanadi, keyinchalik funktsional jihatdan bo'linmaydi. Bu DNK molekulasi bo'limi bo'lib, unda nukleotid juftlarining doimiy tartibi saqlanadi. Bitta organizmning irsiyat tashuvchilari to'plamida joylashgan genlar majmuasi genomni hosil qiladi. O'zini ko'paytirishning noyob qobiliyatiga ega bo'lgan DNK molekulalarining roli genetik ma'lumotlarni saqlash va keyingi avlodlarga etkazishdir.

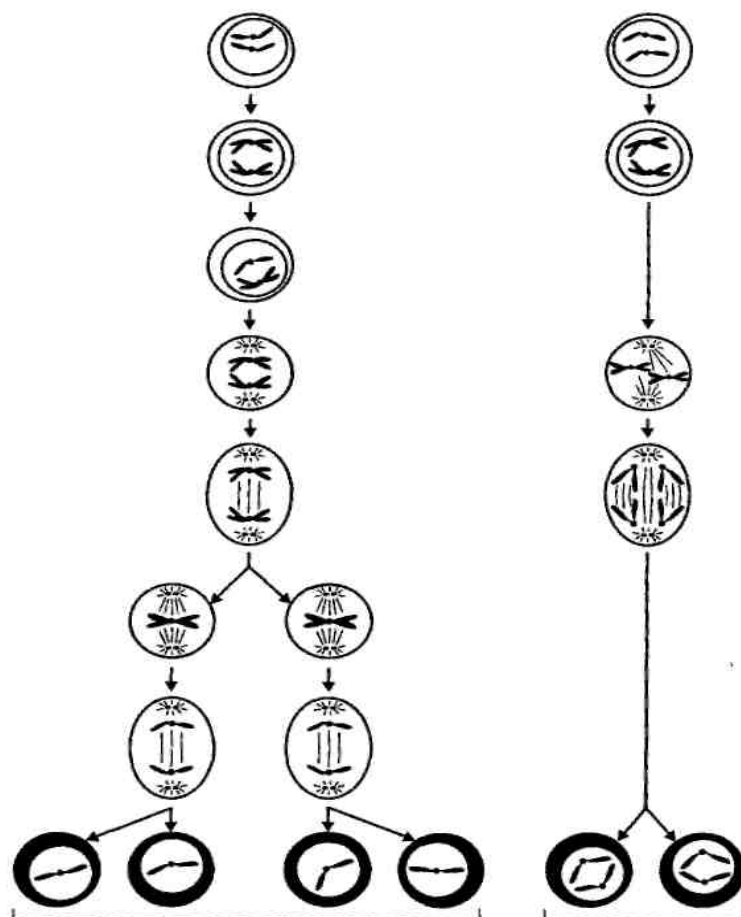
Optimal echimlarni izlash muammolarida mumkin bo'lganlar to'plamidan har bir yechim unga boshqa yechim elementlarini kiritish orqali ma'lumotlar to'plami bilan ifodalanishi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, mumkin bo'lgan yechimlar genlardan tashkil topgan irsiyat tashuvchilarga mos keladi va optimallashtirish jarayonida genlar irsiyat tashuvchilari o'rtasida almashinadi (rekombinatsiya). Genetik algoritmlarni qurishda genetik rekombinatsiya tamoyilini tanlash muhim ahamiyatga ega. Irsiy omillarni qayta taqsimlashning bir necha turlari mavjud:

- irsiyat tashuvchisi bo'lmagan genlar;

- maqsadli homolog bo'lmagan irsiyat tashuvchilarning rekombinatsiyasi;
- doimiy DNK molekulalari bilan ifodalangan irsiyat tashuvchi bo'limlarining rekombinatsiyasi.

Genetik algoritmlarni qurish uchun rekombinatsiyaning uchinchi turi katta qiziqish uyg'otadi, u yakuniy yechimda eng yaxshi funktsional xususiyatlarni to'plash uchun ishlatiladi. Irsiyat tashuvchi hududlari rekombinatsiyasining bir necha turlari mavjud: krossing-over, sayt, noqonuniy rekombinatsiya.

Krossing-over muntazam rekombinatsiyaga to'g'ri keladi, bunda ma'lum hududlar homolog irsiyat tashuvchilari o'rtasida almashinadi. Bu bog'langan genlarning yangi kombinatsiyasining paydo bo'lishiga olib keladi.



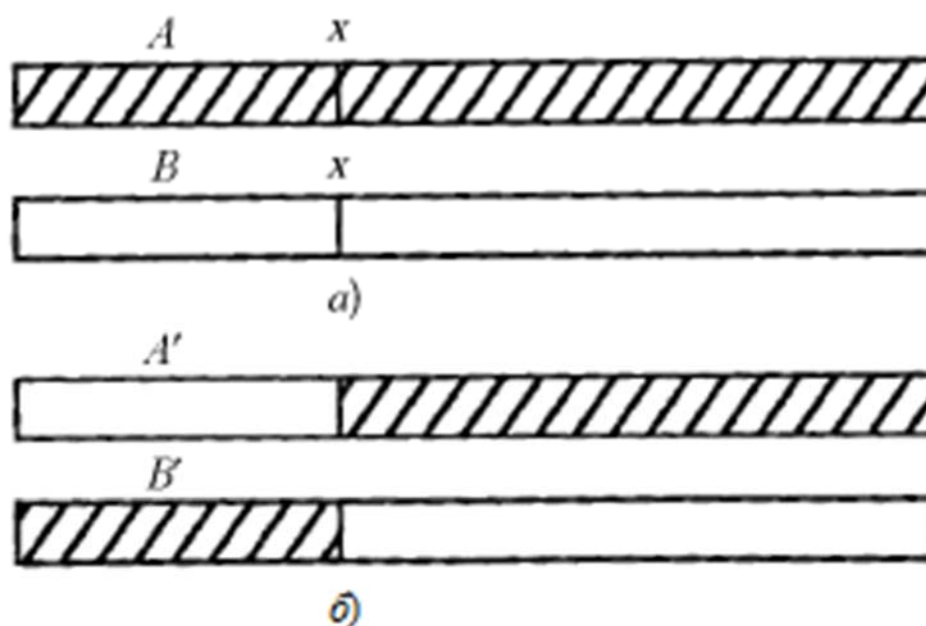
Sayt - bu genoforlar (gen tashuvchilar) irsiyat tashuvchilarning qisqa ixtisoslashgan bo'limlarida almashinadigan rekombinatsiya turi bo'lib, ko'pincha genetik ma'lumotlarning hajmi va tarkibida farqlanadi.

Noqonuniy rekombinatsiya translokatsiyalar, inversiyalar va teng bo'lmagan kesishish holatlarini o'z ichiga olgan gomologik bo'lmagan almashinuvlarga imkon beradi. Bunday usullar yangi echimlarni yaratishda foydali bo'lishi mumkin.

Genetik algoritmlarda eng keng tarqalgan operatsiya crossing-over bo'lib, u gomologik xromatidlarni parchalash va ularni yangi kombinatsiyaga qo'shishdan iborat. Genetik material almashinuvidan so'ng ikkita yangi irsiyat tashuvchilar hosil bo'lishini ko'rsatadigan kesishish diagrammasi 3.3-rasmda ko'rsatilgan.

Krossing-overning asosiy maqsadi mavjud genetik materialdan bir yechimda kerakli belgilar kombinatsiyasini yaratishdir.

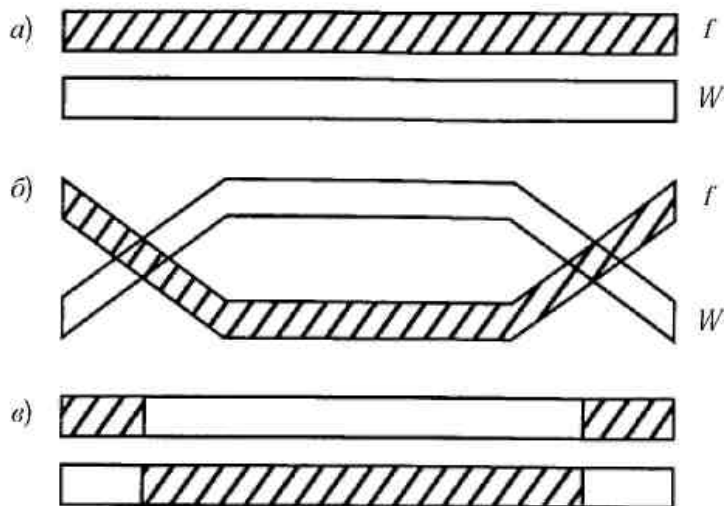
Krossover bir necha nuqtada sodir bo'lishi mumkin. Irsiyat tashuvchilar orasidagi ikki tomonlama krossing-overga misol 3.4-rasmda keltirilgan.



3.3-rasm. Krossover sxemasi:

a - ota-ona irsiyat tashuvchilari A, B kesib o'tishdan oldin; b - nasl irsiyat tashuvchilar A', B' kesib o'tgandan keyin

b)



3.4-rasm. Ikki marta o'tish sxemasi:

a - kesib o'tishdan oldin; b - kesib o'tish paytida; c - kesib o'tgandan keyin

Krossing-overdan tashqari, mutatsiya, inversiya, translokatsiya, seleksiya (inbreeding va duragaylash) va genetik muhandislik kabi genetik operatsiyalar turli amaliy muammolarni hal qilish uchun foydalidir.

Mutatsiya deganda genetik materialning asosiy xususiyatlarining sifat jihatidan yangi namoyon bo'lishiga olib keladigan genetik o'zgarish tushuniladi: diskretlik, uzluksizlik yoki chiziqlilik. Diskretlik xususiyati bizga ma'lum funktsiyalarni boshqaradigan asl genetik materialdagi qismlarni aniqlash imkonini beradi. Davomiylik deganda, ba'zi bir funktsiyani boshqarish uchun genlarning ma'lum birikmalari birgalikda ishlashini anglatadi. Lineerlik bog'lanish guruhidagi genlarning ma'lum bir ketma-ketligida namoyon bo'ladi.

Mutatsiya jarayonlari turli xil genetik materialga olib keladi. Shu munosabat bilan genetik algoritmlarda mutatsiya operatsiyasidan foydalanish krossing-over orqali sifat jihatidan yaxshilanmaydigan yechimlarni olishga qaratilgan.

Inversiya, translokatsiya, transpozitsiya, bo'linish va duplikatsiya irsiyat tashuvchi mutatsiyalarining turlari hisoblanadi. Inversiya vaqtida irsiyat tashuvchilarining bir qismi 180° ga aylanadi. Translokatsiya - bu bir irsiyat tashuvchilarining bir qismini boshqasiga o'tkazish. Agar

genetik materialning kichik bo'limlari bitta xromosoma ichida ko'chirilganda, transpozitsiya atamasi ishlatiladi. Bo'linish - irsiyat tashuvchilarning alohida bo'limlarini yo'qotish, duplikatsiya - genetik materialning bir qismini takrorlash. Ro'yxatga kiritilganlardan tashqari, irsiyat tashuvchilari mutatsiyalarining boshqa turlari ham mavjud [7].

Tanlash - ommaviy yoki individual bo'lishi mumkin bo'lgan sun'iy tanlash shakli. Aniqlanishicha, fenotip (barcha tashqi va ichki xususiyatlarning yig'indisi) asosidagi ommaviy tanlash, populyatsiya alohida qatorlarga bo'linganda va ko'payish uchun kerakli xususiyatlarning tashuvchilari tanlanganda, individual tanlovga qaraganda unchalik samarali emas. Genetik optimallashtirish algoritmlarida tanlash protsedurasidan foydalanish kerakli yechimni sintez qilish jarayonini tezlashtirishga yordam beradi.

Genetika muhandisligi - bu rekombinant DNKni olish va u bilan ishlash usullari to'plami. Rekombinant DNK turli organizmlarning DNK qismlarini birlashtirish orqali hosil bo'ladi. Genetik injeneriya usullaridan foydalanish bir qator masalalarda kerakli yechimni ancha tezroq topish imkonini beradi.

Evolyutsiya mexanizmi uchta takrorlanuvchi jarayonga asoslanadi: tanlash, kuchaytirish (nasl etishtirish jarayoni) va mutatsiya. Optimallashtirish muammolari va yarim tizimli qarorlar qabul qilish muammolarini hal qilish uchun tasodifiy yo'naltirilgan kombinatorli qidiruv tizimi sifatida ishlatiladi.

Genetik algoritim - bu seleksiya va genetikaning tabiiy mexanizmlariga asoslangan qidiruv algoritmi. Ushbu algoritmlar yechimlarning asl populyatsiyasi evolyutsiyasini modellashtirish asosida qidirish jarayonini shakllantirish va o'zgartirish orqali eng kuchli echimlarning omon qolishini ta'minlaydi. Genetik algoritmlar shunday tuzilganki, har bir yangi populyatsiyani yaratishda asl yechimlarning bo'laklari qo'llaniladi, ularga yechimlarni yaxshilash uchun yangi elementlar qo'shiladi. Boshqacha qilib aytganda, genetik algoritmlar evolyutsiya jarayonida to'plangan ma'lumotlardan foydalanadi [2, 3, 7, 8, 16, 22 – 26].

Genetika algoritmlari genetikadan olingan maxsus atamalardan foydalanadi, ular quyidagicha izohlanadi:

Genetika	Genetika algoritmlari
Irsiyat tashuvchi	Yechim, satr, qator, ketma-ketlik, ota-ona, bola
Populyatsiya	Eritmalar to'plami (irsiyat tashuvchi)
Lokus	Genning irsiyat tashuvchidagi joylashuvi
Avlod	Genetik algoritmnining ishlash tsikli, uning davomida ko'plab echimlar hosil bo'ladi
Gen	Element, xarakteristika, maxsus xususiyat, xossa, detektor
Allele	Element qiymati, xususiyatlari
Fenotip	Tuzilishi
Epistaz	Ko'p parametrlar, muqobil echimlar
Krossbreeding, rekombinatsiya, krossingover	Rekombinatsiya operatori
Mutatsiya	Modifikatsiya operatori

Genetik algoritmlar (GA)ni ishlab chiqishda ikkita asosiy maqsad ko'zlanadi:

- tabiiy tizimlardagi moslashish jarayonlarini mavhum va rasmiy tushuntirish;
- tabiiy tizimlarning ishlash mexanizmlarini qayta ishlab chiqaruvchi sun'iy dasturiy ta'minot tizimlarini loyihalash.
- GA va boshqa optimallashtirish algoritmlari o'rtasidagi asosiy farqlar:
 - parametrlar ishlatilmaydi, kodlangan parametrlar to'plami;
 - qidiruv aholi punktlaridan amalga oshiriladi;
 - qidiruv jarayonida o'sish emas, balki maqsadli funktsiyaning qiymatlari ishlatiladi;
 - yechimlarni izlash va yaratish uchun deterministik emas, balki ehtimollik qoidalari qo'llaniladi;

- yechim maydonining turli sohalarini bir vaqtning o'zida tahlil qilish amalga oshiriladi va turli populyatsiyalarning kvazi-optimal echimlarini birlashtirib, maqsad funksiyasining yaxshiroq qiymatlariga ega bo'lgan yangi hududlarni topish mumkin.

Gollandiyaning reproduktiv rejasiga ko'ra [14,26] optimal echimlarni topish uchun genetik sxemalar quyidagi bosqichlarini o'z ichiga oladi:

1. Dastlabki populyatsiya tuziladi. Generatsiyaning boshlang'ich nuqtasi $t = 0$ kiritiladi. Populyatsiya irsiyat tashuvchilarining mosligi (maqsadli funktsiya) va butun populyatsiyaning o'rtacha yaroqliligi hisoblanadi.

2. Qiymat $t=t+1$ ga o'rnatiladi. Krossing over uchun ikkita ota-ona (irsiyat tashuvchilari) tanlanadi. Tanlov tasodifiy ravishda irsiyat tashuvchilarining hayotiylikiga mutanosib ravishda amalga oshiriladi, bu maqsad funktsiyasi qiymatlari bilan tavsiflanadi.

3. Avlodning genotipi shakllanadi. Buning uchun tanlangan irsiyat tashuvchilarining genotiplari bo'yicha berilgan ehtimollik bilan krossing-over operatsiyasi amalga oshiriladi. $A(t)$ ning avlodlaridan biri tasodifiy tanlab olinadi va yangi populyatsiyaning a'zosi sifatida saqlanadi. Keyinchalik, inversiya va mutatsiya operatorlari berilgan ehtimollar bilan $A(t)$ avlodiga ketma-ket qo'llaniladi. Olingan naslning genotipi $A'(t)$ shaklida saqlanadi.

4. Tasodifiy tanlangan $A'(t)$ irsiyat tashuvchisini almashtirish orqali joriy populyatsiyani yangilash.

5. $A'(t)$ yaroqliligini aniqlash va aholining o'rtacha jismoniy tayyorgarligini qayta hisoblash.

6. Agar $t = t^*$, bu erda t^* - berilgan qadamlar soni bo'lsa, u holda 7 bosqichga o'ting, aks holda 2 bosqichga o'ting.

7. Ishning tugashi.

Genetik algoritmlarning dizaynlariga kiritilgan evolyutsiyaning asosiy g'oyasi "yaxshiroq" irsiyat tashuvchilarining uzoq umr ko'rishi va ko'p avlodlar tufayli yangi populyatsiya tarkibiga ko'proq ta'sir qilish qobiliyatida namoyon bo'ladi.

6. Oddiy genetik algoritmi [23,26] irsiyat tashuvchilarining boshlang'ich populyatsiyasini tasodifiy hosil qilish va boshlang'ich populyatsiya asosida yangi populyatsiyalarni yaratishni ta'minlaydigan bir qator operatorlarni o'z ichiga oladi. Bu operatorlar ko'payish, krossing-over va mutatsiyadir.

Reproduktsiya - bu maqsad funksiyasi qiymatlarini hisobga olgan holda irsiyat tashuvchilarini nusxalash jarayoni bo'lib, maqsad funksiyasining "yaxshiroq" qiymatlariga ega bo'lgan irsiyat tashuvchilari keyingi populyatsiyaga qo'shilish ehtimoli yuqori. Bu jarayon mitotik hujayra bo'linishiga o'xshaydi. Ko'payish uchun hujayralarni (irsiyat tashuvchilarini) tanlash "eng kuchlilarning omon qolishi" tamoyiliga muvofiq amalga oshiriladi. Ko'paytirish operatsiyasini algoritmik shaklda ifodalashning eng oddiy usuli bu rulet g'ildiragi bo'lib, unda har bir irsiyat tashuvchisi maqsad funksiya qiymatiga mutanosib bo'lgan maydonga ega.

Butun sonlar oralig'ida $[0,31]$ $f(x) = x^2$ funksiyasini maksimallashtirish uchun oddiy genetik algoritmdan foydalanish misolini ko'rib chiqamiz (misol V.M.Kureichikning "Genetic Algorithms" [7] monografiyasidan olingan).

0 dan 31 gacha bo'lgan diapazonda $f(x) = x^2$ funksiya argumentining qiymatlari besh bitli ikkilik raqamlar sifatida ifodalanishi mumkin. Tasodifiy sonlarni yaratish protsedurasi yordamida olingan besh xonali sonlarning to'rt qatori boshlang'ich populyatsiya jadvalning ikkinchi ustunida ko'rsatilgan (3.1-jadval). Har bir irsiyat tashuvchilari uchun maqsad funksiyasining qiymati x eritmani kodlovchi ikkilik sonning kvadratga olish yo'li bilan aniqlanadi. O'tish uchun nomzodlar boshlang'ich populyatsiyadan yoki ko'paytirish operatorini bajargandan so'ng tanlanishi mumkin.

irsiyat tashuvchi tartib raqami	Ikki xromosoma kodi	x qiymati (o'nlik)	Maqsad funksiya qiymati / (a)	Normallashtirilgan qiymat	Keyingi avlodagi xromosoma nusxalarining	Keyingi avlodagi xromosoma nusxalarining haqiqiy
1	01101	13	169	0,14	0,56	1
2	11000	24	576	0,49	1,96	2
3	01000	8	64	0,06	0,24	0
4	10011	19	361	0,31	1,24	1
Umumiy maqsad funktsiyasi			1170	1,00	3,00	4
Maqsad funksiyaning o'rtacha qiymati			293	0,25	1,00	1
Maqsad funksiyaning maksimal qiymati			576	0,49	1,97	2

3.1-jadval. Oddiy genetik algoritmnining birinchi bosqichida boshlang'ich populyatsiyani tahlil qilish

Dastlabki to'plamni qayta ishlab chiqarish rulet g'ildiragini to'rt marta aylantirishdan iborat (4-populyatsiyaning kuchi), buning natijasida dastlabki populyatsiyaning tarkibi o'zgarishi mumkin (3.5-rasm). i - irsiyat tashuvchilarini tanlash ehtimoli formula bo'yicha hisoblanadi

$$P_i = \frac{f_i(x)}{\sum f(x)},$$

bu yerda $f_i(x)$ populyatsiyadagi i -irsiyat tashuvchilarining maqsadli funksiyasining qiymati; $\sum f(x)$ - populyatsiyadagi barcha irsiyat tashuvchilarining maqsadli funktsiyasining umumiy qiymati.

Reproduktiv operatoridan keyin i -irsiyat tashuvchilarining kutilayotgan nusxalari soni

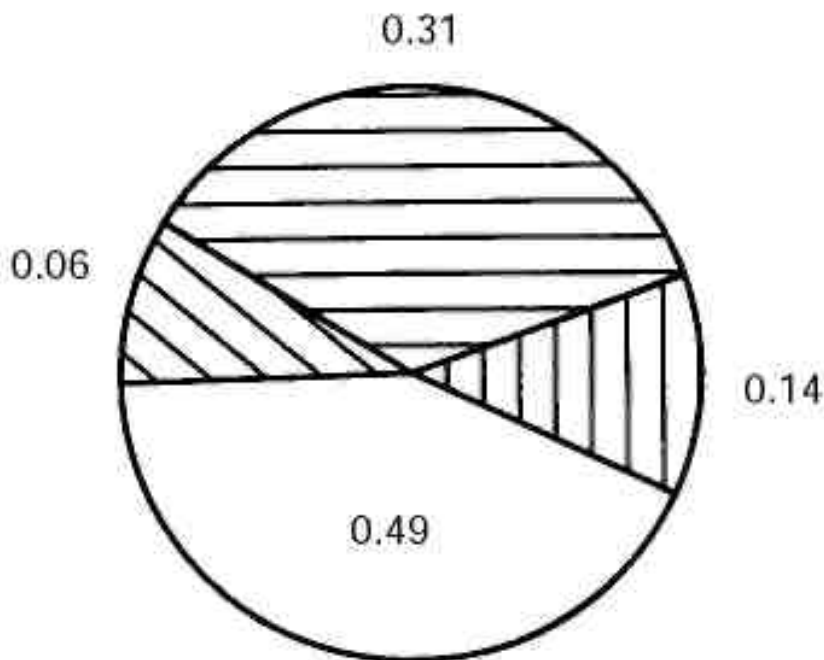
$$N = nP_i,$$

bu erda n - tahlil qilingan irsiyat tashuvchilari soni.

Keyingi avlodga o'tadigan irsiyat tashuvchilari nusxalari soni formula bilan aniqlanadi

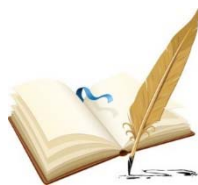
$$A_i = \frac{f_i(x)}{f_{cp}(x)},$$

bu erda $f_{cp}(x)$ – maqsad funksiyasining o'rtacha qiymati.



3.5-rasm. Ruletka g'ildiragi.

2-§. Oddiy genetik algoritmda ko'paytirish va kesishish operatsiyalari natijalari



Tayanch soʻz va atamalar

krossover operatori, Irsiyat tashuvchilari, Krossover operatori, mutatsiya, Statsionar va genetik algoritm, Reproduksiya operatsiyasi.

Maqsad funksiyasining umumiy qiymati yig'indisi $\sum f(x) = 1754$
 Maqsad funksiyasining o'rtacha qiymati $f_{cp}(x) = 439$ Maqsad funksiyasining maksimal qiymati $\text{функции } f(x) = 729$

Xromosoma soni	Ko'payishdan keyingi populyatsiya	Tasodifiy tanlangan juftliklar	O'tish nuqtasi	Ketishdan keyin aholi	x qiymati (o'nlik)	f(x) qiymati
1	0110 1	1-2	4	01100	12	144
2	1100 0	1-2	4	11001	25	625
3	11 000	3-4	2	11011	27	729
4	10 011	3-4	2	10000	16	256

Birinchi irsiyat tashuvchi uchun N qiymati $0,14 \cdot 4 = 0,56$ nusxa, ikkinchisi uchun $0,49 \cdot 4 = 1,96$ nusxa, uchinchi uchun $0,06 \cdot 4 = 0,24$ va to'rtinchisi uchun $0,31 \cdot 4 = 1,2$ bo'ladi. Ko'payish natijasida yangi populyatsiyada (3.2-jadvalning ikkinchi ustuni) birinchi va to'rtinchi irsiyat tashuvchilarining bir nusxasi va ikkinchisining ikkita nusxasi bo'ladi, uchinchi irsiyat tashuvchi esa chiqarib tashlanadi. Shunday qilib, ko'payish operatori aholining eng yaxshi vakillarini tanlaydi.

2-bosqichda krossing-over uchun irsiyat tashuvchilari rulet yordamida tanlanadi. Ruletka maydonlari maqsad funksiyasining normallashtirilgan qiymatlariga mos keladi. G'ildirak to'xtaganidan keyin rulet ko'rsatkichi tanlangan irsiyat tashuvchilarini aniqlaydi.

<i>ota-onalar</i>	<i>Irsiyat tashuvchi 1: 0110 1</i>
	<i>Irsiyat tashuvchi 2: 0110 1</i>

Shuni ta'kidlash kerakki, tasodifiy mexanizm eng yaxshi irsiyat tashuvchilarini tanlashni kafolatlamaydi, ya'ni tanlov natijasida maqsad funksiyasining past qiymatlari bo'lgan irsiyat tashuvchilari paydo bo'lishi mumkin.

Qayta ishlab chiqarilgandan so'ng, bir necha marta takrorlanishi mumkin bo'lgan krossover operatori bajariladi. Bunday holda, har safar turli xil irsiyat tashuvchilaridan ikkita nomzod tanlanadi. Keyin har bir juft irsiyat tashuvchilari (iplar) kesishadi. K kesishish nuqtasi ($1, L - 1$)

oraliqda tasodifiy tanlanadi, bu erda L - irsiyat tashuvchilari uzunligi, uning ikkilik kodidagi muhim raqamlar soni bilan belgilanadi. Bizning holatda, $L=5$. Ikkita yangi irsiyat tashuvchilari kesishish nuqtasidan keyin barcha qiymatlarni o'zaro almashish orqali yaratiladi, ya'ni. $(K+1)$ va L pozitsiyalari o'rtasida. Populyatsiyadan dastlabki ikkita irsiyat tashuvchilarini (3.1-jadvalga qarang) va $K=4$ qiymatini tanlashda, kesishish operatorini qo'llashdan oldin biz tavsifga ega bo'lamiz

<i>avlodlari</i>	<i>Irsiyat tashuvchi 1: 0110 1</i>
	<i>Irsiyat tashuvchi 2: 0110 1</i>

Uchinchi va to'rtinchi irsiyat tashuvchilarining avlodlari xuddi shunday tarzda olingan.

Olingan natijalar tahlili (3.2-jadvalga qarang) shuni ko'rsatadiki, bir avloddan keyin maqsad funktsiyasining o'rtacha va maksimal qiymatlari boshlang'ich populyatsiyaga nisbatan yaxshilangan (3.1-jadvalga qarang).

Oddiy genetik algoritim loyihasiga ko'ra, 3-bosqichda mutatsiya operatori bajariladi, bu tabiiy genetika va evolyutsiyada muhim rol o'ynaydi, lekin genetik algoritmlarda kamroq ahamiyatga ega. Odatda 1000 bit uchun bitta mutatsiya tanlanadi. Mutatsiya operatori unar operatsiya bo'lib, ikki bosqichda amalga oshiriladi.

1-bosqich. Irsiyat tashuvchilarida $A=\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_{L-2}, a_{L-1}, a_L\}$ ikkita pozitsiya tasodifiy aniqlanadi, masalan, 2 va $L-1$.

2-bosqich. Tanlangan pozitsiyalarga mos keladigan genlar almashtirilib, yangi irsiyat tashuvchilarini $A=\{a_1, a_{L-1}, a_3, \dots, a_{L-2}, a_2, a_L\}$ hosil qiladi.

Agar qayta ishlangan ketma-ketliklarning uzunligi kichik bo'lsa, mutatsiya jarayonida mumkin bo'lgan gen almashinuvini to'liq izlash va maqsad funktsiyasining maksimal qiymati bilan kombinatsiyani topish mumkin. Irsiyat tashuvchilari uzunligi $L=50-200$ bo'lsa, variantlarni to'liq izlash qiyinlashadi, shuning uchun bu erda tasodifiy yo'naltirilgan qidiruv amalga oshiriladi, bu oddiy genetik algoritim asosida amalga oshirilishi mumkin. Keling, ushbu mexanizmni o'rganilayotgan muammo bo'yicha ko'rib chiqaylik.

Jadvalning beshinchi ustunidan uchinchi irsiyat tashuvchini tanlaymiz. 3.2-jadvaldagi maqsad funksiyasi $f(x)=729$ qiymati bilan va mutatsiya operatsiyasini 3 va 4 pozitsiyalariga qo'llang:

Irsiyat tashuvchi 3: 11011 $\rightarrow$ Irsiyat tashuvchi 3': 11101

Yangi irsiyat tashuvchi 3' uchun maqsad funksiyaning qiymati $(29)^2 = 841$ ga teng.

Irsiyat tashuvchi 3': 11101 $\rightarrow$ Irsiyat tashuvchi 3'': 11110

Keling, 3' irsiyat tashuvchida 4 va 5 genlarni yana bir o'zgartirishni amalga oshiramiz:

3'' irsiyat tashuvchi uchun maqsad funksiyasining qiymati 900 ga teng bo'lib, $[0,31]$ oraliqda $f(x) = x^2$ funksiyaning maksimal qiymatini topish masalasining kvazoptimal yechimiga mos keladi.

Genetik algoritmlar va evolyutsion dasturlashda irsiyat tashuvchilarni ko'paytirishning ikkita asosiy mexanizmi qo'llaniladi:

- mitozga mos keladigan mutatsiyalarsiz ko'payish, natijada avlodlar - ota-onalarning nusxalari;
- ota-onalardan juda farq qiladigan nasllarni ko'paytirish. Bu mexanizm ko'payish bilan mos keladi.

Genetik algoritmlar asosan rekombinatsiya va mutatsiya bilan ota-onaning ko'payishi [4] mexanizmidan foydalanadi va evolyutsion dasturlashda rekombinatsiyasiz mutatsiyaga asoslangan mexanizm qo'llaniladi.

Irsiyat tashuvchilarni ko'paytirish mexanizmini algoritmik amalga oshirishda quyidagi qoidalarga amal qilish kerak.

1. Dastlabki aholini tanlash o'zboshimchalik bilan, masalan, tanga tashlash orqali amalga oshirilishi mumkin.

2. Ko'paytirish rulet g'ildiragining harakatini modellashtirish asosida amalga oshiriladi.

3. Krossover operatori irsiyat tashuvchilarning ikkilik qatorlarining qisqa bo'laklarini o'zaro almashish sifatida amalga oshiriladi.

4. O'tish operatorining ehtimoli $R(SO) < 1,0$ ga teng deb qabul qilinadi.

5. Mutatsiya operatorining ehtimolligi $P(MO) > 0,001$ deb qabul qilinadi.

Genetik algoritmlarning turlari. Devis genetik algoritmi [25] quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Irsiyat tashuvchi populyatsiyasining boshlanishi.
2. Populyatsiyadagi har bir irsiyat tashuvchini baholash.
3. Joriy irsiyat tashuvchilarni o'zgartirish va kesishish orqali yangi irsiyat tashuvchilarni yaratish (mutatsiya va krossing-over operatorlari yordamida).
4. Populyatsiyadan irsiyat tashuvchilarni olib tashlash, ularni yangilari bilan almashtirish.
5. Yangi irsiyat tashuvchilarni baholash va ularning populyatsiyaga kiritilishi.
6. Optimal yechimni izlash uchun ajratilgan vaqt resursining tugash shartini tekshirish (agar vaqt tugasa, algoritm tugaydi va eng yaxshi irsiyat tashuvchiga qaytadi, aks holda 3-bosqichga o'ting).

Golland [14,26] quyidagi sxema bo'yicha amalga oshiriladigan genetik algoritm uchun inversiya operatorini taklif qildi:

1. Ip (irsiyat tashuvchi) $B = \{b_1, b_2, \dots, b_L\}$ tasodifiy tanlanadi.
2. Hozirgi yo'l $Y = \{0, 1, 2, \dots, L + 1\}$ to'plamidan tasodifiy ikkita y_1 va y_2 raqamlari tanlanadi va $x_1 = \min\{y_1, y_2\}$ va $x_2 = \max\{y_1, y_2\}$.
3. Yangi irsiyat tashuvchi B irsiyat tashuvchisidan x_1 pozitsiyasining o'ng tomonida va x_2 pozitsiyasining chap tomonida joylashgan segmentning inversiyasi (teskari tartib) yo'li bilan hosil bo'ladi. Inversiya operatorini qo'llaganingizdan so'ng, V qatori $B \phi = \{b_1, b_{x_1}, b_{x_2-1}, b_{x_2-2}, b_{x_1+1}, b_{x_2}, \dots, b_L\}$.

Masalan, $B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ qatori uchun $y_1 = 6$ va $y_2 = 2$ va shunga mos ravishda $x_1 = 2$, $x_2 = 6$ ni tanlashda inversiya natijasi quyidagicha bo'ladi.

$$B \phi = \{1, 2, 5, 4, 3, 6\}.$$

O'zbekiston: O'tish operatsiyalari va oddiy GA-da ishlatiladigan mutatsiyalar irsiyat tashuvchilarning tuzilishini o'zgartiradi, shu jumladan topilgan yechimlarning muvaffaqiyatli qismlarini yo'q qiladi, bu esa global maqbullikni topish ehtimolini kamaytiradi. Genetik algoritmlardagi bu kamchilikni bartaraf etish uchun evolyutsiya jarayonida saqlanishi kerak bo'lgan echimlar yoki irsiyat tashuvchilarning bo'laklari bo'lgan

sxemalar (sxema yoki naqshlar) qo'llaniladi. Sxemalardan foydalanganda genetik algoritmda yangi $\{0,1,*\}$ alifbosi kiritiladi, bu erda $*$ "1 yoki 0 qiymatiga ega" deb talqin qilinadi. Masalan:

cxema (*0000) ikki qatorga to'g'ri keladi $\{10000 \text{ yoki } 00000\}$;

cxema (*111*) to'rt qatorga to'g'ri keladi $\{01110, 11110, 01111, 11111\}$;

cxema (0*1**) sakkizta beshta belgili raqamga mos kelishi mumkin.

Umuman olganda, L uzunlikdagi irsiyat tashuvchi faqat 2^L turli xil muqobil qatorlarda maksimal 3^L sxemaga (shablonlarga) ega bo'lishi mumkin. Bundan kelib chiqadiki, sxema (**) umumiy holatda $3=9$ qatorga mos kelishi mumkin, ya'ni $\{**, *1, *0.1*, 0*, 00, 01, 1011\}$ va faqat $2^2=4$. Muqobil satrlar $\{00, 01, 10, 11\}$, bir qatorga bir nechta sxemalar mos kelishi mumkin.

Agar genetik algoritm natijasida (11 ***) va (** 111) turdagi sxemalarni topish mumkin bo'lsa, u holda ularga krossover operatorini qo'llash orqali irsiyat tashuvchini olish mumkin (11111).

Qisqa uzunlikdagi sxemalar qurilish bloklari deb ataladi. Qurilish bloklarining o'lchami natijani topish sifati va tezligiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Qurilish blokining turi hal qilinayotgan muammoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda tanlanadi va ularning genetik algoritmlarda uzilishiga foydalanuvchi tomonidan belgilangan hollarda yo'l qo'yiladi. Masalan, (****1) sxemada qurilish bloki 1-element, (10***) sxemasida qurilish bloki 10-element hisoblanadi.

Ko'p sonli qurilish bloklaridan foydalanganda, populyatsiyalar va irsiyat tashuvchilarning tasodifiy avlodiga asoslangan genetik algoritmlar buziladi.

Statsionar genetik algoritmlar avlodlardan farq qiladi, chunki birinchisi uchun populyatsiya hajmi foydalanuvchi tomonidan belgilanadigan doimiy parametr bo'lib, ikkinchisi uchun keyingi avlodlarda populyatsiya soni ko'payishi yoki kamayishi mumkin.

Statsionar va genetik algoritmlarda qo'shimcha irsiyat tashuvchilarni olib tashlash tartibi evristik qoidalarga asoslanadi, bunga

misollar:

- irsiyat tashuvchilarning tasodifiy teng ehtimolli yo'q qilinishi;
- maqsad funktsiyasining eng yomon qiymatlariga ega bo'lgan irsiyat tashuvchilarni olib tashlash;
- maqsad funktsiyasining teskari qiymatiga asoslangan irsiyat tashuvchilarni olib tashlash;
- strategiya asosida irsiyat tashuvchilarni olib tashlash.

Shuni yodda tutish kerakki, genetik algoritmlarda irsiyat tashuvchilarni olib tashlashning ma'lum evristikasidan foydalanish salbiy oqibatlariga olib kelishi mumkin. Masalan, eng yomon irsiyat tashuvchilarni olib tashlash rang-baranglikni muddatidan oldin yo'qolishiga va natijada maqsadli funktsiyaning mahalliy optimalga tushishiga olib keladi va maqsadli funktsiyaning yomon qiymatlari bo'lgan irsiyat tashuvchi mavjud bo'lganda, qidiruv yo'nalishi yo'qoladi va "ko'r" qidiruvga aylanadi.

Genetik algoritmning asosiy teoremasi. t vaqtida $S(t)$ populyatsiyasida $S_j, j = 1, 2, \dots, n$, irsiyat tashuvchilar to'plami bo'lsin va H sxemasi $V = \{0, 1, *\}$ alifbosi asosida qurilgan bo'lsin. Keyingi sxema L uzunlikdagi ikkilik irsiyat tashuvchida aniqlanishi mumkin. Shubhasiz, M kardinallik alifbosi uchun n o'lchamli populyatsiyada joylashgan $(M + 1)^L$ sxemalari va $n2^L$ sxemalari mavjud.

Sxemalarni miqdoriy baholash uchun biz ikkita xususiyatni kiritamiz: $O(H)$ sxemasining tartibi va $L(H)$ sxemasining ma'lum uzunligi. Tasvirning tartibi shablonda ifodalangan qat'iy pozitsiyalar sonini (ikkilik alifboda, birlar va nollar soni) belgilaydi. Muayyan sxema uzunligi - bu satrning birinchi va oxirgi raqamli pozitsiyasi orasidagi masofa.

Faraz qilaylik, vaqt qadami t va m $S(t)$ populyatsiyasida mavjud bo'lgan H sxemalarining misollari berilgan, ular berilgan t uchun H turli xil sxemalarning sonini aniqlaydi. $m = m(H, t)$.

Ko'payish jarayonida S_i irsiyat tashuvchisining ko'paytirilgan

to'plamga kirishi ehtimoli teng, ya'ni, $P_i = \frac{f_i(x)}{\sum f(x)}$ maqsad funktsiyasining qiymatiga bog'liq.

$S(t)$ populyatsiyasida $t+1$ vaqt ichida formula bilan hisoblangan

H sxemasining $m(H, t+1)$ vakillarini orqali aniqlanadi.

$$m(H, t+1) = m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{\sum f(x)}$$

Bu erda $f(H)$ - t vaqt uchun H sxemasi bilan ifodalangan irsiyat tashuvchilarning maqsadli funktsiyasining o'rtacha qiymati.

Bu populyatsiya uchun maqsad funktsiyasining o'rtacha qiymatini aniqlash formulasi:

$$f_{cp}(S) = \sum f(x) / n, \text{ to } m(H, t+1) = m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{f_{cp}(S)}$$

Ushbu formuladan xulosa qilishimiz mumkinki, xususiy sxemalar sonining ko'payishi sxemaning maqsad funktsiyasining o'rtacha qiymatining populyatsiyaning maqsad funktsiyasining o'rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi. Shuning uchun, $f(H)$ maqsad funktsiyasining qiymati yuqori bo'lgan $f_{cp}(S)$ sxema ko'chirish ehtimoli yuqori bo'ladi.

Holland qoidasi: Maqsad funksiyasi qiymati o'rtacha qiymatdan yuqori bo'lgan sxema ko'chiriladi, o'rtacha qiymatdan past bo'lgan sxema esa o'ladi.

Agar H sxemasini hayotga yaroqli deb hisoblasak, u holda $f(H) \geq f_{cp}(S)$.

H sxema bo'yicha maqsad funktsiyasining qiymatini butun boshlanish uchun o'rtacha qiymat orqali ifodalash mumkin, masalan: $(1+c)f_{cp}(S)$ bu yerda c - doimiy avloddagi sxema vakillarining soni bo'ladi

$$m(H, t+1) = m(H, t) \cdot \frac{(1+c)f_{cp}(S)}{f_{cp}(S)} = (1+c)m(H, t)$$

Agar qiymat konstantasini vaqt bo'yicha qabul qilsak, u holda $0 < t < t^*$ davrida $m(H, t) = (1+c)^t m(H, 0)$ formulasi yordamida H sxemasining vakillari sonini hisoblashimiz mumkin. Shundan kelib chiqadiki, takror ishlab chiqarish zanjirlar sonining eksponensial o'sishiga ($c > 0$) yoki kamayishiga ($c < 0$) olib kelishi mumkin.

Lemma. Agar PI genetik algoritmining qaysidir bosqichida A

irsiyat tashuvchisining nasl hosil qilish ehtimoli mavjud bo'lsa va P_2 A vayron bo'lish ehtimoli mavjud bo'lsa, u holda A irsiyat tashuvchisi avlodlarining kutilayotgan soni P_1/P_2 ga teng [26]

Reproduksiya operatsiyasidan keyin t bosqichida A irsiyat tashuvchisining omon qolish ehtimoli $P_s(t) = (1 - P_2)^{t-1} P_2$ formula bilan aniqlanadi, bu yerda $t = 1, 2, \dots, g$; g – genetik algoritmnining bosqichlari (avlodlari) soni. Irsiyat tashuvchilarning omon qolish ehtimoli qiymati krossing-over va mutatsiya operatsiyalaridan keyin o'zgaradi. Krossover operatoridan foydalanish populyatsiyadagi shablonlar sonining ko'payishi yoki kamayishiga olib kelishi mumkin. Agar krossing-over qo'llanilmasa, irsiyat tashuvchilar o'rtasida almashinuv bo'lmaydi, shuning uchun qidiruv maydoni ko'paymaydi va jarayon susayadi.

Krossover operatorini qo'llaganidan keyin sxemaning omon qolish ehtimoli quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$P_s(H) = 1 - \frac{O(H)}{L - 1}$$

bu yerda $O(H)$ sxemaning tartibi; L - ip uzunligi. Agar kesishuv operatori $P(CO)$ ehtimoli bilan tasodifiy tanlash asosida amalga oshirilsa, u holda sxemaning omon qolish ehtimoli formula bilan aniqlanadi.

$$P_s(H) \geq 1 - \frac{P(CO)L(H)}{L - 1}$$

Bu erda $L(H)$ - kontaktlarning zanglashiga olib keladigan ma'lum bir uzunligi. Yuqoridagi ifoda sxemaning omon qolish ehtimoli sifatida kamayadi.

Keling, ko'paytirish va kesishish operatsiyalaridan keyin yangi avloddagi H zanjirlarining sonini ularning o'zaro mustaqilligini hisobga olgan holda hisoblaylik.

$$m(H, t + 1) \geq m(H, t) \frac{f(H)}{f_{cp}(S)} \left[1 - P(CO) \frac{L(H)}{L - 1} \right].$$

Keling, mutatsiyaning zanjirlarning omon qolishiga ta'sirini ko'rib chiqaylik. Ma'lumki, bitta irsiyat tashuvchi ehtimollik bilan omon qoladi $1 - P(MO)$, bu yerda $P(MO)$ – mutatsiya operatorining ehtimoli. Agar ma'lum bir sxemaning har bir $L(H)$ pozitsiyasi saqlanib qolgan hollarda

omon qolishini hisobga olsak, u holda $P(MO) \ll 1$ ning kichik qiymatlari uchun sxemaning omon qolish ehtimoli, mutatsiya [23] bilan ifodalanishi mumkin: $P_S(MO) = 1 - L(H) P(MO)$

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda va [26] ga binoan, H sxemasi uchun biz ko'paytirish, kesishish va mutatsiya operatorlarini amalga oshirgandan so'ng, keyingi avlodda kutilayotgan nusxalar sonini quyidagi formuladan foydalanib aniqlashimiz mumkin:

$$m(H, t+1) \geq m(H, t) \frac{f(H)}{f_{cp}(S)} \left[1 - P(CO) \frac{L(H)}{L-1} - L(H) P(MO) \right]$$

Ushbu formula genetik algoritmnining asosiy teoremasini aks ettiradi, u har bir iteratsiyada amalga oshirilganda omon qolgan davrlarning asimptotik sonini aniqlaydi. Omon qolgan davrlar soniga eng muhim ta'sir sxema va butun populyatsiyaning maqsad funktsiyalari tomonidan amalga oshiriladi va algoritmlarni samaradorligi blokklar hajmiga bog'liq bo'ladi.

Genetik algoritmlarni amaliy qo'llash. Genetik algoritmlar optimal yechimlarni topish, modellarni shakllantirish va turli ko'rsatkichlarning qiymatlarini bashorat qilish muammolarini hal qilish uchun boshqaruvda keng qo'llanildi [13]. Ko'pgina muammolar uchun maqsad funktsiyasining qiymatini hisoblash juda qiyin, shuning uchun ba'zi hollarda muammolarni o'rganishda neyron tarmoqlardan foydalaniladi, bu esa aniq model bo'lmaganda yechim topishga imkon beradi. Bundan tashqari, noaniqlik sharoitida ob'ektiv funktsiyalarni hisoblash uchun aniq yoki noaniq muhitda statistik usullar va xulosa chiqarish usullari qo'llaniladi.

Bashoratli qoidalar tizimini shakllantirish. Genetik algoritmlardan risklarni aniqlovchi bashorat qilish imkonini beruvchi qoidalar to'plamini topish uchun foydalaniladi [13]. Ushbu muammoni hal qilish uchun xavfga ta'sir qiluvchi o'zgaruvchilarning ma'lumotlar bazasiga ega bo'lish kerak.

Keling, sug'urta sohasida ekspert qoidalarini optimallashtirish uchun algoritmdan foydalanish misolini ko'rib chiqaylik.

Aytaylik, avtomobil sug'urta kompaniyasi boshqa omillar qatorida

quyidagi ma'lumotlar bazasidan foydalanadi: avtomobilning maksimal tezligi (km/soat), avtomobilning yoshi (yillar), haydovchining yoshi (yillar). Sug'urta hodisalari uchun tovon to'lash bo'yicha mijozlar so'rovlarini tahlil qilish asosida muayyan miqyosda ekspertlar. Sug'urta tavakkalchiligini baholashni belgilaydigan qoidalar quyidagicha ishlab chiqilgan:

AGAR avtomobilning maksimal tezligi $[A_l]$ oralig'ida VA avtomobilning yosh diapazoni $[B_l]$ VA haydovchining yoshi $[C_l]$ oralig'ida bo'lsa, U holda sug'urta xavfi $[D_l]$ qiymatiga ega bo'ladi.

Ma'lumotlar bazasidan ma'lum bir namuna uchun qoida quyidagicha ko'rinishi mumkin:

AGAR maksimal tezlik [91...100 km/soat] VA avtomobilning yoshi [11-15 yosh] VA haydovchining yoshi [31-40 yosh] bo'lsa, u holda xavf [3]. Bu erda xavf darajasi katta sug'urta risklariga mos keladigan yuqori qiymatlar bilan [1, 5] oraliqda ko'rsatiladi.

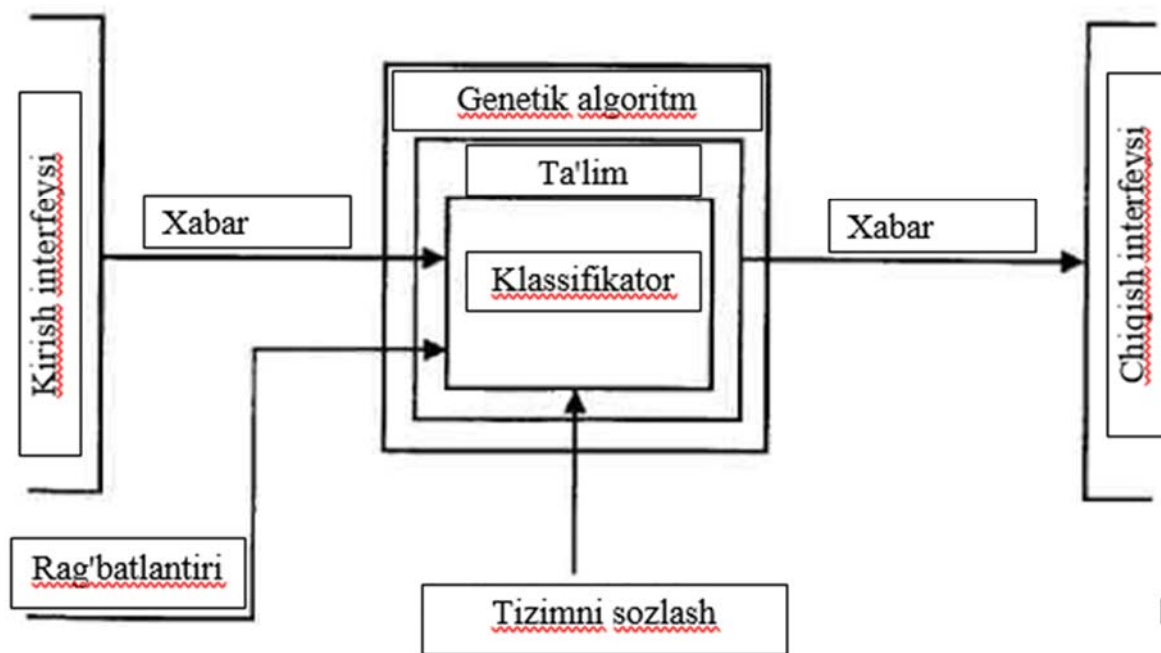
Ma'lumotlar bazasidan tasodifiy tanlangan o'zgaruvchilarning haqiqiy qiymatlariga bunday qoidalar asl populyatsiyani tashkil qiladi. Populyatsiyaga kiritilgan o'zgaruvchilarning har biri uchun bir qator holatlar oldindan o'rnatiladi. Masalan, "avtomobil yoshi" beshta mumkin bo'lgan holatga ega bo'lishi mumkin: 1 - 5, 6 - 10, 11 - 15, 16 - 20, 21 - 25 yil. Keyinchalik, populyatsiya ko'rib chiqilayotgan muammoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda genetik operatorlar tomonidan qayta ishlanadi. Maqsad funktsiyasi ma'lumotlar bazasida saqlanadigan haqiqiy sug'urta holatlarini qanchalik aniq tasvirlashini ko'rsatishi kerak. Misol uchun, agar qoida 5 ta holatdan 4 tasini tavsiflasa, u holda maqsad funktsiyasining qiymati 4/5 yoki 80% bo'ladi.

Populyatsiyaning yangi a'zolari dastlabki qoidalar to'plamining kesishishi va mutatsiyasi natijasida shakllanadi. Bunday holda, ikkita qoidani kesib o'tishda, atribut-qiymat juftlari kesishish nuqtasidan keyingi chiziqli kesimida almashtiriladi. Natijada ikkita yangi qoida paydo bo'ldi, ularning hayotiyligi sug'urta hodisalarini qanchalik yaxshi tasvirlashi bilan baholanadi. Qoidalarning mutatsiyasi atributlarning zarur xilma-xilligini ta'minlaydi va berilgan ehtimollik bilan atributlar qiymatlarini o'zgartirishdan iborat. Shunday qilib, dastlab yaratilgan qoidalar to'plami

tasodifiy yo'naltirilgan tarzda to'plangan statistikasini boshqalarga qaraganda yaxshiroq tavsiflovchi to'plamga aylantiriladi. Olingan qoidalar tizimi keyinchalik sug'urta risklarini bashorat qilish uchun ishlatiladi.

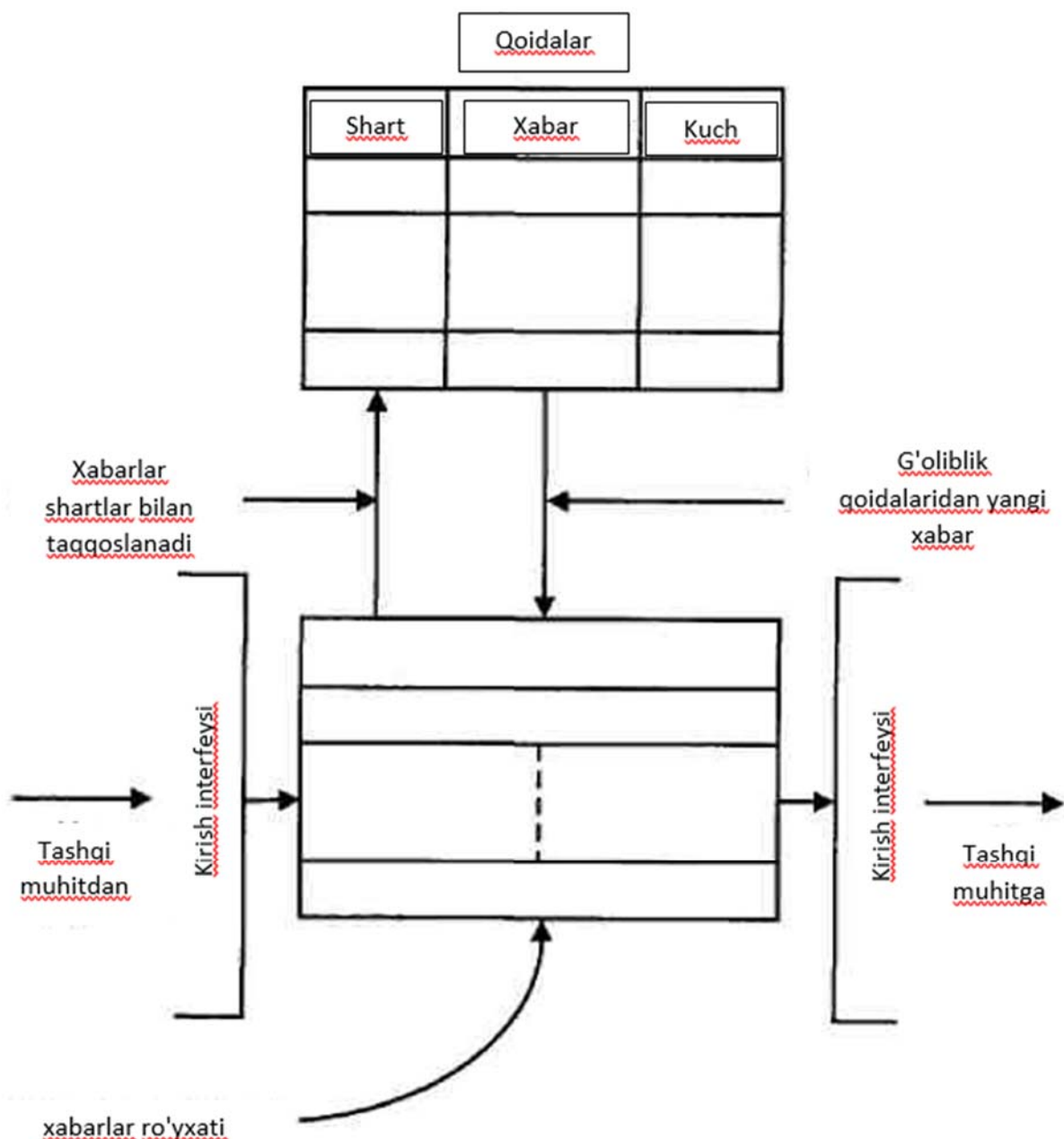
Shuni ta'kidlash kerakki, qoidalar tizimini shakllantirishga bunday yondashuv noto'g'ri qoidalarga olib kelishi mumkin. Shu bilan birga, u ishlab chiquvchilar va mutaxassislarni qoidalarni shakllantirish va baholash bo'yicha ko'p mehnat talab qiladigan ishlardan ozod qiladi, chunki ishlab chiqarilgan mahsulotlarni haqiqiy sug'urta holatlari bilan taqqoslashda noto'g'ri natijalar bekor qilinadi. Qoidalarning muvofiqligini baholash uchun tajribadan foydalanish avval sodir bo'lmagan vaziyatlarni oldindan ko'rishga imkon bermaydi. Shuning uchun muammolarni tasvirlangan usulda hal qilishda ma'lumotlar bazasida yangi faktlar, atributlar va tendentsiyalarning paydo bo'lishi ma'lumotlarni o'z vaqtida to'ldirish va o'zgartirishni nazorat qilishda juda muhimdir.

Tasniflash tizimlari. Genetik algoritmlarga asoslanib, J.Holland boshqaruv maqsadlarida foydalanish mumkin bo'lgan tizimlarni taklif qildi [11,14,17,30]. Tasniflash tizimi uchta ichki quyi tizimdan iborat (3.6-rasm): klassifikator, o'rganish tizimi va genetik algoritm.



3.6-rasm. Tasniflash tizimining diagrammasi

Klassifikator tashqi xabarlarni oladi va uning harakatlariga ijobiy baho beradi (rag'batlantiradi). Klassifikatorda IF<shart>, THEN<xabar> ko'rinishdagi qoidalar mavjud bo'lib, ular yordamida chiqish xabarlari hosil bo'ladi. O'quv tizimi qo'llaniladigan qoidalarni baholaydi. Genetik algoritim qoidalarni tasodifiy yo'naltirilgan o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Qoidalarni qayta ishlash diagrammasi 3.7-rasmda ko'rsatilgan.



3.7-rasm. Tasniflash tizimida qoidalarni qayta ishlash sxemasi

Har bir qoidaga qoidaning mustahkamligi uchun raqamli qiymat beriladi. Xabarlar va qoidalarning shartli qismlari (oldingi narsalar) xuddi

shu atamalar bilan tuzilgan. Xabarlar ro'yxati barcha joriy xabarlarini o'z ichiga oladi - tashqi muhitdan kelgan va tizim ichida yaratilgan.

Tasniflash tizimining ishlashi davomida ro'yxatdagi barcha xabarlar qoidalar shartlari bilan taqqoslanadi. Klassifikator quyidagi amallarni bajaradi:

1-qadam. Tashqaridan olingan barcha xabarlar ro'yxatga qo'shiladi (ishchi xotira).

2-qadam. Ro'yxatdagi barcha xabarlar qoidalarining oldingilari bilan taqqoslanadi. Oldinlari ishchi xotirada mavjud bo'lgan xabarlar bilan mos keladigan barcha qoidalar M qoidalar ro'yxatiga yoziladi.

3-qadam. M ro'yxatidan qoidalar bajariladi va har bir yangi xabarlar ro'yxatga yuboriladi.

4-qadam. Xabarlar ro'yxatini yangilang.

5-qadam. Ro'yxatdagi xabarlar chiqish interfeysiga yuboriladi.

Xabarni chiqarish ehtimoli qoidaning kuchiga bog'liq: har bir xabar boshqariladigan ob'ektga berilmaydi, ularning ba'zilar tizimning (qoidalarining) ichki tuzilishidagi o'zgarishlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

6-qadam. 1-bosqichga qayting.

O'quv jarayonida har bir qoidaga raqamli qiymat beriladi va o'rganish algoritmi ushbu qiymatni tizim uchun foydaliligiga qarab moslashtiradi. Ta'riflangan algoritmnining 3-bosqichida har bir tanlangan S qoidasi uchun $B(C, t) = bR(C)s(C, t)$ formuladan foydalanib hisoblanadi.

Bu yerda, t vaqtdagi C qoidasining kuchi;

$R(C)$ –shartning o'ziga xosligi, shartdagi * belgisidan farq qiluvchi belgilar soniga teng, shart uzunligiga bo'linadi;

b - odatda 1/8 yoki 1/6 ga teng bo'lgan koeffitsient;

B - qoidaning yangi xabarlar ro'yxatiga xabar yuborish ehtimolini belgilaydi. Ehtimoliy yondashuv vaqti-vaqti bilan qulay sharoitlarda etakchiga aylantira oladigan xabarlarini yuborish imkonini beradi.

Yaroqli qiymati B bo'lgan barcha qoidalar xabar yuborishi mumkin. Yangi ro'yxatga xabar yuborgan qoida buni kuchini kamaytirish orqali bo'ladi:

$$s(C, t+1) = s(C, t) - B(C, t)$$

Ishning keyingi bosqichida foydali bo'lgan xabarlarni yuborgan C qoidolari uchun (yuqori narxga ega bo'lgan yutuq shartlariga to'g'ri keladi) kuch B ulushiga ortadi:

$$s(C', t+1) = s(C', t) + aB(C, t),$$

bu erda $a = 1/K$, K - qoidalar soni $C\phi$, ya'ni har bir yetkazib beruvchi B ning teng ulushini oladi.

Qoida faqat uning iste'molchilari foyda ko'rgandagina foydali bo'ladi. Aks holda, qoida devalvatsiya qilinadi, chunki xabar yuborilganda uning narxi pasayadi. O'z navbatida, iste'molchilarning foydaliligi ularning iste'molchilariga bog'liq va hokazo. Zanjir yakuniy iste'molchilarni maqsadga erishishga va tashqi muhitdan mukofot olishga olib keladi.

Tasniflagich va o'qitish tizimi yangi qoidalarni yaratmaydi. Bu funktsiya genetik algoritmlar tomonidan amalga oshiriladi, u belgilangan qoidalarning kuchini hisobga olgan holda ishlaydi. Genetik algoritmlarning ishlashi oldingi misolda muvaffaqiyatli qilingan.

Kombinatsiyalangan usullar va aqlli tizimlar. Hozirgi vaqtda bilimlarni muhandislik texnologiyalari va genetik algoritmlarni birlashtirishga asoslangan usullar faol rivojlanmoqda. Genetik algoritmlar sohasida bilimlarni qayta ishlashga yo'naltirilgan operatorlar ishlab chiqilmoqda.

Genetik algoritmlar tizimlar nazariyasida a'zolik funksiyalarining parametrlarini sozlash uchun qo'llaniladi. Aniq va noaniq neyron tarmoqlari va genetik algoritmlarning integratsiyasi optimallashtirish muammosini amalga oshirishni ta'minlaydi. Intellektual tizimlarda *fuzzy-neuro-genetic* vositalar qo'llaniladi va quyidagi protseduralarni o'z ichiga oladi:

- kirish misollarini tasvirga aylantirish;
- neyron tarmog'i yordamida o'quv namunasidan IF-THEN mahsulotlari ko'rinishida taqdim etilgan bilimlarni olish;
- genetik algoritmlar yordamida ishlab chiqarish qoidalarining strukturasi optimallashtirish.

Neyron tarmoqlarni genetik algoritmlardan foydalanishga yo'naltirilgan yo'nalish [5] va tarmoq tuzilishini sozlash [18] faol

rivojlanmoqda. Orqaga tarqalish usulidan farqli o'laroq, genetik algoritmlar tarmoq arxitekturasiga nisbatan sezgir emas. Eslatib o'tamiz, neyron tarmoqning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

HLN - yashirin qatlamlar soni;

N_k - har bir qatlamdagi neyronlar soni;

w_{ij} – neyronlararo ulanishlarning vazn koeffitsientlari;

$F_j(X, W)$ - yashirin qatlam neyronlarining, shuningdek, chiqish qatlami neyronlarining uzatish funktsiyalari.

Keling, umumiy tarmoqni optimallashtirish muammosini tuzamiz: kirish va chiqish neyronlarining berilgan sonlari uchun berilgan namuna misollari to'plamiga asoslanib, HLN , N_k , $k = 1, \dots, HLN$ ning optimal qiymatlarini aniqlang. Neyronlararo ulanishlarning barcha og'irlik koeffitsientlari w_{ij} .

bu erda j - neyron indeksi;

i – neyronlararo aloqa indeksi (sinaps);

$F_j(X, W)$ - kirish qatlamidagi neyronlardan tashqari barcha neyronlarning uzatish funktsiyalari.

Optimallashtirish mezonini tarmoqning chiqish vektori Y 'ning qayta ishlash natijasida olingan Y mos yozuvlar chiqish qiymatidan maksimal og'irlik, ya'ni topish kerak

$$\delta^* = \min_{\substack{HLN, N_k, \\ W, F_j(X, W)}} \max_Q \delta,$$

Bu yerda $d=Y'-Y$; Q - qiymatlarni o'z ichiga olgan to'plam - individual neyronlarning shaxsiy funktsiyalari asosida qurilgan SNT uzatish funktsiyasi.

Hatto oddiy tarmoqlar uchun ham bu muammo juda qiyin, shuning uchun uni hal qilish uchun parchalanish ishlatiladi, ya'ni tarmoq muayyan optimallashtirish muammolarini ketma-ket jarayonda optimallashtiriladi. Masalan, birinchi bosqichda HLN va N_k ning optimal qiymatlari tanlanadi, so'ngra neyronlarning uzatish funktsiyalarining optimal shakli aniqlanadi va yakuniy bosqichda neyronlararo ulanishlar tanlanadi.

Genetik algoritmlar ko'pincha allaqachon yaratilgan va boshqa usullar yordamida o'qitilgan ANNning ishlashini yaxshilash uchun ishlatiladi.

Dasturiy ta'minot vositalarining qisqacha tavsifi. Genetik algoritmlarni amalga oshiradigan tijorat dasturiy ta'minotini maqsadli dasturiy ta'minot, amaliy dasturiy ta'minot va algoritmik dasturiy ta'minotga bo'lish mumkin.

Umumiy maqsadli dasturiy ta'minot algoritmlar kutubxonalari, simulyatsiya dasturlari, vizualizatsiya vositalari va boshqa vositalarni o'z ichiga olgan maxsus dasturlarni yaratish uchun turli xil asboblarni to'plamini o'z ichiga oladi. Ushbu turdagi paketlar tajribali dasturchilar uchun mo'ljallangan, hisob-kitoblarni nazariyasi asoslarini bilishni talab qiladi va yuqori murakkabligi bilan ajralib turadi, bu ko'p jihatdan foydalanuvchining malakasiga bog'liq.

Amaliy dasturiy mahsulotlar muayyan fan sohalarida (reinjiniring, marketing, strategik rejalashtirish va boshqalar) ma'lum sinf muammolarini hal qilishga qaratilgan. Bunday vositalar foydalanuvchidan intellektual tizimlarni yaratish metodologiyasi sohasida nazariy bilimga ega bo'lishni talab qilmaydi. Unga o'z fanining mutaxassisi bo'lishi kifoya.

Algoritmik dastur bir (yoki bir nechta) genetik algoritmnini qo'llab-quvvatlaydi. Bunday dasturiy mahsulotlarning afzalliklari, ularning moslashuvchanligi va foydalanish qulayligidir. Shu bilan birga, foydalanuvchilar genetik algoritmi nazariyasi asoslarini tushunishlari kerak.

Keling, genetik algoritmlardan foydalangan holda optimallashtirish texnologiyalarini amalga oshiradigan ba'zi mashhur dasturiy vositalarni sanab o'tamiz [13] va qisqacha tavsif beramiz.

Kompyuter/Beagle tizimi ma'lumotlar bazasida tasniflaydigan qaror qabul qilish qoidalarini topish dasturidir. Mashinani o'rganish orqali ma'lumotlarni bilimga aylantiradi. Tizim modullaridan biri ko'paytirish va tanlash orqali mantiqiy ifodalar shaklida taqdim etilgan qoidalarni yaratadi.

Evolver tizimi oltita genetik optimallashtirish usullarini amalga oshiradi va MS Excel kengaytmasi sifatida ishlab chiqilgan. Paketni qo'llashning asosiy yo'nalishlari - xavf darajasini hisobga olgan holda rentabellikni optimallashtirish va xarajatlarni hisobga olgan holda foydani

ko'paytirish.

Genesis - genetik algoritmlarni sinab ko'rish vositasi sifatida ishlatiladigan taniqli algoritmik dasturiy mahsulot. U o'zgartirilgan dasturiy muhitni yaratishga imkon beradi va foydalanuvchini statistik chiqish ma'lumotlari bilan ta'minlaydi.

Umumiy maqsadli dasturiy ta'minot EnGENEer quyidagi vositalar yordamida genetik algoritmlarni yangi muammoli sohalarga moslashtirishga yordam beradi:

- genetikaning strukturaviy tushunchalarini (genlar, irsiyat tashuvchilari va boshqalar) tavsiflash uchun mo'ljallangan maxsus til;
- populyatsiya soni, kesishish turlari va mutatsiyalar kabi atributlarni ko'rsatish uchun ishlatiladigan evolyutsion model tili;
- grafik monitoring vositalari;
- o'quv kutubxonalari.

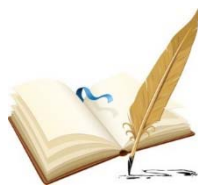
Ob'ektga yo'naltirilgan tizim beshta asosiy qismdan iborat:

- virtual mashina;
- yuqori darajadagi genetik til;
- genetik algoritmlar kutubxonasi;
- grafik monitor;
- kompilyator.

Tizim bir nechta algoritmlardan parallel foydalanishga mo'ljallangan. Muayyan dasturni yaratish uchun kutubxona modullari qo'llaniladi, ulardan maxsus yuqori darajadagi til yordamida makro dastur tuziladi.

Taniqli dasturiy ta'minot distribyutori Tora-Info-Center MS Excel ilovasi sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan hamda C va Visual Basic tillarida o'z dasturlaringizni yaratish imkonini beruvchi Gene Hunter paketini tarqatadi.

3-§. Evolyutsion dasturlash usullari



Tayanch soʻz va atamalar

Genetik dasturlash, simulyator, Iqtisodiy muvozanat, Evolyutsiya jarayoni, Mantiqiy (cheklangan) avtomatlar, avlod modellari.

Genetik dasturlash. Genetik dasturlash usullari 1990-yillarning boshida ishlab chiqilgan (J.Kozoy [27–29]). Genetik dasturlash - noma'lum yechim algoritmiga ega bo'lgan muammolar uchun kompyuter dasturlarini yaratish usuli. Evolyutsiya ob'ekti dastur bo'lib, populyatsiyada juda ko'p turli xil dasturlar mavjud. Ob'ektni muayyan qiymat funksiyasiga (*fitness function*) muvofiq tanlash asosida amalga oshiriladi. Dasturlar funksiyalar va terminallar bo'lgan bloklardan qurilgan. Arifmetik va mantiqiy amallar, echilayotgan masalalar sinfiga xos bo'lgan matematik funksiyalar odatda funksiyalar sifatida qaraladi. Ko'pgina terminallar dastur tomonidan yaratilmagan turli xil ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Maqsad - ma'lum sintaksis qoidalarini hisobga olgan holda, berilgan funksiyalar va terminallardan eng yaxshi dasturni yaratish.

Genetik dasturlash texnologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi.

1-bosqich. Terminallar majmuasini, funksiyalar majmuasini, yaratilgan dasturlar uchun sintaktik qoidalar va baholash mezonlarini shakllantirish.

2-bosqich. Tasodifiylik qonuni asosida muammoni yechishga qaratilgan EHM dasturlarining dastlabki populyatsiyasi yaratiladi.

3-bosqich. Har bir dastur bajariladi va uning ish natijalari fitnes funksiyasi (maqsadli funksiya) yordamida baholanadi.

4-bosqich. Dasturlarning yangi populyatsiyasi shakllanadi, unga yaratilgan dasturlar maqsad funksiya qiymatiga proporsional ehtimollik bilan tushishi mumkin.

5-bosqich. Ko'payish, kesishish va mutatsiyaning genetik operatorlari amalga oshirildi. Qayta ishlab chiqarish natijasida maqsad

funktsiyasining yaxshi qiymatlariga ega dasturlar ko'chiriladi. Krossover operatori mavjud dasturlarning fragmentlarini birlashtirib, yangi dasturlar yaratadi. Mutatsiya ba'zi bir dastur fragmentini ramziy ifoda bilan almashtirishdan iborat.

6-bosqich. Yangi populyatsiyaning dasturlari sinovdan o'tkaziladi va jarayonini davom ettirish to'g'risida qaror qabul qilinadi. Maqsad funktsiyasining maksimal va o'rtacha qiymatlari yaxshilanganda yangi populyatsiyalarni yaratishni davom ettiriladi.

LISP tilida dasturni modifikatsiyalash misolini [27] ko'rib chiqamiz, bunda terminal sifatida D_i , $i=0,1$ mantiqiy tipdagi o'zgaruvchilar ishlatiladi va ularni qayta ishlash uchun NO, OR, AND mantiqiy amallaridan foydalaniladi. Qadamlarda quyidagi ruxsat etilgan iboralar to'plami bo'lsin:

$\text{NOT}(D_1);$

$\text{NOT}(D_0);$

$\text{AND}(D_0, D_1);$

$\text{OR}(\text{AND}(D_0, D_1), \text{NOT}(D_1));$

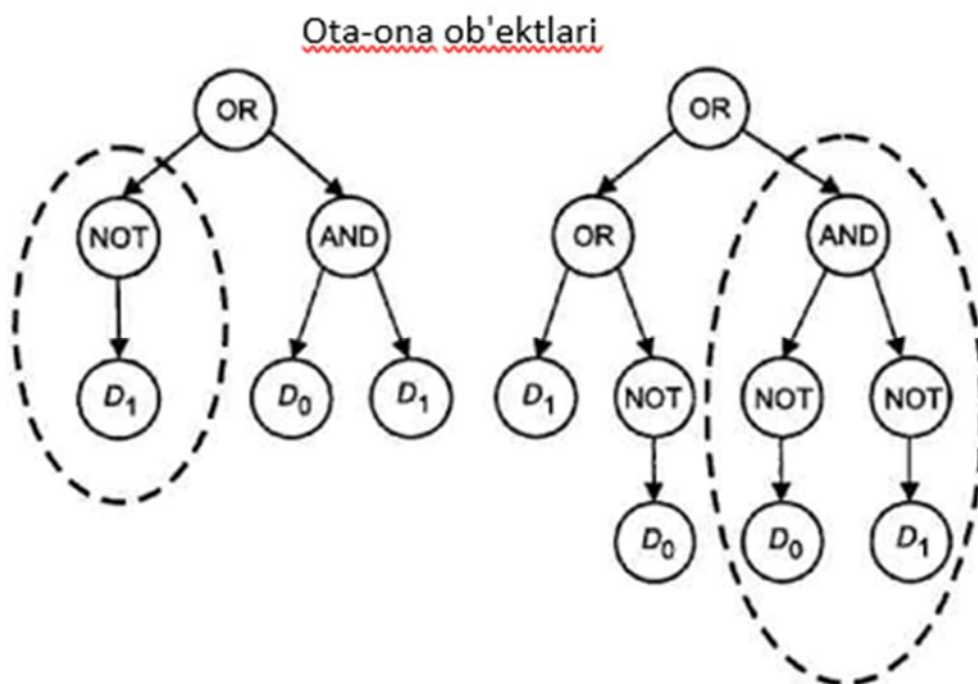
$\text{AND}(\text{NOT}(D_0), \text{NOT}(D_1));$

$\text{OR}(D_1, \text{NOT}(D_0));$

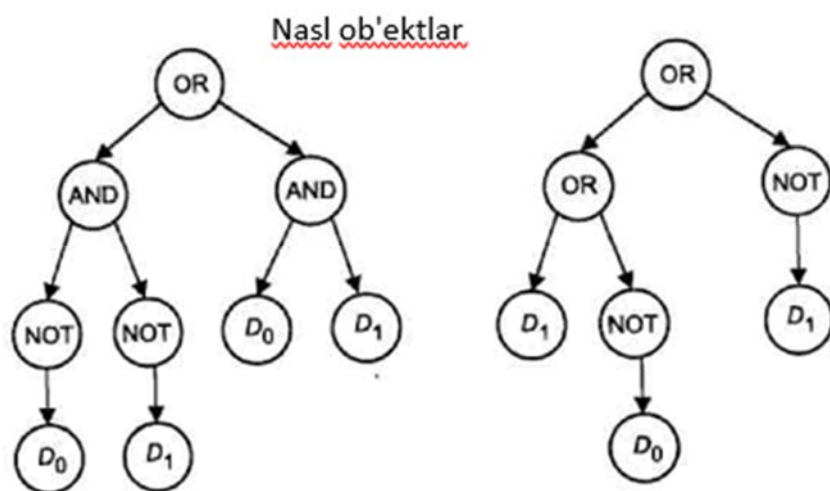
$\text{OR}(\text{OR}(D_1, \text{NOT}(D_0)), \text{AND}(\text{NOT}(D_0), \text{NOT}(D_1))).$

Bu ifodalarni daraxtlar shaklida ifodalash mumkin (3.9-rasm). Evolyutsiya jarayonida daraxtlar darajasida rekombinatsiya sodir bo'ladi va avlodlar olinadi (3.10-rasm). Birinchisi eksklyuziv OR operatsiyasini amalga oshirishdir:

$\text{OR}(\text{AND}(\text{NOT}(D_0), \text{NOT}(D_1)), \text{AND}(D_0, D_1)).$



3.9-rasm. LISP ramziy ifodalarini daraxtlar sifatida ifodalash



3.10-rasm. Daraxt osti darajasida ota-onalarni kesib o'tgan avlodlar

Genetik dasturlash g'oyalari "sun'iy hayot" simulyatorlari deb ataladigan dasturlarning asosini tashkil qiladi. J.Koza [27] asarida bunday dasturga quyidagi misol keltirilgan. 32' 32 o'lchamdagi toroidal panjarada "oziq-ovqat" 89 ta hujayraga joylashtirilgan. "Hasharotlar"ning "oziq-ovqat"ga kirishiga to'sqinlik qiladigan ba'zi to'siqlar mavjud. "Hasharotlar" bir nuqtadan to'rga tushadi va har biri o'z dasturining

buyruqlariga muvofiq harakat qiladi. Dastlabki populyatsiyada bu dasturlar to'siqlarni tekshiradigan va harakatni to'g'ri, chap yoki o'ngga ko'rsatuvchi operatorlardan ishlab chiqariladi. Yashash muddati belgilangan (400 qadam). Har bir dasturning "oziq-ovqat" bilan barcha hujayralar o'tishi uchun qadamlar soni belgilanadi. Har bir keyingi populyatsiya avvalgi populyatsiya dasturlari qiymatini hisobga olgan holda ko'payish, kesishish va mutatsiyaning genetik operatorlari yordamida tuziladi. 4000 "hasharot" populyatsiyasi uchun yechim 20 ta takrorlashda topiladi.

J.Koza izdoshlari o'z ishlarida genetik dasturlashdan murakkab avtomatlarni sintez qilish, shuningdek, dinamik tizimlarni strukturaviy identifikatsiyalash uchun foydalanish imkoniyatlarini o'rganib chiqdilar [19].

Iqtisodiy muvozanat modelini qurish misolida [13] maqsad narx darajasi, yalpi milliy mahsulot (YaMM), pul zaxirasi va iqtisodiyotdagi pul aylanish tezligini bog'lovchi ekonometrik ayirboshlash tenglamasini aniqlashtirishdan iborat. Bu erda terminallar sifatida quyidagi o'zgaruvchilar qo'llaniladi: GNP82 - 1982 yil uchun YaIM darajasi; YaIM - 1982 yil uchun birlikka normallashtirilgan YaIM deflyatori (modelning chiqish o'zgaruvchisi); FM - oylik pul zahiralar miqdori. Berilgan o'zgaruvchilar vaqtning funktsiyalari. Ularning qiymatlari vaqt seriyalari ko'rinishidagi statistik ma'lumotlar asosida aniqlanadi. Bundan tashqari, haqiqiy R tipidagi umumlashtirilgan konstantalar to'plami qo'llaniladi.

O'zgaruvchilarni qayta ishlash uchun quyidagi operatsiyalar taqdim etiladi: qo'shish (+); ayirish (-); ko'paytirish (*); himoyalangan bo'linish (%), bu 0 ga bo'lishga harakat qilganda olib keladi; himoyalangan logarifm (RLOG), agar argument nolga teng bo'lsa, 1 ni beradi; ko'rsatkichni hisoblash (EXP).

Yaratilgan tenglamalarning mosligini taxminiy bahosi berilgan tajriba nuqtalarida hisoblangan qiymatlarning haqiqiy qiymatlardan kvadrat og'ishlarining yig'indisi sifatida hisoblanadi:

$$R_h(t) = \sum_{j=1}^N [V_j^h - S_j]^2$$

bu erda S_j - model chiqish parametrining haqiqiy qiymati;

$j = 1, \dots, N$;

N – nuqtalar soni;

v_j^h – hisoblangan ko'rsatkichning qiymati;

h – model indeksi.

$R_h(t)$ qiymati $[0,1]$ oralig'ida o'zgarib turadigan va maksimallashtirish masalasiga o'tishga imkon beradigan

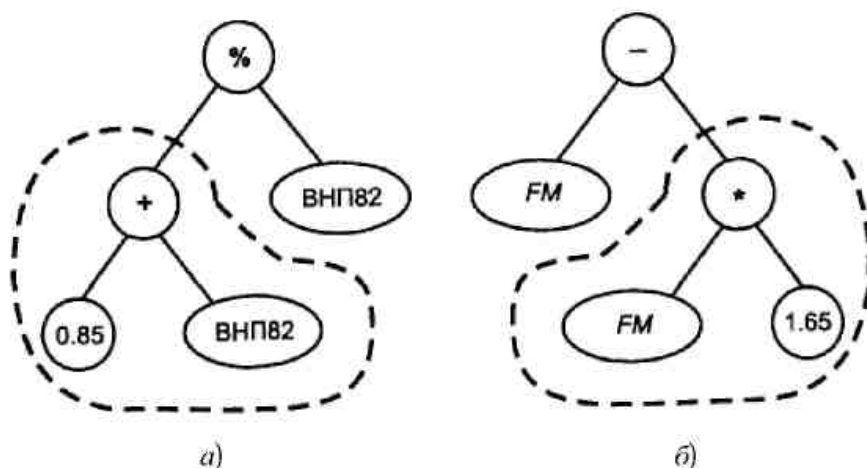
normallashtirilgan bahosini o'lchanadi. $a_h(t)$ ga asoslanib, $a_h(t) = \frac{1}{1 + R_h(t)}$ eng yaxshi yuqoriroq qiymatlarga ega bo'lgan va ehtimollik bilan imkon

beruvchi xususiyatga $\sum_{m=1}^M n_m(t) = 1$ ega bo'lgan nisbiy normallashtirilgan

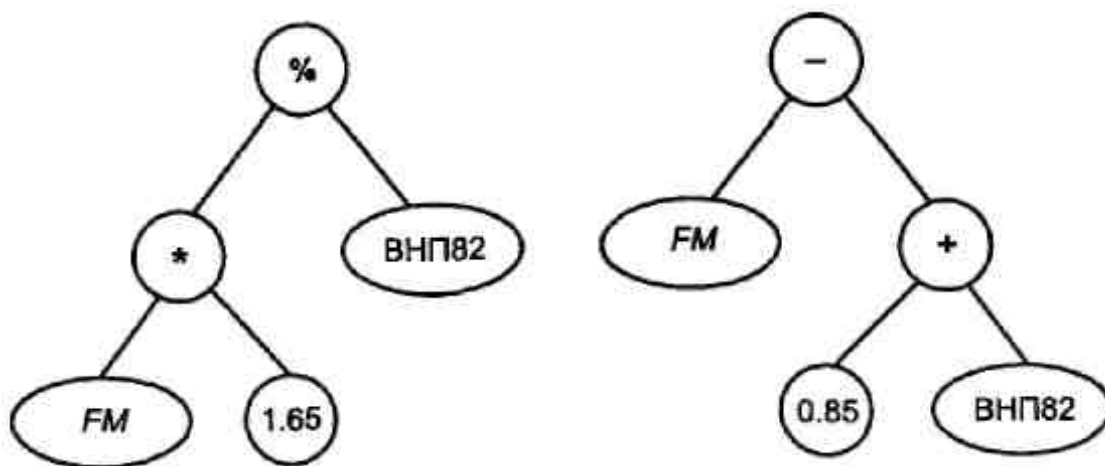
$n_h(t) = a_h(t) / \sum_{m=1}^M a_m(t)$ ko'rsatkich hisoblanadi.

Evolyutsiya jarayonining tugash mezoni ma'lum bir avlod soniga (50) erishish yoki maqsad funktsiyasining eng yaxshi qiymatiga erishishdir. Aholi soni 500 ta deb olindi. Yangi avlodlarni yaratish jarayonida aholi sonining 90% da amalga oshirildi, ya'ni har bir avloddan 225 juft ota-onalar ularning muvofiqligini nisbiy baholashga tanlangan. Bundan tashqari, har bir yangi populyatsiya uchun avlodning eng yaxshi vakillarining 10 foizi ko'paytirildi.

Yaratilgan modellarni (dasturlarni) daraxt tuzilmalari shaklida taqdim etish qulay (3.11-rasm).



3.11-rasm. O'tish uchun tanlangan kompyuter modellarining daraxt tasviri:



a - ota-ona 1; b - ota-ona 2

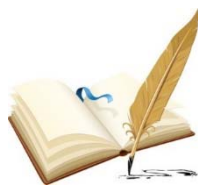
3.12-rasm. Kesish natijasida olingan avlod modellari

3.11-rasmda keltirilgan modellar $V_i = (0,85 + \text{BHP82})/\text{BHP82}$ va $V_j = 1,65FM - FM$ ifodalariga mos keladi. O'tish jarayoni ikkita asosiy modelning har birida nuqtasini tasodifiy va mustaqil tanlash bilan boshlanadi. Nuqta chiziq bilan ko'rsatilgan ota-ona dasturlarning qismlari almashtiriladi va natijada ikkita bola-modeli hosil bo'ladi (3.12-rasm). Avlodlar $V_k = 1,65FM/\text{BHP82}$ va $V_l = 0,85 + \text{BHP82} - FM$ tenglamalariga mos keladi.

Ushbu misoldagi mutatsiya operatori daraxt tugunlaridagi funktsiyalarni almashtirish yoki doimiy qiymatlarni tasodifiy o'zgartirish orqali amalga oshirildi.

30 yil davomidagi statistik ma'lumotlardan foydalangan holda (misol 1959 yildan 1988 yilgacha bo'lgan AQSh iqtisodiyotini o'rganib chiqdi), 50 dan ortiq ketma-ket avlodlarning genetik algoritmi $GD = 1,656.FM/BHP82$ bo'yicha eng yaxshi yechimni yaratdi, bu ma'lumotlarga yaxshi mos keladi. Ekonometrik almashinuv tenglamasi $P = MV/Q$, bu erda P - narx darajasi; M – pul massasi zahiralari; V - pulning iqtisodiyotdagi aylanish tezligi; Q - yalpi milliy mahsulot.

4-§. Evolyutsion dasturlash



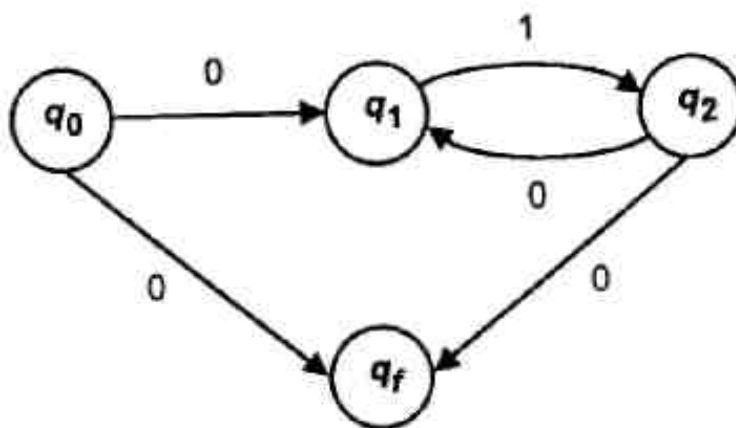
Tayanch soʻz va atamalar

Evolyutsion dasturlash, mutatsiya operatori, evolyutsion strategiyalar, tasodifiy vektor, component, populyatsiya.

1960-yillarda L.Vogel, A.Ouen va M.Uolshlar bashorat qilish, diagnostika qilish, namunalarni aniqlash va tasniflash masalalarini, shuningdek, noma'lum tabiatga ega bo'lgan ob'ektni boshqarish muammolarini hal qiluvchi mantiqiy avtomatlar evolyutsiyasi sxemasini taklif qildilar [12]. L.Vogel va uning hamkasblari faoliyatiga g'oyaviy jihatdan juda yaqin bo'lgan tadqiqotlar I.L.Bukatov [2,3] asarlarida tasvirlangan. L.Vogelning keyingi ishlarida [20,21] evolyutsion dasturlash chiziqli algebraik tenglamalar tizimini yechish uchun ishlatiladi.

Mantiqiy (cheklangan) avtomatlar - mantiqdan foydalangan holda, o'rganilayotgan tizimning boshlang'ich holatidan yakuniy holatga o'tishlari mumkinligini tavsiflovchi modellar. Cheklangan avtomatlarni ifodalashning qulay shakli yo'naltirilgan grafiklardir (3.13-rasm), bu erda q_0 tepasi boshlang'ich holat; q_f – yakuniy holat; q_1, q_2 – oraliq holatlar; $\{0,1\}$ – kiritish lug'atining belgilari.

Cheklangan holat mashinalari tanib olish, boshqarish va boshqa ko'plab ilovalarda qo'llaniladi. Mashhur Tyuring mashinasi cheklangan holat mashinasining bir turi.



3.13-rasm. Davlat mashinasiga mos keladigan yo'naltirilgan grafik

Evolyutsion dastur modellarining tabiiy evolyutsiyasi jarayonlarini taqlid qiladi va har bir daqiqada berilgan vazifani eng yaxshi bajara oladigan "organizm" saqlanib qoladi. "Ota-ona" organizm mavjud ma'lumotlarga asoslanib, kerakli qarorni qabul qilish qobiliyatiga qarab baholanadi.

Bu organizm mutatsiyaga uchraydi va xuddi shu vazifani bajaradigan va xuddi shu tarzda baholanadigan "avlod"ni ishlab chiqaradi. Shunday qilib, berilgan masalani hal qilish uchun yaxshiroq va yaxshiroq modellar (dasturlar) ishlab chiqariladi. Jarayon yetarlicha yaxshi dastur olinsa yoki vaqt resurslari tugagach tugaydi. Har doim yangi ma'lumot kelganda, eng to'g'ri echimni ta'minlaydigan mantiqiy tuzilma uchun evolyutsion qidiruv mavjud.

Evolyutsion dasturlashda ob'ektlar tashqi muhitdan keladigan ogohlantirishlarga javob berishga qodir cheklangan mashinalardir. Har bir avtomat joriy ma'lumotlarga asoslanib, qiymat funksiyasining ma'lum bir qiymatiga mos keladigan holatni bashorat qiladi. Evolyutsiyaning keyingi bosqichida mutatsiya qo'llaniladigan ota-ona avtomatlarini bosqichma-bosqich tanlash orqali izlanadi.

Evolyutsion dasturlashda mutatsiya operatorini amalga oshirishning quyidagi usullari qo'llaniladi:

- yakuniy holatni o'zgartirish;
- bir holatdan ikkinchi holatga o'tish shartlarini o'zgartirish;
- yangi holatni qo'shish;
- holatni o'chirish;
- boshlang'ich holatning o'zgarishi.

Umumlashtirilgan evolyutsion dasturlash algoritmi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi.

1. Muammo bayoni tuzilgan. Kirish lug'ati, kirish va chiqish holatlari to'plami, mumkin bo'lgan holatlar to'plami, holatdan holatga o'tish shartlari va hosil qilingan modellarni tavsiflovchi qiymat funksiyasi shakllanadi.

2. Ota-ona holat mashinalarining boshlang'ich populyatsiyasi tasodifiy hosil bo'ladi.

3. Ota-ona avtomatlarini sinovdan o'tkazish ma'lum bir masalani

echish (ma'lum namuna modelning kiritilishiga beriladi) va tanlangan qiymat funktsiyasi asosida olingan natijalarni baholash orqali amalga oshiriladi.

4. Istiqbolli bo'lmagan modellarni yo'q qilish.

5. Mutatsiya operatorining ota-ona avtomatiga tasodifiy qo'llanilishi asosida yangi populyatsiyaning a'zolari ishlab chiqariladi.

6. Muammoni yechish va olingan natijalarni baholash orqali modellarni sinovdan o'tkazish.

7. Eng istiqbolli naslning tanlash.

8. Evolyutsiya jarayonining tugash shartlarini tekshirish, bu bo'lishi mumkin: qiymat funktsiyasining optimal qiymatiga erishish va/yoki jarayonning davomiyligini cheklaydigan qiymatlarga erishish. Agar evolyutsiyani yakunlash uchun shartlar qondirilsa, 9-bosqichga o'ting, aks holda 5-bosqichga qayting, bu erda oxirgi yaratilgan populyatsiya ob'ektlari ota-ona vazifasini bajaradi.

9. Algoritm tugaydi.

Avtomatlarining keyingi evolyutsiyasi murakkabroq vazifalarni taqdim etishi mumkin.

Evolutsion strategiyalar. Evolyutsion strategiyalar 1970-yillarda taklif qilingan. [31,32] ko'pgina o'zgaruvchilar $F(X)$ funktsiyalarining minimumini topishning stoxastik usuli sifatida mohiyati quyidagicha. Ko'p mezonli optimallashtirish muammosini hal qilish uchun tasodifiy vektorlardan, $x = \{x_{ij}\}$, $j=1, \dots, P$,

P - optimallashtirish parametrlari maydonining o'lchami; ob'ektlarning boshlang'ich populyatsiyasi shakllanadi, ularda quyidagi harakatlar amalga oshiriladi.

1. x yechimlardan har bir komponentni x_{ij} tasodifiy o'zgaruvchiga qo'shish orqali yangi ob'ektlar $x_i \notin$ hosil bo'ladi, u nol matematik kutilma bilan normal taqsimot qonuniga ega.

2. Maqsad funktsiyasining qiymatlari hisoblab chiqiladi va eng yaxshi (minimal) yechim tanlanadi.

3. Jarayon maqbul yechimga erishilgunga qadar davom etadi.

Populyatsiyadagi har bir ob'ekt ikkita vektor bilan tavsiflanadi - yechim vektori va tasodifiy vektor. Tasodifiy vektor qidiruv jarayonida

saqlanadigan va algoritmnining yaqinlashishini tezlashtiradigan vektor bilan to'ldirilishi mumkin bo'lgan dispersiya vektori bilan tavsiflanadi. Qiymat tasodifiy tanlangan parametr o'zgarishlarining hajmini modellashtiradi. Umumiy holda qiymatni olishi mumkin, ammo evolyutsion mexanizmlarni modellashtirish sxemasida xij qiymati "ota-ona" mutatsiyalarining intensivligini aks ettiradi.

Olingan nuqtalar to'plami $F(X)$ minimallashtirilgan funktsiyaning qiymatlari asosida baholanadigan keyingi avlod echimlarini tashkil qiladi. Tanlash natijasida ba'zilar nobud bo'ladi, boshqalari esa yashaydi va ko'payadi. Ushbu oddiy sxemani tabiiy qonunlarga o'xshatib, yaratilgan avlodlar sonining "ota-onalar" qiymat funktsiyalariga bog'liqligini kiritish orqali yaxshilash mumkin. Evolyutsion qidiruv strategiyalari ma'lum va amaliyotda keng qo'llaniladi. Populyatsiyalar quyidagi yo'llar bilan shakllanishi mumkin:

1) m ota-onalar 1-avlodlarni yaratadi, barcha qarorlar uchun raqobatlashadi keyin eng yaxshi m ob'ektlar keyingi populyatsiyaga tanlanadi;

2) ob'ektning ishlash muddati bir avlod bilan cheklangan, ya'ni m ota-ona vafot etadi. Keyingi populyatsiyadagi o'rin uchun faqat 1 avlodlar raqobatlashadi va bu usulda $l > m$ sharti bajarilishi kerak (tavsiya etilgan nisbat $l / m > 7$). Ushbu yondashuv optimal va shovqinli ma'lumotlarni o'zgartirish bilan bog'liq muammolar uchun qo'llaniladi.

Evolutsion strategiyalar rekombinatsiya operatoridan foydalanadi (evolyutsion dasturlashda, evolyutsion strategiyalardan farqli o'laroq, rekombinatsiya ishlatilmaydi). Bu genetik algoritmlardagi kesishishga o'xshaydi. Bunday holda, "bola" vektorining komponentlari ikkita "ota-ona"ning vektorlari tarkibiy qismlaridan yaratiladi. Bu turli yo'llar bilan amalga oshirilishi mumkin, masalan:

- bola vektorining komponentlari ota vektorlardan tasodifiy tanlanadi;
- bola vektorining komponentlari ikkala ota-onaning o'rtacha arifmetik qiymati sifatida olinadi va keyin olingan bolaga mutatsiya operatori qo'llaniladi.

Evolutsion strategiyalar ba'zan global rekombinatsiyadan

foydalanadi, bunda har bir nasl vektorining komponentlari butun ota-ona populyatsiyasining vektorlaridan tasodifiy tanlanadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, tabiiy rivojlanish jarayonlarini, shu jumladan evolyutsiyani modellashtirish eng istiqbolli ilmiy yo'nalishlardan biri bo'lgan va shunday bo'lib qoladi. Evolyutsion hisob-kitoblarning tavsiflangan usullaridan tashqari, tabiiy analogiyalar asosida neyron tarmoqlar ixtiro qilindi, tizimlarning evolyutsion sintezi usullari va texnik ob'ektlarni evolyutsion loyihalash usullari taklif qilindi. Evolyutsion analogiyaga asoslangan yondashuvlarning o'ziga xos xususiyati - bu juda oddiy matematik apparat (boshqa usullar bilan solishtirganda) va zaif tuzilgan shartli muammolarni hal qilishda natijalar o'rtasidagi ziddiyat.

Buyuk Gyote tabiatni "barcha ijodkorlarning yaratuvchisi" deb atagan, shuning uchun sun'iy axborot tizimi ishlab chiquvchilari undan hali ko'p o'rganishlari kerak.



O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Evolyutsion modellashtirishning asosiy yo'nalishlarini sanab o'ting va evolyutsiyaning muqarrarligini belgilovchi asosiy omillarni keltiring.
2. Qanday algoritmlar genetik deb ataladi? Genetik algoritmlarning asosiy xususiyatlarini shakllantiring.
3. Oddiy genetik algoritmda tasvirlab bering. Misol keltiring.
4. Oddiy genetik algoritmda takror ishlab chiqarish va krossing-over operatorlarini tasvirlab bering. Misollar keltiring.
5. $[0, 1, 2, 3, 4]$ oraliqda $f(x) = x^4$ funksiyani hisoblash uchun oddiy genetik algoritmdan foydalanishga misollar keltiring.
6. Reproduksiya, krossing-over, mutatsiya va inversiya operatorlarining ishlashini tasvirlovchi misollar yozing.
7. Oddiy genetik algoritmda "sxema" tushunchasini tasvirlab bering. Diagrammalardan foydalanishning maqsadi va usullari haqida gapirib bering. Misollar keltiring.

8. Genetik algoritmnining asosiy teoremasini tushuntiring.
9. Genetik algoritmnining asosiy teoremasini qo'llashga misol keltiring.
10. Amaliy iqtisodiy yoki boshqaruvni optimallashtirish muammosini shakllantirish va uning yechimini genetik algoritm yordamida tavsiflash.
11. Hollandning tasnif tizimlarini tushuntiring. Misol keltiring.
12. Genetik dasturlash texnologiyasining asosiy bosqichlarini sanab bering.
13. Evolyutsion dasturlashning xususiyatlari qanday? Umumlashtirilgan evolyutsion dasturlash algoritmining asosiy bosqichlarini keltiring.
14. Evolyutsion strategiyalar usulini tavsiflang. U evolyutsion dasturlash va genetik algoritmlardan nimasi bilan farq qiladi?
15. Sun'iy axborot tizimida evolyutsion hisoblashning qo'llanilishini tushuntiring.
16. Genetik algoritmnining mustahkamligi va samaradorligini tushuntiring.
17. Bizga genetik operatorlar va ularni bajarish tartibi haqida gapirib bering.
18. Genetik algoritmnini to'ldirish mezonlarini tuzing.
19. Umumlashtirilgan evolyutsion dasturlash algoritmi haqida gapirib bering, har bir qadamni tushuntiring.
20. Cheklangan holat mashinasiga misol keltiring va yo'naltirilgan grafigini chizing.
21. Cheklangan holat mashinalari haqida gapirib bering.
22. Genetik algoritmlardan foydalangan holda optimallashtirish texnologiyalarini amalga oshiradigan mashhur dasturiy vositalarni sanab o'ting.
23. Genetik algoritmlar yordamida optimallashtirish texnologiyalarini amalga oshiruvchi vositalarga qisqacha tavsif bering.
24. Umumiy tarmoqni optimallashtirish muammosini shakllantirish.
25. Tasniflash tizimida qoidalarni qayta ishlash sxemasini chizing.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Батищев, Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач : учеб. пособие / Д.И. Батищев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995.
2. Букатова, И.Л. Эволюционное моделирование и его приложения / И.Л. Букатова. – М: Наука, 1979.
3. Букатова, И.Л. Эвоинформатика. Теория и практика эволюционного моделирования / И.Л. Букатова и др. – М: Наука, 1991.
4. Гудман, Э.Д. Эволюционные вычисления и генетические алгоритмы / Э.Д. Гудман, А.П. Коваленко // Обзорение прикладной и промышленной математики. – М: ТВП, 1996. – Т. 3. – Вып. 5.
5. Корнеев, В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев и др. – М: Нолидж, 2000.
6. Корячко, В.П. Теоретические основы САПР / В.П. Корячко, В.М. Курейчик, И.П. Норенков. – М: Энергоатомиздат, 1987.
7. Курейчик, В.М. Генетические алгоритмы: монография / В.М. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998.
8. Курейчик, В.М. Генетические алгоритмы в проектировании СБИС: учеб. пособие / В.М. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997.
9. Курейчик, В.М. Методы генетического поиска: учеб. пособие / В.М. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998.
10. Растршин, Л.А. Статистические методы поиска / Л.А. Растршин. – М: Наука, 1968.
11. Стецюра, Г.Г. Эволюционные методы в задачах управления, выбора и оптимизации / Г.Г. Стецюра // Приборы и системы управления. – 1998. – № 3.
12. Фогель, Л. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование / Л. Фогель, А. Оуэне, М. Уолш. – М: Мир, 1969.
13. Фролов, Ю.В. Интеллектуальные системы и управленческие решения / Ю.В. Фролов. – М: Изд-во МГПУ, 2000.
14. Холланд, Дж. Генетические алгоритмы / Дж. Холланд // В мире

науки. 1992. – № 9, 10.

15. Цетлин, М.Л. Исследование по теории автоматов и моделирование биологических систем / М.Л. Цетлин. – М.: Наука, 1969.
16. Ackley, D.H. A Connection machine for genetic hillclimbing / D.H. Ackley. – Boston: Kluwer Academic Publishers, USA, 1987.
17. Booker, L.B. Classifier systems and genetic algorithms / L.B. Booker, D.E. Goldberg, J.H. Holland // Ibid. – 1989. – Vol. 40, No. 1–3.
18. Branke, J. A distributed genetic algorithm improving the generalization behavior of neural networks / J. Branke, U. Kohlmorgen, H. Sshmeck // LNAI. – 1995. – Vol. 912.
19. Dzerovski, S. Discovering dynamics with genetic programming / S.Dzerovski, I.Petrovski // LNAI. – Vol. 783.
20. Fogel, D. Evolutionary computation / D. Fogel. – IEEE press, 1995.
21. Fogel, D.B. Comparing genetic operators with gaussian mutations in simulated evolutionary process using linear systems / D.B. Fogel, J.W.Atmar // Biol. Cybernetics. – 1990. – Vol. 63.
22. Foundation of Genetic Algorithms / Ed. by rawens gregory. – San Mateo: Morgan Kaufman Publishers, California, USA, 1991.
23. Goldberg, David E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning / David E. Goldberg. – Addison–Wesley Publishing Company, Inc. 1989.
24. Gruckles, B.P. Genetic algorithms / B.P. Gruckles, F.E. Party. – Los Alamos: IEEE Computer Society Press, LA, USA, 1992.
25. Handbook of Genetic Algorithms // Ed. by Lawrence Davis, Van Nostrand Reinholds. – New York, 1991.
26. Holland, J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence / J.H. Holland. – University of Michigan, 1975.
27. Koza, J. Genetic evolution and coevolution of computer programs / J. Koza // Artificial life 2. Proceedings of the Workshop on Artificial life, 1990.
28. Koza, J. Genetic programming / J. Koza // MIT press. – 1992.
29. Koza, J. GP2: Automatic discovery of reusable programs / J. Koza //

MIT press. – 1993.

30. Ono, N. Self-organization of communication in distributed learning classifier systems. Artificial neural nets and genetic algorithms / N. Ono, A. Rahmani // Proceedings of the International Conference. – 1993. – P. 361 – 367.
31. Schwefel, H.P. Numerical optimization of computer models / H.P. Schwefel. – New York: John Willey, 1981.
32. Schwefel, H.P. Evolution and optimum searching / H.P. Schwefel. – New York: John Willey, 1995.

4-BOB. INTELLEKTUAL MULTI-AGENT TIZIMLARI

Intellectual multi-agent tizimlari sun'iy intellektning yangi istiqbolli yo'nalishlaridan biri bo'lib, u taqsimlangan kompyuter tizimlari, tarmoq texnologiyalari va parallel hisoblashlar sohasidagi tadqiqot natijalari asosida shakllangan. Ko'p agentli texnologiyalar bir vaqtning o'zida ko'plab jarayonlar sodir bo'ladigan tizimda ishlaydigan dasturning (agentlarning) alohida qismlarining avtonomligi printsipiga asoslanadi. Agent - bu faol motivatsiyalangan va dinamik virtual muhitda boshqa ob'ektlar bilan o'zaro ta'sir o'tkazishga qodir bo'lgan avtonom sun'iy ob'ekt (kompyuter dasturi). Har bir agent xabarlarni qabul qilishi, mazmunini sharhlashi va yangi xabarlarni yaratishi mumkin, ular "e'lonlar taxtasi"ga uzatiladi yoki boshqa agentlarga yuboriladi.

Agentlarga asoslangan yondashuv allaqachon murakkab muammolarni hal qilish, korxonalarni reinjiniring, elektron biznes va boshqalarda qo'llanilgan. Ko'p agentli texnologiyalarni qo'llashning muhim sohasi modellashtirishdir. Ushbu yo'nalishda D.A.Pospelov [9] muammolarning ikki sinfini ajratadi. Birinchi sinfga taqsimlangan nazorat muammolari va rejalashtirish muammolarini o'z ichiga oladi, bunda turli agentlarning sa'y-harakatlari umumiy muammoni hal qilishga qaratilgan va ularning faoliyati bilan hamkorlik qilish usullarini ta'minlash kerak. Ikkinchi toifadagi muammolarda agentlar, odatda o'zlarining mahalliy muammolarini mustaqil ravishda hal qilishadi.

1-§. Agent nazariyasining asosiy tushunchalari



Tayanch so'z va atamalar

Agent, Intellektual agent, avtonomiya, reaktivlik, maqsadlilik, altruism, mobillik, Intellektual ko'p agentli tizim.

Agent tushunchasi egasi va/yoki foydalanuvchi tomonidan qo'yilgan maqsadlarga erishish yo'lida apparat yoki dasturiy ta'minot bilan ta'minlangan ob'ektga mos keladi [3,12,23].

Ko'p agentli tizimlarda (MAC) ko'plab avtonom agentlar turli foydalanuvchilarning manfaatlarini ko'zlab ishlaydi va muayyan muammolarni hal qilish jarayonida bir-biri bilan o'zaro ta'sir qiladi. Bunday vazifalarga quyidagilar misol bo'la oladi: axborot oqimlari va tarmoqlarini boshqarish, havo harakatini boshqarish, internetda ma'lumot qidirish, elektron tijorat, o'qitish, elektron kutubxonalar, ko'p mezonli boshqaruv qarorlarini kollektiv qabul qilish va boshqalar.

Ko'p agentli tizimlar g'oyasi 1950-yillarning oxirida paydo bo'lgan M.L.Tsetlina ilmiy maktabida, avtomatlarning xatti-harakatlarini o'rgangan [14]. Agentlar reaktivlik xususiyatiga ega bo'lgan sun'iy mavjudotlar edi, ya'ni tashqi muhitdan keladigan signallarni idrok etish va javob signallarini yaratishga qodir edi. Kichik hayvonlarning rolini va boshqa mavjudotlarning mavjudligi haqida aprior bilimga ega bo'lmagan davlat mashinalari o'ynagan. Ularda mavjud bo'lgan yagona bilim ularning faoliyat maqsadi va maqsadga erishish bilan bog'liq signallarni baholash edi. Ma'lum bo'lishicha, hatto holat mashinalari kabi oddiy tuzilmalar ham (3-bobga qarang) statsionar muhitda yaxshi moslashuvchanlikni namoyish etadi. Avtomat agentlarining asosiy xususiyatlaridan biri ratsionallik bo'lib, u agent tomonidan o'z mavjudligining ma'lum bir davrida ijobiy ekologik reaksiyalar yig'indisi sifatida aniqlangan. Keyingi tadqiqotlarda mayda hayvonlarning tuzilishi murakkablashdi. Birinchidan, atrof-muhitning xususiyatlariga mos keladigan o'zgaruvchan tuzilishga ega avtomatlar paydo bo'ldi, keyin atrof-muhit holati va tahlili asosida o'z reaksiyalarini o'zgartirishga qodir agentlar paydo bo'ldi. Ko'p agentli texnologiyalarni rivojlantirishdagi jiddiy qadam agentlarning fikrlash qobiliyatini amalga oshirish edi [7,12]. Agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirning eng oddiy modellari atrof-muhit orqali aloqasini ta'minladi. Bundan tashqari, operatsiyaning har bir bosqichida agentlar harakatlarni tanlaydilar. Barcha agentlarning harakatlari to'plami ishtirokchilar uchun ekologik reaksiyalarning taqsimlanishini belgilaydi, ular o'z javoblarini shakllantirishda foydalanishi yoki foydalanmasligi mumkin.

Taqsimlangan kompyuter tizimlarida jamoaviy ishlashga o'tish bilan agentlarni tushunishga yangi qadam qo'yildi. Bu qadam ko'p agentli

texnologiyalarning jadal rivojlanishining boshlanishi edi. Bugungi kunga qadar bu yo'nalishda ma'lum tajribalar to'plangan. Turli agent modellari va ularni amalga oshirish usullari taklif qilindi, amaliy muammolar echildi va ko'p agentli tizimlarni ishlab chiqish vositalari yaratildi, agentlarning o'zaro ta'sirining turli tamoyillari shakllantirildi va hokazo. Ushbu bobda biz aqlli MAClarni qurish va qo'llash bilan bog'liq masalalarga e'tibor qaratamiz.

Agentlarning tasniflaridan biri [3,19] 4.1-jadvalda keltirilgan bo'lib, shundan kelib chiqadiki, aqlli agentlar maqsadga muvofiq xatti-harakatlar bilan tavsiflanadi, bu agentning maqsadlariga ega ekanligini va atrof-muhit, sheriklar va uning imkoniyatlari to'g'risidagi bilimlardan foydalanish qobiliyatini nazarda tutadi.

Intellektual agentlar quyidagi asosiy xususiyatlarga ega:

- avtonomiya - egasining aralashuvisiz ishlash va o'z harakatlari hamda ichki holatini nazorat qilish qobiliyati. Avtonomiya agentning atrof-muhitga nisbatan nisbiy mustaqilligini nazarda tutadi, ya'ni, zarur resurslar bilan ta'minlanishi kerak bo'lgan o'z xatti-harakatlarini "erkin iroda"ni mavjudligi;
- faoliyat - harakatlarni amalga oshirish qobiliyati;
- muloyimlik - boshqa agentlar bilan o'zaro ta'sir va aloqa;
- reaktivlik - atrof-muhit holatini va uning o'zgarishiga reaksiyani yetarli darajada idrok etish;
- maqsadlilik, bu o'z motivatsiya manbalarining mavjudligini nazarda tutadi;
- o'zi haqida va boshqa agentlar hamda atrof-muhit haqida asosiy bilimlarga ega bo'lish;
- e'tiqodlar - vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan asosiy bilimlarning o'zgaruvchan qismi;
- istaklar - ma'lum holatlarga intilish;
- niyatlar - agent tomonidan o'z majburiyatlari va (yoki) istaklarini bajarish uchun rejalashtirilgan harakatlar;
- majburiyatlar - bitta agent boshqa agentlarning ko'rsatmalariga binoan bajaradigan vazifalar.

Belgi	agent tipi			
	oddiy	aqlli	aqlli	haqiqatan ham aqlli
Avtonomiya	+		+	+
Boshqa agentlar va/yoki foydalanuvchilar bilan o'zaro aloqa	+	+	+	+
Reaktivlik	+	+	+	+
Abstraksiyadan foydalanish qobiliyati		+	+	+
Moslashuvchan xatti-harakatlar		+	+	+
Atrof-muhitni o'rganish			+	+
Xatolarga va/yoki noto'g'ri kirish signallariga tolerantlik			+	
Haqiqiy vaqtda ishlash			+	
Tabiiy tilning o'zaro ta'siri			+	

Ba'zida ushbu ro'yxatga boshqa fazilatlar qo'shiladi, jumladan:

- **haqiqat** - haqiqiy ma'lumotni yolg'on ma'lumotlar bilan almashtira olmaslik;
- **xayrixohlik** - o'z muammolarini hal qilish jarayonida boshqa agentlar bilan hamkorlik qilishga tayyorlik, bu odatda agentlar oldiga qo'yilgan qarama-qarshi maqsadlarning yo'qligini nazarda tutadi;
- **altruizm** - umumiy maqsadlarning shaxsiy maqsadlardan ustunligi;
- **mobillik** - agentning kerakli ma'lumotlarni qidirish uchun tarmoq bo'ylab ko'chirish qobiliyati.

[12]da agent dasturlarni tasniflash uchun ikkita asosiy xususiyatdan foydalaniladi: 1) tashqi dunyoning ichki tasvirining rivojlanish darajasi; 2) xulq-atvori.

Birinchi mezon asosida aqlli (kognitiv, fikrlash) va reaktiv agentlar ajratiladi. Aqlli agentlar bilimlar bazasi, fikrlash mexanizmlari va harakatlar tahlili mavjudligi tufayli tashqi dunyoning yaxshi rivojlangan va to'ldirilgan ramziy modeliga ega. Reaktiv moddalar tashqi muhit haqida tushunchaga ega emas. Ular fikrlashdan foydalanmaydilar va o'zlarining

resurslariga ega bo'lmasligi mumkin. Ularning xatti-harakati maqsad bilan belgilanadi, unga muvofiq taqdim etilgan vaziyatlarga reaksiyalar shakllanadi. Shu munosabat bilan, reaktiv agentlar ichki motivatsiya manbalariga ega emaslar va o'z harakatlarini rejalashtirishga qodir emaslar (sof shakldagi reaktivlik - bashoratsiz qayta aloqa).

Intellectual ko'p agentli tizim - bu tarmoqda taqsimlangan aqlli agentlar to'plami bo'lib, ular tegishli ma'lumotlar, bilimlar, protseduralarni izlash uchun ko'chib o'tadi va maqsadlariga erishish uchun hamkorlik qiladi.

MACni ishlab chiqishda qabul qilingan kontseptsiyaga qarab, uning arxitekturasini turli xil variantlari mavjud bo'lib, ular orasida uchta asosiy tur mavjud:

- 1) bilim usullariga asoslangan arxitekturalar;
- 2) rag'batlantiruvchi-javob xulq-atvor modellaridan foydalanadigan arxitekturalar;
- 3) gibrid arxitekturalar.

Birinchi turdagi arxitekturalarda bilimlarni ifodalash va qayta ishlash uchun an'anaviy modellar, usullar va sun'iy intellekt vositalaridan foydalaniladi. Qaror qabul qilish esa fikrlash mexanizmlari asosida amalga oshiriladi. Ushbu turdagi birinchi tizimlar bilimlarni ifodalash va qayta ishlash uchun birinchi tartibli predikatlardan foydalangan. Ushbu sohadagi tadqiqotlarning rivojlanishi mantiqiy hisob-kitoblarning maxsus kengaytmalarining paydo bo'lishiga olib keldi, ular agentlarning e'tiqod, istak, niyat va majburiyatlar kabi xususiyatlarini hisobga olishga qaratilgan [9,12]. Birinchi turdagi arxitekturalarning asosiy kamchiligi yaratilayotgan tizimlarning zaruriy qismi bo'lgan bilimlar bazalarini qurishning murakkabligi yoki fundamental imkonsizligidir. Xususan, aqlli agent tashqi muhitdan ma'lumotni idrok etish va ushbu ma'lumotlarni qayta ishlash natijasida muayyan harakatlarni amalga oshirish qobiliyatiga ega tizim arxitekturasiga ega bo'lishi mumkin. Agent dasturi va an'anaviy ishlab chiqarish ES (ekspert sistema) o'rtasidagi asosiy farqlar maqsadlarni shakllantirish mexanizmi va boshqa agentlar bilan o'zaro aloqani ta'minlaydigan aloqa modulining mavjudligi bilan bog'liq. Bunday arxitekturaga ega agent fikr yuritishga qodir, lekin o'rganishga qodir emas.

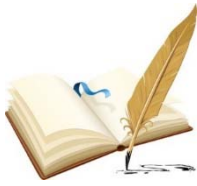
Agentning adaptiv xatti-harakati J.Hollandning tasniflash tizimlariga asoslangan arxitektura tomonidan amalga oshirilishi mumkin. Tasniflash tizimlari va ishlab chiqarish tizimlari o'rtasidagi eng muhim farqlar: 1) genetik algoritim yordamida yangi qoidalarini shakllantirish imkoniyati; 2) rag'batlantirish mexanizmining mavjudligi.

Reaktiv deb ataladigan ikkinchi turdagi arxitekturada intellektual axborot uchun an'anaviy bilimlarni taqdim etishning ramziy modellaridan foydalanilmaydi [16]. Agentning modellari harakatni tanlashga imkon beradigan qoidalar to'plami yoki cheklangan holat mashinalari yoki tizimda paydo bo'ladigan stimullarga agentning reaksiyalarini shakllantirishni ta'minlaydigan vositalar bilan ifodalanadi. Ushbu turdagi tizimlar, qoida tariqasida, ixtisoslashuvning yuqori darajasiga va hal qilinayotgan muammolarning murakkabligi bo'yicha qat'iy cheklovlariga ega.

Eng istiqbollilari aqlli va reaktiv arxitektura imkoniyatlaridan foydalanish imkonini beruvchi gibrid intellektual multi-agent tizimlar hisoblanadi. Masalan, ierarxik bilimlar bazasiga ega arxitektura, unda tuzilgan bilimlar bazasi, ishchi xotira, aloqa boshqaruv moduli va inson-mashina interfeysi mavjud. Bunday arxitekturaga ega agent fikrlash va o'zini reaktiv tutish qobiliyatiga ega. Uning bilimlar bazasi uchta darajani o'z ichiga oladi: 1) fan sohasi bo'yicha bilim; 2) noaniqlik sharoitida qaror qabul qilishga imkon beruvchi bilim; 3) bilimlarni nazorat qilish.

Agentning intellektual xulq-atvori qaror qabul qilish qobiliyati bilan, reaktiv xatti-harakati esa ishchi xotira tarkibini nazorat qilish tizimi bilan ta'minlanadi. Agent inson-mashina interfeysi yordamida foydalanuvchi bilan o'zaro aloqa qiladi. Umuman olganda, gibrid arxitekturalar ko'p darajali bo'lib, turli darajalarning tuzilishi va mazmuni bilan bir-biridan farq qiladi.

2-§. Agentlarning jamoaviy xatti-harakati



Tayanch soʻz va atamalar

Android, Application Programming Interface, platforma, ochiq platforma, Android Market, GPS.

MAC-larni boshqa aqlli tizimlardan ajratib turadigan asosiy xususiyati agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirdir. O'zaro ta'sir sub'ektlar o'rtasida ikki tomonlama va ko'p tomonlama dinamik munosabatlarni o'rnatishni anglatadi. Bu nafaqat agentlar faoliyatining natijasi, balki virtual hamjamiyatlarni shakllantirishning zarur shartidir. O'zaro ta'sir nafaqat birgalikda mavjud bo'lgan agentlar o'rtasidagi bog'liqlik, balki agentlarning o'zlari va ular o'rtasidagi munosabatlarning o'zgarishi uchun zarur shartdir.

Har qanday o'zaro ta'sirning asosiy xususiyatlari - yo'nalish, tanlanganlik, intensivlik va dinamizm. MAC kontekstida ushbu tushunchalarni quyidagicha talqin qilish mumkin:

- **yo'nalish** - ijobiy yoki salbiy; hamkorlik yoki raqobat; hamkorlik yoki qarama-qarshilik; muvofiqlashtirish yoki bo'ysunish va boshqalar;
- **selektivlik** - o'zaro ta'sir qandaydir tarzda bir-biriga mos keladigan agentlar va topshiriqlar o'rtasida sodir bo'ladi. Bunday holda agentlar bir jihatdan bog'langan bo'lsa, boshqa tomondan mustaqil bo'lishi mumkin;
- **intensivlik** - agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir mavjudligi yoki yo'qligi bilan kamaymaydi, balki ma'lum bir kuch bilan tavsiflanadi;
- **dinamik** - vaqt o'tishi bilan o'zaro ta'sirlarning mavjudligi, kuchi va yo'nalishi o'zgarishi mumkin.

Agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirni tahlil qilishning umumiy muammosi quyidagi vazifalarni o'z ichiga oladi [12]:

- 1) agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir holatini aniqlash;
- 2) asosiy rollarni aniqlash va ularni agentlar o'rtasida taqsimlash;
- 3) o'zaro ta'sir qiluvchi agentlarning soni va turlarini aniqlash;
- 4) o'zaro munosabatlarning rasmiy modelini yaratish;

5) agentning mumkin bo'lgan xatti-harakatlari strategiyalarini aniqlash;

6) turli kommunikativ harakatlarni shakllantirish.

Agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirning asosiy turlariga quyidagilar kiradi:

- hamkorlik (кооперация);
- raqobat (qarama-qarshilik, ziddiyat);
- murosaga kelish (boshqa agentlarning manfaatlarini hisobga olgan holda);
- konformizm (o'z manfaatlaridan boshqalar foydasiga voz kechish);
- o'zaro ta'sirdan qochish.

Aqlli agentlar boshqa agentlar bilan "ongli ravishda" hamkorlik qiladilar va ma'lum maqsadlarga erishadilar. Reaktiv agentlar jamoasidagi hamkorlikni tasodifiy deb atash mumkin, chunki u turning omon qolishiga qaratilgan individual agentlarning tabiiy reaksiyalariga asoslanadi. Omon qolish ko'rsatkichlari shaxs yoki guruhning omillar ta'sirida yaxlitligini saqlab qolish qobiliyatini aks ettiradi. Agentlar o'rtasidagi hamkorlik majburiy asosda (direktiv hamkorlik) yoki ixtiyoriy munosabatlar (vaziyatli hamkorlik) asosida yuzaga kelishi mumkin. Ushbu ikki turdagi hamkorlik ko'pincha agentlarning o'zaro hamkorligi ular o'rtasidagi rasmiy yoki norasmiy kelishuvlar to'plami bilan, shartnoma shakli bilan ifodalanadi.

Agentlarning o'zaro ta'siri bir qancha sabablarga bog'liq bo'lib, ulardan eng muhimi quyidagilardir.

Maqsadga muvofiqligi (umumiy maqsad). Bu sabab odatda hamkorlik yoki hamkorlik tipidagi shovqinni keltirib chiqaradi. Bunday holda, agentlarning hayotiyiligini pasayishiga olib keladimi yoki yo'qligini aniqlash kerak. Maqsadlar yoki e'tiqodlarning nomuvofiqligi odatda mojarolarni keltirib chiqaradi, ularning roli rivojlanish jarayonlarini rag'batlantirishdir. Mashhur yirtqich-o'lja modeli ikki turdagi bir vaqtning o'zida o'zaro ta'sir qilishning namunasidir: hamkorlik va qarama-qarshilik.

Resurslarga munosabat. Resurslar agentlar o'z maqsadlariga erishish uchun foydalanadigan har qanday vositadir. Bozor ulushlarini taqsimlash muammolari, qo'shma korxonalarning xarajatlari va foydalari

umumiy resurslar tufayli o'zaro ta'sirga misol bo'lishi mumkin. Ko'pgina agentlar tomonidan taqsimlangan resurslar odatda nizolarni keltirib chiqaradi. Bunday ziddiyatlarni hal qilishning eng oddiy va samarali usullaridan biri bu kuchlilar hukmronligi - kuchli agent kuchsizlardan resurslarni oladi. Mojarolarni hal qilishning yanada nozik usullari barcha agentlarning manfaatlarini hisobga olgan muzokaralar orqali ta'minlanadi [13].

Yo'qotilgan tajribani jalb qilish zarurati. Har bir agent o'z va umumiy maqsadlarini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan cheklangan bilimlarga ega. Shu munosabat bilan u boshqa agentlar bilan o'zaro aloqada bo'lishi kerak. Bunda turli vaziyatlar yuzaga kelishi mumkin: a) agent topshiriqni mustaqil bajara oladi; b) agent tashqi yordamisiz ham qila oladi, ammo hamkorlik unga muammoni samaraliroq hal qilishga imkon beradi; v) agent muammoni yakka o'zi hal qila olmaydi. Vaziyatga qarab, agentlar o'zaro ta'sir turini tanlaydilar va hamkorlikka turli darajada qiziqish bildirishi mumkin.

O'zaro majburiyatlar. Majburiyatlar agentlarning xaotik munosabatlarini tartibga solishga yordam beradigan vositalardan biridir. Ular boshqa agentlarning xatti-harakatlarini bashorat qilish, kelajakni bashorat qilish va o'z harakatlaringizni rejalashtirish imkonini beradi. Majburiyatlarning quyidagi guruhlarini ajratish mumkin: a) boshqa agentlar oldidagi majburiyatlar; b) agentning guruh oldidagi majburiyatlari; v) guruhning agent oldidagi majburiyatlari; d) agentning o'zi oldidagi majburiyatlari. Maqsadlar, majburiyatlar, istaklar va niyatlarning rasmiy ifodalanishi, shuningdek, boshqa barcha xususiyatlar, agentning aqliy modelini asosini tashkil qiladi, bu uning avtonom rejimda motivatsiyalangan xatti-harakatlarini ta'minlaydi.

Turli kombinatsiyalarda sanab o'tilgan sabablar agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirning turli shakllariga olib kelishi mumkin, masalan:

- individual agentlar tajribasini (topshiriqlarni taqsimlash, bilim almashish va hokazo) ularning harakatlarini muvofiqlashtirish uchun integratsiyalashuvini o'z ichiga olgan oddiy hamkorlik;
- agentlar resurslardan va o'z tajribasidan samarali foydalanish maqsadida o'z harakatlarini muvofiqlashtirishga majbur bo'lganda

(ba'zan maxsus muvofiqlashtiruvchi agentni jalb qilgan holda) muvofiqlashtirilgan hamkorlik;

- samarasiz hamkorlik, agentlar tajriba almashmasdan va bir-biriga aralashmasdan resurslarni bo'lishishlari yoki umumiy muammoni hal qilishlari (I.A.Krilov masalidagi oqqush, qisqichbaqa va baliq kabi).

Agentlarning bir-biri bilan va atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirini modellashtirish muammosini ko'rib chiqib, D.A.Pospelov [2] virtual muhitlarni modellashtirishda e'tiborga olinishi kerak bo'lgan tabiiy tizimlarning quyidagi asosiy xususiyatlarini aniqladi.

Har qanday agentning mavjudlik vaqtining chekliligi. Agentning ishlash muddati turli holatlarga, xususan, unga yuklangan vazifaga, mavjud resurslar miqdoriga va hokazolarga bog'liq.

Sun'iy hayot modellarida biologik tanlash mexanizmlaridan foydalanish. Samarali agentlarning tabiiy tanlanishi adaptiv tizimlarda turli xil evolyutsion mexanizmlar (neyron tarmoqlarni o'rganish, genetik algoritmlar, sozlanishi tuzilishga ega avtomatlar va boshqalar) yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Agentlar jamoasining tashkiliy darajasini hisobga olish. Agar modelda ijtimoiy tashkilotga ega bo'lgan murakkab organizmlarning o'zaro ta'siri tasvirlangan bo'lsa, unda reaktivlik, faollik va idrok (mulohaza yuritish qobiliyati) bilan bir qatorda, agentlar yana bir xususiyatga - ijtimoiylikka ega bo'ladilar. Bunday modellarda ijtimoiy mavqe va ijtimoiy munosabatlarni hisobga olish zarurati mavjud. Jamiyatda mehnat taqsimoti ixtisoslashtirilgan funktsiyalarni, shu jumladan sun'iy muhitni boshqarish funktsiyalarini bajaradigan agentlar sinflarini aniqlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Funktsiyalarni taqsimlash biologik tamoyildan tubdan farq qiladigan ijtimoiy tanlanish mexanizmini amalga oshirish zaruriyatiga olib keladi.

Inson jamiyati qiyofasida va o'xshashligida sun'iy organizmlar jamoasini tashkil etish masalalari MAC nazariyasini tizim tahlili, tashkilot nazariyasi, ma'muriy boshqaruv nazariyasi va boshqalar bilan bog'laydi. Jamiyatda qabul qilingan asosiy qadriyatlar va me'yorlar haqidagi tushunchalarni shakllantirish ko'p agentli tizimlarni tashkil

etishning ma'naviy va axloqiy asosi va hali hal qilinmagan muammodir. Agentlarning modellariga e'tibor qaratish munozaralarga sabab bo'ladi, chunki jamiyatda me'yoriy xatti-harakatlar bilan bir qatorda normativ bo'lmagan xatti-harakatlar ham sodir bo'ladi [9].

MACda agentlarning jamoaviy xatti-harakati agentlarning muammolarni jamoaviy hal qilishda hamkorligini o'z ichiga oladi. Ko'p agentli tizimning ishlashi davomida agent o'ziga yuklangan vazifani mustaqil hal qila olmasa, boshqa agentlardan yordam so'rashi mumkin. Shu bilan birga, agentlar nafaqat o'z imkoniyatlariga tayangan holda, balki jamoaning boshqa a'zolarining rejaları va niyatlarini tahlil qilib, birgalikdagi harakatlar rejalarini tuzishlari mumkin. Kollektiv xatti-harakatni modellashtirish, shuningdek, agentlar o'z muammolarini hal qilish uchun ham zarurdir. Har bir agent boshqa agentlarning mavjudligini hisobga olishga majbur bo'ladi va bitta agent uchun strategiyani tanlash odatda boshqalarning xatti-harakatlariga bog'liq.

Kollektiv xatti-harakatlar tizimlar nazariyasi, boshqaruv nazariyasi va o'yinlar nazariyasida ko'rib chiqiladi. Tizimli tahlilning asosiy g'oyasi asl muammoni oddiyoqlarga ajratish bo'lib, uning echimlaridan muammoning echimini topish mumkin. Ko'p agentli tizimlarda parchalanish g'oyasi jamoaviy xatti-harakatlar strategiyasini olish uchun kichik vazifalarni taqsimlangan hal qilish printsipida mujassamlangan.

Agentlarning jamoaviy ishini modellashtirish jarayonida ko'plab muammolar paydo bo'ladi [4]:

- hamkorlik zarurligini tan olish;
- munosib sheriklarni tanlash;
- sheriklarning manfaatlarini hisobga olish qobiliyati;
- qo'shma harakatlar bo'yicha muzokaralar tashkil etish;
- birgalikdagi harakatlar rejalarini shakllantirish;
- qo'shma harakatlarni sinxronlashtirish;
- vazifalarni ajratish va mas'uliyatni ajratish;
- qarama-qarshi maqsadlarni aniqlash;
- umumiy resurslar uchun raqobat;
- jamoada xulq-atvor qoidalarini shakllantirish.
- jamoaviy xulq-atvorga o'rgatish va boshqalar.

Agentlarning jamoaviy xatti-harakatlarining o'ziga xos xususiyati shundaki, muayyan muammolarni (yoki bitta umumiy) hal qilish jarayonida o'zaro ta'siri ushbu muammolarni hal qilishning yangi sifatini keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, agent xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish modellarida quyidagi asosiy g'oyalar qo'llaniladi [4].

- 1) Qattiq optimallashtirish tartibidan maqbul kelishuvni izlashga o'tishga olib keladigan eng yaxshi echimni izlashdan bosh tortish.
- 2) O'z-o'zini tashkil etishdan jamoaviy xatti-harakatlarni barqaror mexanizmi sifatida foydalanish.
- 3) Mojarolarni hal qilishni mexanizmlarida randomizatsiyadan foydalanish (yechimlarni tanlashning tasodifiy va ehtimolli usuli).
- 4) Refleksiv nazoratni amalga oshirish [6], sub'ektni ongli ravishda tashqi ta'sirga bo'ysunishga majbur qilishdir, ya'ni unda muhit talablariga mos keladigan shunday istak va niyatlarni (niyatlarni) shakllantirish.

Agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirishning eng mashhur modellari: o'yin nazariy modellari, avtomatlarning jamoaviy xatti-harakatlari modellari, jamoaviy xatti-harakatlarni rejalashtirish modellari, BDI arxitekturasiga asoslangan modellar (Belief-Desire-intention), raqobatga asoslangan xatti-harakatlarni muvofiqlashtirish modellari.

O'yin nazariyasi modellari. O'yin nazariyasining predmeti - noaniqlik va ziddiyat sharoitida yechimlarni tanlash muammosi. Mojaroning mavjudligi o'yinchilar deb ataladigan kamida ikkita ishtirokchining mavjudligini nazarda tutadi. Har bir o'yinchi tanlashi mumkin bo'lgan yechimlar to'plami strategiya deb ataladi. O'yinning muvozanat nuqtalari (optimal echimlar) o'yinchilardan birortasi uchun o'z pozitsiyasini o'zgartirish foydasiz bo'lgan holatlardir. Muvozanat tushunchasi MAC nazariyasida juda foydali ekanligi isbotlangan, chunki muvozanatli vaziyatlarni qidirish mexanizmi agentlarning jamoaviy xatti-harakatlarini vositasi sifatida ishlatilishi mumkin. Ushbu talqinning natijasi o'yin qoidalarini qurish orqali agentlarning atributlari ta'minlangan yondashuvdir. Bundan tashqari, MAC sohasida o'yin nazariyasini rivojlantirish agentlarning jamoaviy xatti-harakatlarini muvofiqlashtirishga qaratilgan samarali, barqaror, to'liq taqsimlangan

muzokaralar protokollarini yaratishga urinishlar olib borilmoqda.

[24] adabiyotda, bir juft agentning xatti-harakatini tanlash uchun mumkin bo'lgan vaziyatlar to'plami quyidagicha tasniflanadi.

- 1) Nosimmetrik hamkorlik, agar bo'sh bo'lmagan strategiyalar to'plami mavjud bo'lsa (muzokaralar to'plami), ulardan foydalanganda ikkala agent ham o'z maqsadlariga erishadi va ular yolg'iz harakat qilgan holatlarga qaraganda ko'proq samaraga ega bo'ladi.
- 2) Maqsadga erishishda nosimmetrik murosa har bir agent uchun foydaliroq, ammo boshqa agent ishtirokida bu mumkin emas.
- 3) Asimmetrik hamkorlik yoki assimetrik kelishuv - agentlardan biri boshqa agent ishtirokida mustaqil ravishda o'z maqsadiga erisha oladi, ikkinchisi esa faqat birinchisi bilan hamkorlik qilish orqali.
- 4) Mojaro - muzokaralar to'plami bo'sh, ya'ni ikkala agentning maqsadlariga erishishni ta'minlaydigan strategiyalar mavjud emas.

Ish shuni ko'rsatadiki, o'yin nazariyasi modellari barcha sanab o'tilgan holatlar uchun muzokaralar qoidolari to'plamini yaratishga imkon beradi, shundan so'ng agentlar kelishuvga erishadilar. Bunga ko'plab qo'shimcha taxminlar va maxsus texnikalarni qo'llash orqali erishiladi. Masalan, maqsad qiymati tushunchasi e'tiborga olinadi va strategiyalardan biri maqsadlarning qiymati haqidagi ma'lumotlarni manipulyatsiya qilish strategiyasi bo'lishi mumkin (ya'ni, agentlar ataylab yolg'on qiymatlarni bir-biriga yetkazishlari mumkin). Bunday holda, "insofsiz" agentlar o'z daromadlarini oshirishlari yoki ishining bir qismidan ozod bo'lishlari mumkin.

Avtomatlarning kollektiv xatti-harakatlari modellari. Ular randomizatsiya, o'z-o'zini tashkil etish va to'liq taqsimlash g'oyalariga asoslanadi [1,14]. Ushbu turdagi modellar noma'lum xususiyatlarga ega ko'p sonli muammolarda muzokaralar protokollarini qurish uchun javob beradi.

Kollektiv xatti-harakatni rejalashtirish modellari. Rejalashtirish markazlashtirilgan, qisman markazlashtirilgan yoki taqsimlangan (markazlashtirilmagan) bo'lishi mumkin. Ikkinchi holda, agentlarning o'zlari shaxsiy rejalarni muvofiqlashtirish jarayonida o'z harakatlarini tanlash to'g'risida qaror qabul qiladilar, bu esa oqilona

markazsizlashtirish, nizolar yuzaga kelganda maqsadlarni o'zgartirish imkoniyati, shuningdek, hisoblash murakkabligi muammolari haqida savollar tug'diradi.

BDI arxitekturasiga asoslangan modellar [12,17]. Ushbu sinf modellarida o'yin nazariyasining aksiomatik usullari va sun'iy intellektning mantiqiy paradigmasi qo'llaniladi. Agentlarni tavsiflash uchun mantiqiy vositalar, jumladan, vaqtinchalik va modal mantiqlardan foydalaniladi. E'tiqod, istak va niyat kabi intensial tushunchalarni tavsiflashga urg'u beriladi. Agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish muammosi individual agentlarning bilim bazalarida mantiqiy xulosa chiqarish natijalarini muvofiqlashtirish orqali hal qilinadi. Mantiqiy xulosa to'g'ridan-to'g'ri agentlarning ishlashi paytida amalga oshiriladi, bu modellarning yuqori murakkabligiga, hisoblash qiyinchiliklariga va ahamiyatsiz bo'lmagan vaziyatlarning aksiomatik tavsifi bilan bog'liq muammolarga olib keladi. Masalan, agent o'z muammosini hal qilish va o'z muammolarini hal qilish o'rtasidagi tanlovga duch kelganda.

Raqobatga asoslangan modellar. Ushbu toifadagi modellar agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish mexanizmi sifatida foydalanadi. Auktsion mexanizmidan foydalanish bir agentdan ikkinchisiga yoki kim oshdi savdosi agentiga imkoniyatni taxmin qilishga asoslanadi va bu foydalilik odatda pul ma'nosiga ega [4].

Auktsionlar odatda ochiq va yopiq turlarga bo'linadi. Birinchi holda, taklif qilingan narxlar barcha ishtirokchilarga e'lon qilinadi. Yopiq kim oshdi savdosida taklif qilingan narxlar haqida faqat auktsioner biladi. Ochiq auktsionlar qanday o'tkazilishiga qarab farqlanadi. Ingliz auktsionlari deb ataladigan auktsionlarda odatda boshlang'ich narx belgilanadi, uni savdo paytida ishtirokchilar oshirishi mumkin. Eng yuqori narxni bergan kishi g'alaba qozonadi. Gollandiya auktsioni yuqori narxdan boshlanadi, u asta-sekin kamayadi. Eng yuqori joriy narxni bergan kishi g'olib hisoblanadi. Yopiq auktsionlar birinchi va ikkinchi narx auktsionlariga bo'linadi. Birinchi narx auktsionlarida faqat auktsionerga ma'lum bo'lgan eng yuqori narxni taklif qilgan ishtirokchi g'alaba qozonadi. Ikkinchi baholi auktsionlarda ham xuddi shu tarzda

g'olib aniqlanadi, lekin u buyum uchun o'z narxini to'lash o'rniga ikkinchi eng yuqori narxni to'laydi. Kim oshdi savdosining barcha turlari auktsionchi uchun ekvivalent ekanligi nazariy jihatdan isbotlangan, ammo amaliyot buning aksini ko'rsatmoqda. Misol uchun, agar ishtirokchilar xavf-xatarni istamasalar, auktsioner Holland birinchi narx auktsionida sotish narxini oshirish uchun rag'batlantiradi. "Guruh" auktsionlarining variantlari mavjud bo'lib, unda bir yoki bir nechta ishtirokchilar guruh manfaatlarini ifodalaydi va ular g'alaba qozongan taqdirda, kim oshdi savdosi guruh ichida o'tkaziladi. Shu bilan birga, ichki kim oshdi savdosida tovarlar tashqi auktsiondagi narxga nisbatan yuqoriroq narxda sotiladi. Olingan farq guruh a'zolari o'rtasida taqsimlanadi.

Kim oshdi savdosi mexanizmining o'zi ishtirokchilarning qaror qabul qilish usullariga ta'sir qilmaydi. Qarorlar agentlar uchun mavjud bo'lgan bilimlarning har xil turlaridan va ularni qayta ishlashning turli usullaridan foydalanishi ba'zi bir fikrlash modeli asosida qabul qilinishi mumkin.

Auktsion har doim tugashi kerak. Buning uchun uni o'tkazish strategiyasi nizolarni hal qilish vositalarini o'z ichiga olishi kerak (masalan, bir nechta g'oliblar bo'lsa). Mojarolarni hal qilishning eng oddiy usullaridan biri tasodifiy tanlash mexanizmidan foydalanadigan randomizatsiyadir.

3-§. Ko'p agentli tizimlarga misollar

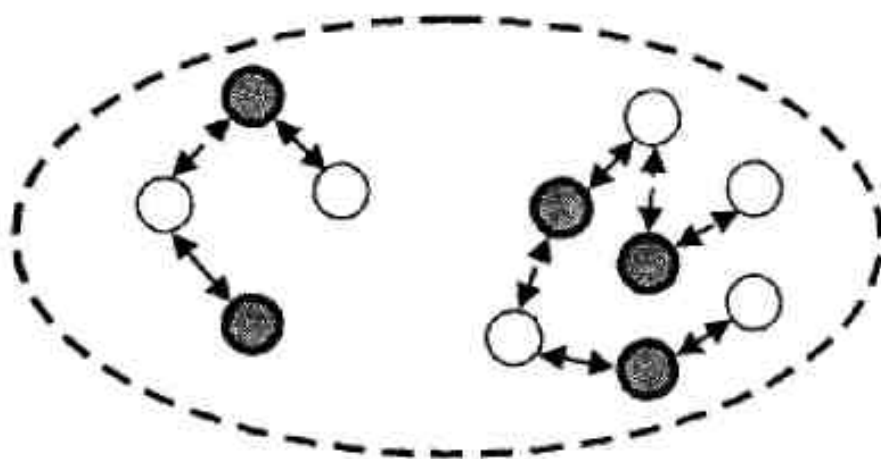
Tayanch so'z va atamalar



aqli tizimlar, yo'nalish, selektivlik, intensivlik, dinamik, maqsadga muvofiqlik, resurslarga munosabat, o'zaro majburiyat, o'yin nazariyasi modellari, auktsion modeli.

Keling, xatti-harakatlarni muvofiqlashtirishning turli mexanizmlaridan foydalangan holda ko'p agentli tizimlarda amaliy misollarini ko'rib chiqaylik.

Auktsion modeli asosida xulq-atvorni muvofiqlashtirish. Keling, elektron tijoratning odatiy muammosini ko'rib chiqaylik [4], bunda sotuvchi agentlar va xarid agentlari ishtirok etadi (4.1-rasm). Savdo serverda joylashgan dastur bo'lgan elektron do'konda amalga oshiriladi. Uning asosiy maqsadi - manfaatlari mos keladigan agentlarning o'zaro hamkorligini tashkil etishdir. Agentlar shaxsiy foydalanuvchilari nomidan harakat qiladilar. Shu bilan birga, sotuvchi agentlar o'z tovarlarini iloji boricha yuqori narxda sotishga intiladilar va sotib oluvchilar kerakli mahsulotni eng past narxda sotib olishga intilishadi. Ikkala turdagi agentlar ham avtonom ishlaydi va hamkorlik maqsadlariga ega emas. Elektron do'kon agentlarning ko'rinishi va yo'qolishini qayd qiladi va ular o'rtasidagi aloqalarni tashkil qiladi, ularni bir-biriga "ko'rinadigan" qiladi.



I-

agent sotuvchisi; (" ") - xaridor agenti; -O - muzokaralar jarayoni

4.1-rasm. Elektron do'kon diagrammasi

Sotuvchi agentning xatti-harakati quyidagi parametrlar bilan tavsiflanadi:

- mahsulot sotilishi kerak bo'lgan sana;
- foydalanuvchi mahsulotni sotmoqchi bo'lgan narx;
- mahsulot sotilmaydigan eng past qabul qilinadigan narx;
- vaqt o'tishi bilan narxni pasaytirish funktsiyasi (chiziqli, kvadratik va boshqalar);
- sotilayotgan mahsulot tavsifi.

Xaridor agenti "nosimmetrik" parametrlarga ega:

- tovarlarni sotib olish muddati;
- istalgan xarid narxi;
- qabul qilinadigan eng yuqori narx;
- vaqt bo'yicha narxlarning o'sishi funktsiyasi;
- xarid qilinayotgan mahsulot tavsifi.

Savdolar birinchi narxning yopiq auktsioni bo'yicha o'tkaziladi. Agentlarning xatti-harakati bilim yoki fikrlashdan foydalanmaydigan oddiy model bilan tavsiflanadi. Sotuvchi agent elektron do'kondan o'z mahsulotining potentsial xaridorlari to'g'risida ma'lumot olib, ularning barchasini ketma-ket axborotini oladi. Bitim mahsulotning so'ragan narxini berishga tayyor bo'lgan birinchi xaridor agenti bilan tuziladi. Sotuvchi barcha potentsial xaridorlar bilan suhbatlashmaguncha, hech qanday xaridor bilan ikkinchi aloqa o'rnatolmaydi. Har bir aloqada savdo agenti boshlang'ich narxni taklif qilib yoki uni pasaytirib, muzokaralar olib boradi. Xaridor agenti shunga o'xshash tarzda harakat qiladi, sotuvchilarni topadi va ularga o'zining sotib olish narxini taklif qiladi, muzokaralar paytida uni oshirishi mumkin. Har qanday tranzaksiya faqat agent foydalanuvchisi tomonidan tasdiqlangan taqdirdagina yakunlanadi.

Ushbu muzokaralar sxemasi reaktiv harakat qiluvchi avtonom agentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirning eng oddiy holatini ifodalaydi. Shunga qaramay, tizimning yakuniy harakati haqiqatga juda mos keladi.

Virtual korxona. Virtual korxonalarini yaratish zamonaviy biznes yo'nalishlaridan biri bo'lib, bu ko'p jihatdan Internetda taqdim etilayotgan axborot resurslari va xizmatlarining tez o'sishi bilan rag'batlantiriladi. Bundan tashqari, virtual korxonalarining paydo bo'lishiga yaratilgan mahsulotlarning aylanish vaqtining qisqarishi va ularning oshishi yordam beradi, chunki bu ishlab chiqarish, texnologik va intellektual resurslarni jadal integratsiyalashuv zaruratini keltirib chiqaradi. Yana bir muhim sabab - bozorlarda raqobatning kuchayishi, omon qolish uchun korxonalarining birlashishini rag'batlantirishdir.

Virtual korxonani mahsulot yoki xizmatlar ishlab chiqaradigan yuridik jihatdan mustaqil korxonalar, tashkilotlar va jismoniy shaxslarning hamkorligi sifatida aniqlash mumkin. Tashqi dunyoda virtual korxona axborot va telekommunikatsiya texnologiyalaridan

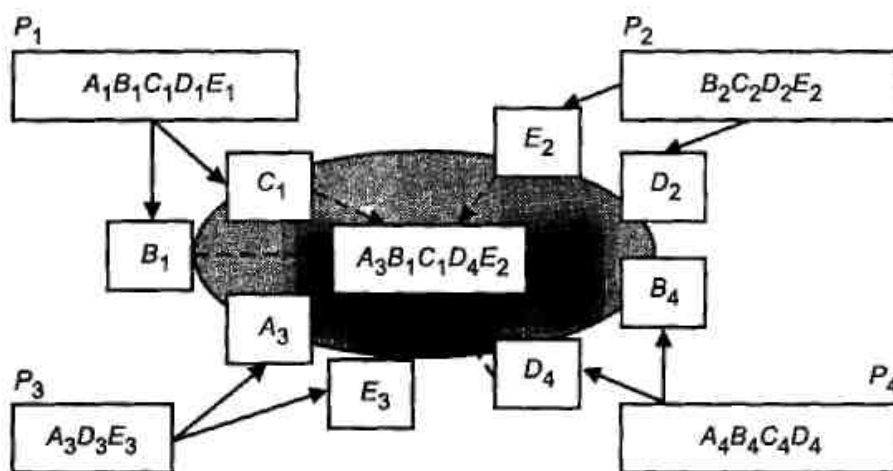
foydalanishga asoslangan boshqaruv va boshqaruv usullaridan foydalanadigan yagona tashkilot sifatida ishlaydi. Virtual korxonani yaratishning maqsadi bozorga yangi tovarlar va xizmatlarni ilgari surish uchun ishlab chiqarish, texnologik, intellektual va investitsiya resurslarini birlashtirishdir.

Virtual korxona ichidagi har bir haqiqiy korxona texnologik zanjirdagi ishning faqat bir qismini bajaradi, shuning uchun uni yaratish ikkita asosiy muammoni hal qiladi. Birinchisi, biznes jarayonini tarkibiy qismlarga (quyi jarayonlarga) parchalash. Ikkinchi vazifa - texnologik jarayonni amalga oshiradigan haqiqiy hamkor korxonalarning oqilona tarkibini tanlash. Birinchi muammo tizimli tahlil usullari yordamida hal qilinadi, ikkinchi muammoni hal qilish uchun esa ko'p agentli texnologiyalardan foydalanish mumkin.

Operatsion tadqiqotlarda ish o'rinlari (kichik jarayonlar) to'plamini ishchilar (real korxonalar) o'rtasida optimal taqsimlash muammosi topshiriq muammosi sifatida shakllantirilgan [5]. Uning yechimi quyi jarayonlar va potentsial ishtirokchi korxonalar majmualarini shakllantirishdan boshlanadi. Keyin ishtirokchilar to'plamidan kichik jarayonlar to'plamiga xaritalari tuziladi va korxonalarning aniq topshiriqlariga mos keladigan eng mos xaritalash tanlanadi. Buning uchun siz auktsion mexanizmidan foydalanishingiz mumkin. 4.2-rasmda virtual korxonani yaratish bo'yicha kim oshdi savdosining diagrammasi ko'rsatilgan, unda A , B , C , D , E biznes-jarayonlari ajratilgan va ularni amalga oshirish uchun ariza bergan to'rtta korxona ishtirok etadi: P_1 , P_2 , P_3 , P_4 . Korxonalarning har biri aqlli agent tomonidan taqdim etiladi, ulardan biri (P_1) tashabbuskor (auksioner) sifatida ishlaydi.

Kim oshdi savdosi boshlanishidan oldin auktsioner (menejer) auktsion ishtirokchilari to'g'risida ma'lumotlar bazasini yaratadi. Keyin individual biznes-jarayonlarni sotuvga qo'yadi, ma'lumotlar boshlang'ich narx va berilgan ko'rsatkichlar to'plamiga qo'yiladigan talablar bilan ifodalanadi. Har bir ishtirokchi o'zi taqdim eta oladigan parametrlar va narxidan kelib chiqib, o'z takliflarini ilgari suradi. Ushbu takliflarni qayta ishlagandan so'ng, auktsioner ba'zi bir fikrlash modelidan foydalangan holda, o'z ma'lumotlarini hisobga olgan holda ishtirokchilarga buyurtma

beradi. Shundan so'ng, qaror qabul qiladi yoki ularni rad etadi va yangi takliflarni ilgari suradi.



4.2-rasm. Virtual korxona yaratish sxemasi

Korxonada qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash uchun ko'p agentli tizim. Ko'p agentli qaror qabul qilishning intellektual tizimlari tashkiliy, texnik va iqtisodiy qarorlar sifatini baholash uchun mo'ljallangan.

Hozirgi vaqtda barqaror biznes tushunchasidan mobil biznesga o'tish kuzatilmoqda, bunda raqobatbardoshlik va moslashuvchanlik tushunchalari katta rol o'ynaydi. Tez o'zgaruvchan sharoitlarda ishlash uchun korxonalar o'zlarining ishlab chiqarish tuzilmalari va biznes jarayonlari tuzilmalarini doimiy ravishda o'zgartirishlari kerak. Shu bilan birga, texnologiya, marketing, reinjiniring va boshqa sohalardan uchinchi tomon mutaxassislarini jalb qilishlari muqarrar. Taklif etilayotgan yechimlarni baholash murakkab va doimiy faoliyat bo'lib, u bir-biridan geografik jihatdan uzoqda joylashgan turli bilim sohalaridan yuqori malakali mutaxassislar ishtirokini talab qiladi. Bu ko'p agentli tizimlar yordamida korxonalarda qaror qabul qilish jarayonlari uchun taqsimlangan kompyuter yordamining dolzarbligini belgilaydi.

Keling, korxonaning innovatsion faoliyatini ko'p mezonli baholash uchun ko'p agentli qarorlar qabul qilish tizimi misolini ko'rib chiqaylik [11].

Umumiy qaror qabul qilish sxemasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga

oladi:

- talablar spetsifikatsiyasi;
- yechimlarni ishlab chiqarish;
- muqobil variantlarni baholash;
- samarali yechim tanlash.

Yechimlar menejer, tahlilchi va ekspertlardan iborat ishchi guruh tomonidan baholanadi. Ishchi guruh a'zolari o'rtasida funksiyalar quyidagicha taqsimlanadi:

- 1) Menejer loyihalarni (qarorlarni) baholash uchun foydalaniladigan ko'rsatkichlar (mezonlar) to'plamini yaratadi;
- 2) ekspertlar guruhi tarkibini tanlaydi;
- 3) shaxsiy kalendarni tuzadi, unga ko'ra mutaxassislar o'z vazifalarini bajaradilar.

Har bir mutaxassis rahbar tomonidan taklif qilingan individual stsensariy bo'yicha ishlaydi. Vazifalarini menejer bo'lgan tahlilchi ekspertlar tomonidan olib borilgan ish natijalari to'g'risida o'z fikrini bildiradi.

Guruh qarorlarini qabul qilish jarayonini qo'llab-quvvatlash uchun ierarxik tahlil usulining dasturiy ta'minoti qo'llaniladi [10], bu erda quyidagi asosiy protseduralar amalga oshiriladi:

- ko'rsatkichlarning ierarxik tuzilmasini shakllantirish va muvofiqlashtirish;
- loyihaning sifat ko'rsatkichlarini baholash va muvofiqlashtirish;
- ko'rsatkichlarning ahamiyatini baholash va kelishish;
- muqobil yechimlarni tartiblash va natijalarni kelishish.

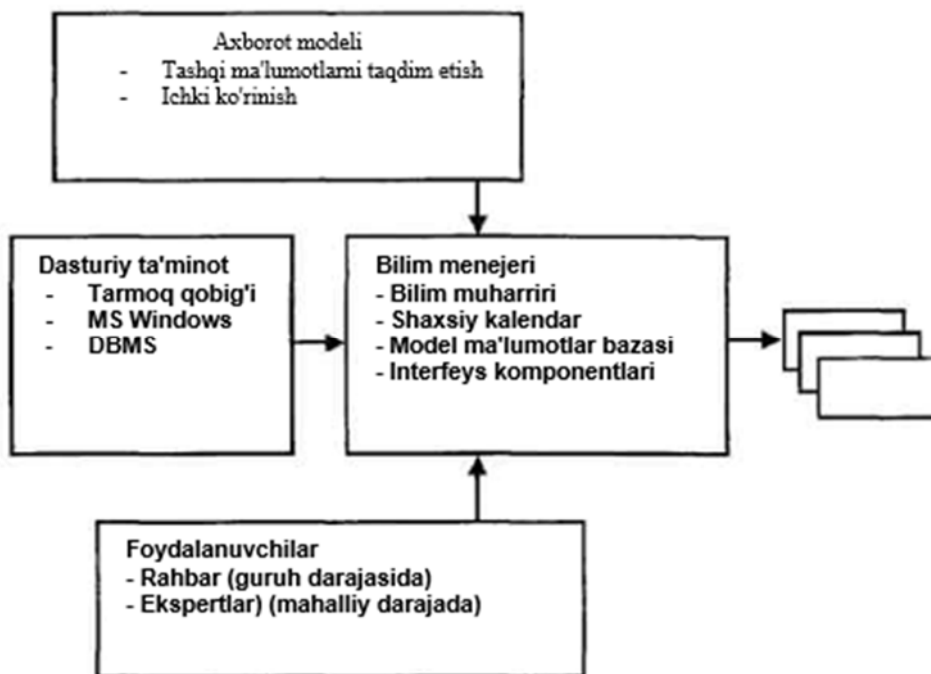
Ushbu muammolarni hal qilishda ko'plab mutaxassislar ishtirok etadilar, shuning uchun har bir bosqichda ularning fikrlarini muvofiqlashtirish tartiblari taqdim etiladi.

“Multi Expert” multi-agent tizimining yadrosi (4.3-rasm) uchta tashqi komponentdan foydalanadigan menejeri:

- qaror sifati ko'rsatkichlarining tartiblangan to'plami ko'rinishidagi muammoli sohaning axborot modeli;
- texnik va dasturiy ta'minotni qo'llab-quvvatlash vositalari;
- ko'p turdagi foydalanuvchilar (menejer, koordinator, ekspert,

tahlilchi).

Mutaxassislar ishini muvofiqlashtirish uchun ikki darajali muvofiqlashtirish mexanizmi qo'llaniladi. Mutaxassislarning har biri ma'lum bir sifat ko'rsatkichlari bo'yicha menejer tomonidan alternatalarni agent tomonidan taqdim etiladi.



4.3-rasm. "Multi Expert" ko'p agentli qaror qabul qilish tizimining tuzilishi

Bilimlar muharriri yordamida menejer mutaxassislar uchun topshiriqlar tuzadi va ulardan olingan ma'lumotlarni tahlil qiladi. Agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish vazifasi agentga yuklanadi. Tizimning ishlashi natijasi ekspert baholari bilan kelishiladi, ular asosida ko'p mezonli reytingi o'tkaziladi.

Multi Expert tizimidagi agentlarning asosiy funksiyalarini ko'rib chiqamiz.

Boshqaruv agenti:

- taqsimlangan tizimda menejer ishini yengillashtirish uchun protseduralar majmuasini taqdim etadi;
- boshqa agentlardan olingan ma'lumotlar asosida yakuniy natijani hisoblab chiqadi;
- guruh tomonidan ishlab chiqilgan yechimning izchilligini nazorat

qiladi;

- ish natijalarini vizualizatsiya qilish vositalarini taqdim etadi;
- muvofiqlashtiruvchi agentga xabarlar tayyorlaydi;
- taqsimlangan muhitda pochta funksiyalarini bajaradi.

Muvofiqlashtiruvchi agent:

- bosqichma-bosqich qabul qilish algoritmining bajarilishini ta'minlaydi;

- guruh darajasida tizim ma'lumotlar bazalarining yaxlitligini ta'minlaydi va ularga kerakli o'zgartirishlar kiritadi;

- Internet orqali axborot almashish uchun dialog shakllarini tayyorlaydi.

Ekspert agenti:

- joriy vazifa bosqichining bajarilishini qo'llab-quvvatlaydi;
- muvofiqlashtiruvchi agentga xabarlar tayyorlaydi;
- mahalliy ma'lumotlar bazalarining yaxlitligini ta'minlaydi;
- muhitda pochta funksiyalarini bajaradi.

Agentlar quyidagicha ishlaydi. Menejer ekspertlar, sifat ko'rsatkichlari va qarorlar haqidagi bilimlarni o'z ichiga olgan ma'lumotnomalar yordamida vazifalarni yaratadi. Keyinchalik, *Minp* kiritish xabari ko'rinishidagi topshiriq muvofiqlashtiruvchi agentga yuboriladi, u mahalliy darajadagi ma'lumotlar bazalarida kiritilishi kerak bo'lgan o'zgarishlar tarkibini belgilaydi. Koordinator o'ziga berilgan funktsiyalar to'plamidan foydalangan holda, ishchi guruhning barcha ekspert agentlari uchun ma'lumot tayyorlaydi. Ekspert agentlari o'z foydalanuvchilari uchun mo'ljallangan vazifalarni bajaradilar, koordinatoridan M_{ij} olingan xabarlarni tahlil qiladilar (j - ekspertning raqami) va unga M_{0j} javob xabarlarini yuboradilar.

Koordinator agenti barcha guruh a'zolaridan bajarilgan vazifalarning tayyorligi haqida xabarlarni to'playdi. Vazifalarning butun paketi bajarilgandan so'ng, uning holati o'zgaradi va menejerning agenti M_{0out} ga xabar yuboriladi.

Menejer hisob-kitoblar asosida yoki unga taqdim etilgan ma'lumotlarni mantiqiy tahlil qilish orqali ekspert xulosalarining muvofiqligini tekshirishi mumkin. Menejerning qarorlarning muvofiqlik

darajasi to'g'risidagi qarori muvofiqlashtiruvchi agentga yuboriladi, u vazifani keyingi bosqichga o'tkazadi yoki mutaxassislarni oldingi bosqichga qaytaradi.

4-§. Ko'p agentli tizimlarni loyihalash texnologiyalari



Tayanch soʻz va atamalar

qalin mijoz, yupqa server, ingichka mijoz, qalin server, DCOM texnologiyasi, CORBA texnologiyasi, mobil agentlar, Agent Builder tizimi, freym, MARRI tizimi.

Dasturiy ta'minot bilan amalga oshirilgan agentlar, shu jumladan aqllilar, foydalanuvchi nomidan mustaqil harakat qilish qobiliyatiga ega bo'lgan dasturiy ta'minot sinfiga kiradi. Dasturiy ta'minot agentlarini yaratishdan oldin ochiq tizimlar [8] deb ataluvchi ishlab chiqish tajribasi mavjud bo'lib, uning amalda qo'llanilishi natijasi mijoz-server arxitekturasini yaratishdan iborat. Hozirgi vaqtda bunday o'zaro ta'sirning ikkita modeli eng keng tarqalgan: "qalin mijoz - yupqa server" va "ingichka mijoz - qalin server". Birinchi modelda server qismi resurslarga kirishni amalga oshiradi va ilovalar mijoz kompyuterlarida joylashgan bo'ladi. Ikkinchi modelda mijoz ilovasi faqat interfeysni amalga oshirishni ta'minlaydi va server boshqa barcha dasturiy ta'minot qismlarini birlashtiradi. MAC yaratishda ikkala model ham ishlatiladi. Bunday holda, faqat ma'lumotlar uzatiladigan statik yondashuv yoki dastur kodini uzatishni ta'minlaydigan dinamik yondashuv qo'llanilishi mumkin.

Dinamik yondashuv mobil agentlar paradigmasiga asoslanadi, ular statiklardan farqli o'laroq, tarmoq bo'ylab harakatlana oladilar. Ular mijoz kompyuterini tark etib, o'z harakatlarini bajarish uchun uzoq serverga o'tishlari, orqaga qaytishlari mumkin. Mobil agentlardan foydalanish ijobiy va salbiy oqibatlariga olib keladi, shuning uchun ulardan foydalanish quyidagi imkoniyatlarni taqdim etgan hollarda tavsiflanadi [3]:

- ma'lumotlarni uzatish vaqti va narxini kamaytirish;
- cheklangan mahalliy resurslarni kengaytirish;
- muvofiqlashtirishni osonlashtirish;
- asinxron hisob-kitoblarni amalga oshirish.

Mobil agentlardan foydalanishda bir qator jiddiy muammolar yuzaga keladi, jumladan: agentlarning tarmoq bo'ylab harakatlanish usullarining qonuniyligi; agentni tekshirish (masalan, virusdan himoya qilish); xususiy mulk huquqlarini hurmat qilish; ma'lumotlarning maxfiyligini ta'minlash; tarmoqning agentlar bilan haddan tashqari ko'pligi; agent kodi va tarmoq mashinasining dasturiy ta'minoti va apparati mosligi.

Statik va dinamik taqsimlangan ilovalarga asoslangan multi-agentli tizimlarni amalga oshirish uchun bugungi kunda eng istiqbolli texnologiyalar quyidagilardir [3,18]: DCOM (Microsoft Distributed Component Object Model), JawaRMI (Jawa Remote Method Invocation) va CORBA (Umumiy ob'ekt so'rovi broker arxitekturasini).

Ob'ektga yo'naltirilgan DCOM texnologiyasining asosiy xususiyati turli dasturlash tizimlarida amalga oshirilgan ilovalarni birlashtirish qobiliyatidir.

JawaRMI ilovalarida serverda ob'ektlar va ularni qayta ishlash usullari yaratiladi, ular mijoz kompyuterlarida joylashgan masofaviy ilovalar tomonidan qo'ng'iroq qilish imkoni mavjud.

CORBA texnologiyasi taqsimlangan ilovalarni amalga oshirishning eng moslashuvchan vositalaridan biridir. JawaRMI bilan solishtirganda uning afzalligi ilovalar o'rtasidagi aloqa vositalari va boshqa ilovalar bilan birlashtiruvchi maxsus interfeys tavsiflash tili IDL mavjudligidadir.

Ko'p agentli tizimlarni ishlab chiqish uchun mo'ljallangan dasturiy mahsulotlar haqida batafsil ma'lumotni Internetda <http://www.Reticular.com> saytida topish mumkin.

Agentlar va ko'p agentli tizimlarni loyihalash jarayonlarini qo'llab-quvvatlash uchun maxsus vositalar ishlab chiqilgan. Ularning imkoniyatlari va MAC-larni yaratish texnologiyasi haqida tasavvurga ega bo'lish uchun misol sifatida Agent Builder tizimini ko'rib chiqaylik.

Agent Builder asboblari to'plami (Reticular Systems, Inc.) Java

dasturlari asosidagi ko'p agentli tizimlarni ishlab chiqish uchun mo'ljallangan bo'lib, ularni Java virtual mashinasi (Java Virtual Machine) o'rnatilgan har qanday kompyuterda bajarish imkonini beradi. Agent Builder Toolkit asosidagi ilovalarni loyihalash va amalga oshirish jarayonining umumiy diagrammasi 4.4-rasmda keltirilgan.

Yaratilgan agentlarning "hayot tsikli" modeli quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- yangi xabarlarni qayta ishlash;
- xulq-atvor qoidalarini belgilash;
- harakatlarni amalga oshirish;
- berilgan qoidalarga muvofiq aqliy modelni yangilash;
- harakatni rejalashtirish.

Aqliy model agentlarning istaklari, majburiyatlari va imkoniyatlarining tavsifini, shuningdek, xatti-harakatlar qoidalarini o'z ichiga oladi. Ushbu modelga asosanib, aqlli agentning muayyan harakatlarini tanlash amalga oshiriladi.

Agent Builder tizimidagi xatti-harakatlar qoidalari RADL (Retikulyar Agent Definition Language) maxsus ob'ektga yo'naltirilgan tilda When-If-Then konstruktsiyasi ko'rinishida amalga oshiriladi. Ushbu qoidaning tarkibiy qismlari quyidagi funktsiyalarni bajaradi:

When<...> boshqa agentlardan olingan yangi xabarlarni o'z ichiga oladi;

If<...> amaldagi modelni qoidani qo'llash shartlari bilan solishtirish;

Then<...> joriy hodisalarga, model holatiga va tashqi muhitga mos keladigan harakatlarni belgilaydi.

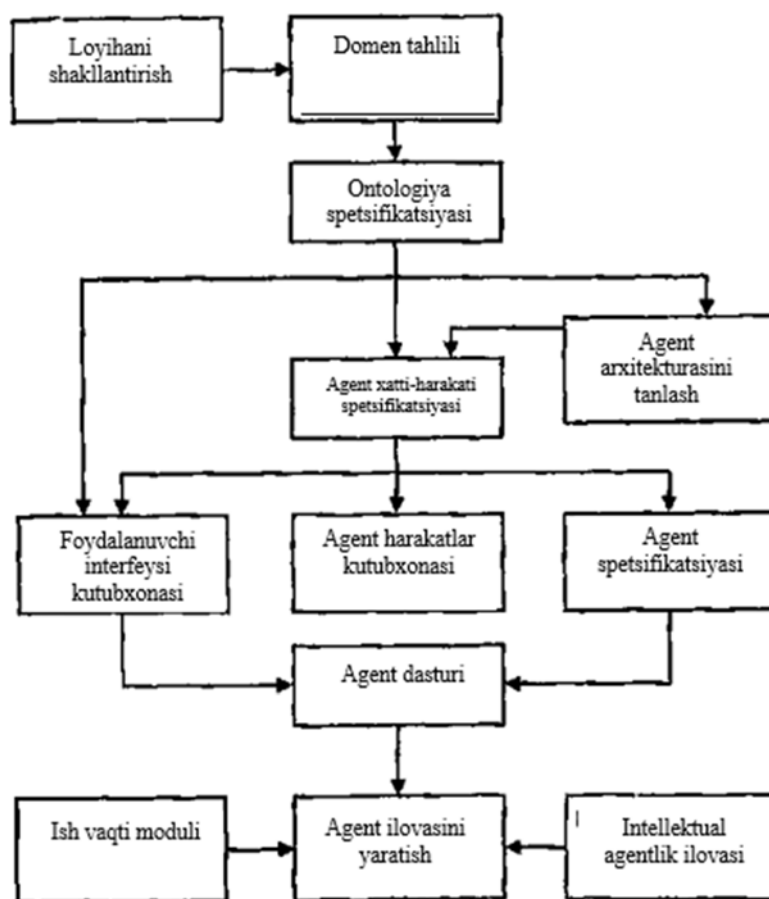
Agentning xatti-harakatlari qoidalari quyidagi formatda yozilgan:

Name < *Qoida nomi* >

When < *Message Conditions* >

If < *Mental Conditions* >

Then < *Private Actions; Mental Changes; Message Actions* >



4.4-rasm. Agent Builder ToolKit tizimida ilovalarni loyihalash jarayoni diagrammasi

RADL freymlarga o'xshash ma'lumotlar tuzilmalaridan foydalanadi va maxsus turdagi mahsulotlardir. Ilovalarni loyihalashda agent harakatlar va interfeys kutubxonasidan sinflar va usullar bilan birgalikda ishlatiladigan agent xatti-harakatlari modellari uchun spetsifikatsiyalarni yaratish kerak.

Bilimlarni ifodalash va qayta ishlash uchun juda kuchli vosita bo'lgan Agent Builder til imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytira oladigan aniq xulosalarni boshqarish vositalaridan foydalanishni ta'minlamaydi.

Axborotni qidirish uchun ko'p agentli tizimlar. Internet texnologiyalarining jadal rivojlanishi tufayli internet resurslarini qidirish va qayta ishlash uchun sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish zarurati paydo bo'ldi. Global tarmoqlarda ma'lumotlarni yig'ish, qidirish va tahlil qilish muammolarini hal qilish uchun aqlli MAC-lardan foydalanish an'anaviy axborotni qayta ishlash vositalariga nisbatan quyidagi muhim

afzalliklarni beradi [3]:

- foydalanuvchining Internetdagi tarmoq protokollariga kirishini ta'minlash;
- bir nechta muammolarni parallel hal qilish;
- foydalanuvchi tarmoqdan uzilganidan keyin ma'lumot qidirishni amalga oshirish;
- qidiruv tezligi va aniqligini oshirish, shuningdek, ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri serverda qidirish orqali tarmoq yukini kamaytirish;
- doimiy yangilanadigan va kengaytiriladigan axborot resurslarining shaxsiy ma'lumotlar bazalarini yaratish;
- to'plangan tajribadan foydalanish imkonini beruvchi agentlar o'rtasida hamkorlik qilishni amalga oshirish;
- kontekst va foydalanuvchi modellarini qo'llash orqali so'rovlarni avtomatik ravishda sozlash va takomillashtirish qobiliyati.

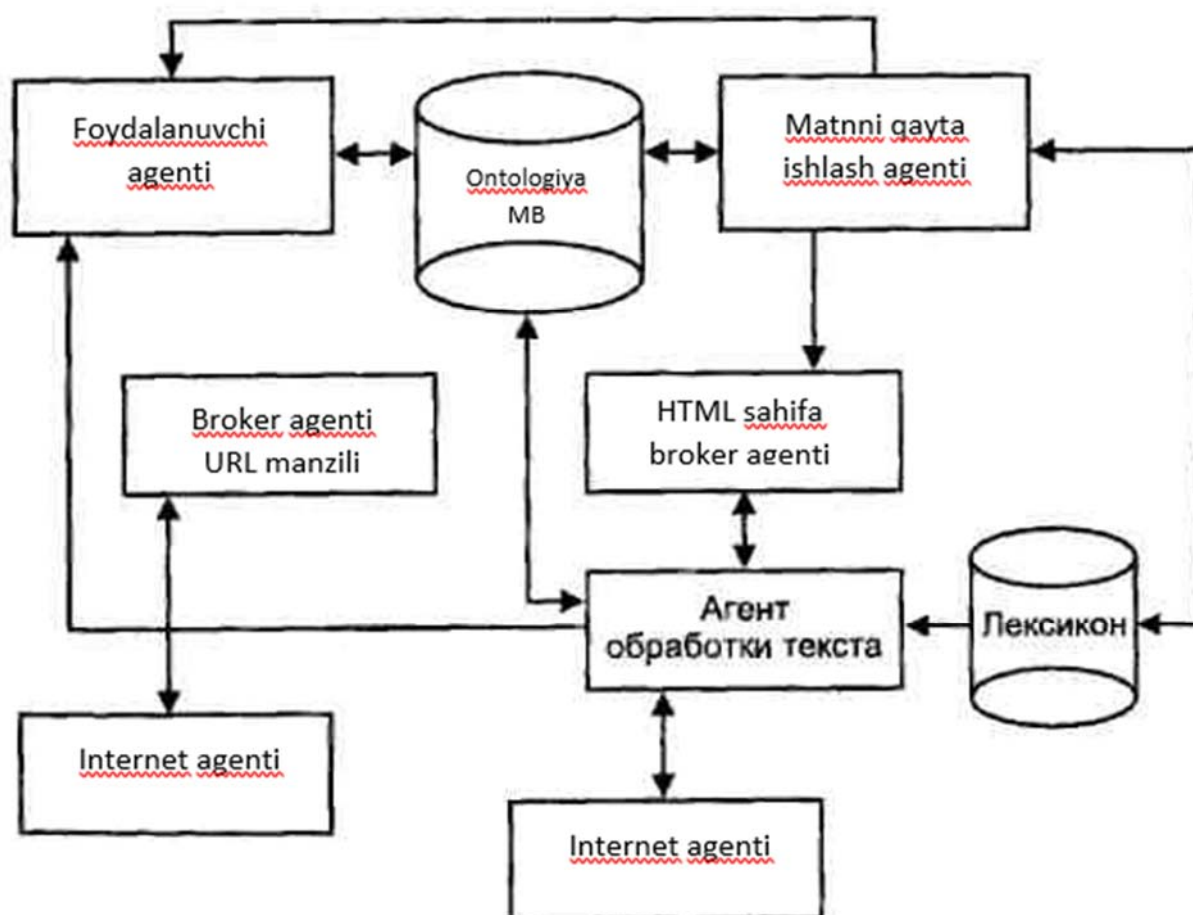
Характеристика	Autonomy	Web Compass
Tizim foydalanuvchilari toifasi	Yakuniy foydalanuvchilar	"Kengaytirilgan" foydalanuvchilar
Mavzu sohasini tavsiflashga yondashuv	Neyron tarmoq texnologiyasi va shablonni aniqlash va signalni qayta ishlashning maxsus usullari	IS-A, PART-OF, HAS-PART, IS- BIRD-OF va boshqalar kabi tushunchalar ierarxiyasi.
So'rovlar spetsifikatsiyasi vositalari	Tabiiy til	Foydalanuvchi tomonidan yaratilgan domen tavsifidan "to'g'ridan-to'g'ri" foydalanish
Tegishli ma'lumotlarni topish usullari	Noaniq mantiq	35 ta qidiruv tizimida bir vaqtning o'zida kalit so'zlar ro'yxatini qidiring
Qidiruv agenti trening rejimi	Bor	Yo`q

4.2-jadval. Intellektual qidiruv va axborotni qayta ishlash tizimlarini tahlil qilish

4.2-jadvalda Internetda ma'lumotni aqlli qidirish va qayta ishlash uchun mo'ljallangan Rossiyada taniqli Autonomy [15] va Web Compass [22] tijorat multi-agent tizimlarining o'ziga xos xususiyatlari ko'rsatilgan.

Aqlli qidirish va axborotni qayta ishlash uchun zamonaviy tizimlarning kamchiliklari ularning zaif tomonidir. Shu sababli, Internetda axborotni qidirishni takomillashtirish bo'yicha asosiy harakatlar bilimlarni namoyish qilish modellarini, yangi bilimlarni tahlil qilish mexanizmlarini, fikrlash modellari va usullarini ishlab chiqishga qaratilgan [20].

Ushbu yo'nalishda muvaffaqiyatli amalga oshirilgan tadqiqot loyihalaridan biri ma'lum bir veb-sahifalarni qidirish uchun ishlab chiqilgan MARRI tizimi loyihasi bo'ldi [21]. Muammoni hal qilish uchun tizim ontologiya ko'rinishida taqdim etilgan bilimlardan foydalanadi, bu holda ular mavzu sohasi tushunchalarining tartiblangan to'plami sifatida tushuniladi. MARRI tizimining arxitekturasini 4.4-rasmda ko'rsatilgan.



4.4-rasm. MARRI tizimi arxitekturasini

MARRI tizimi quyidagi turdagi agentlarni o'z ichiga oladi:

- interfeys agenti (foydalanuvchi agenti) foydalanuvchi bilan o'zaro aloqani ta'minlaydi. U so'rovlarni shakllantirish jarayonini qo'llab-quvvatlaydi va qidiruv natijalarini URL yoki veb-sahifalar ro'yxati sifatida taqdim etadi;

- ikki turdagi broker agentlari: 1) URL tipidagi broker brauzer tomonidan taqdim etilgan Internet manzillari ro'yxatini yaratish uchun mo'ljallangan; 2) HTML tipidagi broker qabul qilingan Web chegaralarini eslab qolish va ularni matnni qayta ishlash agentlari o'rtasida taqsimlash funksiyalarini bajaradi;

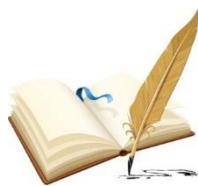
- tarmoq agenti (Internet agenti) berilgan URL-sahifa yoki Web-sahifani o'qish va tahlil qilishni ta'minlaydi (URL - mustaqil Java - o'z tarmoq manziliga ega dastur). U istisno vaziyatlarni (masalan, sahifa mavjud bo'lmaganda) boshqarishi, shuningdek o'qilgan sahifadagi matnni tahlil qilishi kerak;

- matnni qayta ishlash agenti avval HTML matnini morfologik va parser analizatorlari ishlaydigan tasvirga aylantiradi, so'ngra tegishli ontologiya asosida so'rovga mosligini tekshirish uchun Web-sahifalarning semantik tahlilini amalga oshiradi. Matnni qayta ishlash natijasi sintaktik daraxt shaklida taqdim etiladi, u qo'llaniladigan ontologiyaning ba'zi bir qismiga mos kelishi kerak.

Ro'yxatga olingan agentlarning har bir turi ma'lumotni qidirish samaradorligini oshirish uchun ishlatiladigan maxsus bilimlarga ega. Agentlar bir-birlari bilan o'zaro aloqada bo'lishlari mumkin: ma'lumot almashish, veb-brauzerlar, tabiiy til analizatorlari va ontologik ma'lumotlar bazalari bilan bog'lanish.

MARRI tizimining o'ziga xos xususiyati shundaki, agentlar avtonom Java dasturlari sifatida taqdim etiladi, ularning har biri o'z tarmoq manziliga (URL) ega. Bu agentlarning harakatchanligini ta'minlaydi, ammo xavfsizlik siyosatiga zid keladi, agar ular ma'lum serverda sertifikatlanmagan bo'lsa, bunday dasturlarni ishga tushirishga ruxsat bermaydi.

5-§. Ko'p agentli texnologiyalarning istiqbollari



Tayanch soʻz va atamalar

Gomeostatik nazorat, adekvat mexanizm, refleksiv boshqaruv, sun'iy hayot, agentli tizimlar.

Ish [9] yechimi ko'p agentli tizimlar texnologiyasini va "sun'iy hayot" sohasidagi tadqiqotlarni sezilarli darajada rivojlantirishi mumkin bo'lgan muammolarni shakllantiradi.

1. Gomeostatik nazorat tamoyillarini qo'llash. MACdagi agentlar o'rtasidagi eng yaxshi o'zaro ta'sirga mojarosiz hamkorlik orqali erishiladi degan taxmin har doim ham to'g'ri emas. Ushbu bayonotni qarama-qarshi tomonlar o'rtasidagi hamkorlik (yirtqich-o'lja, simpatik va parasempatik asab tizimining o'zaro ta'siri) samarali bo'lgan biologik tizimlar misollari bilan isbotlash mumkin. Qarshi tuzilmalar "yaxshilab bo'lmaydigan" echimlar mintaqasi (Pareto mintaqasi) chegaralarida ko'p mezonli boshqaruvga ega tizimlarni qo'llab-quvvatlashga imkon beradi. Shuning uchun MAC nazariyasini rivojlantirishning hozirgi yo'nalishlaridan biri gomeostatik boshqaruv (gomeostaz - muvozanat) tamoyillarini qo'llash bo'lib, uning asoslari Yu.M.Gorskiyning ilmiy maktabi ishida keltirilgan.

2. Muayyan muammolarni hal qilishda talab qilinadigan bilimlarni faollashtirishning adekvat mexanizmlarini yaratish. Intellektual tizimlarni yaratish tajribasi shuni ko'rsatadiki, bilimlar hajmining oshishi "davlat ommaviy kutubxonasi" ta'siriga olib keladi. Katta bilim zahirasiga ega bo'lgan kutubxona hech qanday ko'nikma va qobiliyatga ega emas. Shu sababli, aqlli agentlarning muhim muammolaridan biri ularning faolligini oshirishdir, bu bilimlarni to'plash bilan bog'liq emas, balki muammolarni hal qilish jarayonida zarur bilimlarni faollashtirish qobiliyati bilan bog'liq. Bilimlarni faollashtirish tartib-qoidalarini ishlab chiqish chinakam aqlli agentlarni yaratishga yordam beradi.

3. Istiqbolli yo'nalish MACda refleksiv boshqaruv g'oyalarini qo'llashdir. Refleksiv fikrlash qobiliyatiga ega bo'lgan agentlar bilan o'tkazilgan tajribalar ushbu yondashuvning samaradorligini ko'rsatdi.

4. Agentlar muhitida axloqiy tizimlarning konstruktiv modellarini

va harakatlar modellarini yaratish.

5. Sun'iy agentlar jamoasining xatti-harakatlariga tashqi omillarning ta'sirini va agentlarning shaxsiy xususiyatlarini o'rganish (psixologik tiplar, maqsadlarga erishishni baholashda optimizm, qimor o'yinlari, qat'ivatlilik, ziddiyat va boshqalar).



O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Ko'p agentli texnologiyalarning mohiyati haqida gapirib bering. Agent deganda nimani tushunish kerak va uni qanday amalga oshirish mumkin?
2. "Aqlli agentlar" qanday xususiyatlarga ega?
3. Ko'p agentli tizimlarning arxitekturasini tavsiflang.
4. Aqlli agentlarning jamoaviy xatti-harakatlarini modellashtirishda yuzaga keladigan asosiy muammolarni shakllantirish.
5. Ko'p agentli tizimlarda agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirishning asosiy modellarini tavsiflang: o'yin nazariyasi, avtomatlarning kollektiv xatti-harakatlari modellari, kollektiv xatti-harakatlarni rejalashtirish modellari, BDI arxitekturasida asosidagi modellar, raqobat asosida xatti-harakatlarni muvofiqlashtirish modellari.
6. Kim oshdi savdosi modeli asosida agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish uchun muammoli bayonotlarni shakllantirish.
7. Mobil va statik agentlarning xossalari qiyosiy tahlil qilish.
8. Ko'p agentli tizimlarni qurish texnologiyasini tavsiflang.
9. Intellectual multi-agent qidiruv tizimlarining an'anaviy axborot qidirish vositalariga nisbatan asosiy afzalliklarini sanab o'ting.
10. Ko'p agentli texnologiyalardan foydalanish qanday vazifalar uchun tegishli? Misollar keltiring.
11. Hamkorlik muammosining mazmunli misolini shakllantiring va uni ko'p agentli texnologiyalar yordamida hal qilishning mumkin bo'lgan yo'lini ko'rsating.
12. Ko'p agentli texnologiyalardan foydalanish dolzarb bo'lgan

kollektiv xatti-harakatlarni muvofiqlashtirish muammosiga misol keltiring. Muvofiqlashtirish printsipli va agentlarning me'yoriy xatti-harakatlari qoidalarini shakllantirish.

13. Virtual do'konni loyihalash. Agentlarning turlarini, ularning funktsiyalarini va amalga oshirishning mumkin bo'lgan usullarini tavsiflang.
14. Ko'p agentli tizim tuzilmasini loyihalash. Agentlarning turlarini, ularning funktsiyalarini va usullarini tavsiflang. Agentlarning xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish mexanizmini tavsiflang.
15. Iqtisodiyot va menejment sohasidagi amaliy muammolarni hal qilish uchun intellektual multi-agent tizimini loyihalash. Loyihalashtirilgan tizimni kompyuterda amalga oshirish.
16. Ko'p agentli tizimni ishlab chiqish tizimlarida ilovalarni loyihalash jarayonini tushuntiring.
17. Ko'p agentli tizimlarni loyihalash vositalariga misollar keltiring.
18. Agentga asoslangan avtomatlashtirilgan axborotni olish va qayta ishlash imkoniyatlari haqida ma'lumot bering.
19. Agent xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish modellarining xususiyatlarini tushuntiring.
20. Axborot olish uchun ko'p agentli tizimlar haqida gapirib bering.
21. Agent tizimlarini ishlab chiqish muammolari haqida gapirib bering.
22. MACni ishlab chiqishda foydalaniladigan tushunchalarni tushuntiring.
23. Virtual modellashtirishda e'tiborga olinishi kerak bo'lgan tabiiy tizimlarning asosiy xususiyatlarini ayting.
24. Agent xatti-harakatlarini muvofiqlashtirish modellarida qo'llaniladigan asosiy g'oyalarni tushuntiring.
25. Bir juft agentning xatti-harakatlarini tanlash uchun mumkin bo'lgan vaziyatlar to'plamining tasnifini tushuntiring.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Варшавский, В.И. Оркестр играет без дирижера / В.И. Варшавский, Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1984.
2. Гаазе-Раппопорт, М.Г. От амебы до робота. Модели поведения / М.Г. Гаазе-Раппопорт, Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1987.
3. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000.
4. Городецкий, В.И. Многоагентные системы: основные свойства и модели координации поведения / В.И. Городецкий // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – № 1.
5. Кудрявцев, Е.М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах / Е.М. Кудрявцев. – М.: Радио и связь, 1984.
6. Лефевр, В. Конфликтующие структуры / В. Лефевр. – М.: Советское радио, 1973.
7. Моделирование обучения и поведения. – М.: Наука, 1974.
8. Орлик, С. Многоуровневые модели в архитектуре клиент–сервер / С. Орлик. – 1997. – http://www.citforum.ru/database/osbd/glava_94.html.
9. Поспелов, Д.А. Многоагентные системы – настоящее и будущее / Д.А. Поспелов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – № 1.
10. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989.
11. Смирнов, А.В. Многоагентные системы поддержки принятия решений для предприятий малого и среднего бизнеса / А.В. Смирнов, М.П. Пашкин, И.О. Рахманова // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1988. – № 1.
12. Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В.Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002.
13. Трахтенгерц, Э.А. Взаимодействие агентов в многоагентных системах / Э.А. Трахтенгерц // Автоматика и телемеханика. –

1998. – № 9.

14. Цетлин, М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем / М.Л. Цетлин. – М.: Наука, 1969.
15. Autonomy. Autonomy Technology Whitepaper. – 1998. – <http://www.autonomy.com/tech/wp.html>
16. Brooks, R.A. Intelligence without Representation / R.A. Brooks // Artificial Intelligence. – 1991. – No. 47.
17. Georgeff, M.P. Social plans: Preliminary report / M.P. Georgeff, S. Rao // Proceedings of 3rd European Workshop on Modeling Autonomous Agents and Multi-Agent Worlds, 1992, North Holland.
18. Gopalan, R.S. A Detailed Comparison of CORBA, DCOM and Java/RNI (with specific code examples) / R.S. Gopalan. – <http://www.execpc.com/~gopalan/index.html>
19. Nwana, H.S. Software Agents: An Overview / H.S. Nwana // Knowledge Engineering Review. – 1996. – Vol. 11, No. 3, Cambridge University Press.
20. Pagina, H. Intelligent Software Agent on the Internet / H. Pagina. – 1996. – <http://www.hermans.org/agents/index.html>
21. Villemin, F.Y. Ontologies – based relevant information retrieval / F.Y. Villemin. – 1999. – <http://www.cnam.fr/f-gv>
22. WebCompass. WebCompass Page. – 1999. – http://www.syman-tec.com/techsupp/webcompass/kbase_webcompass.html
23. Wooldridge, M. Intelligent Agents: Theory and Practice / M. Wooldridge, N. Jennings // Knowledge Engineering Review. – 1994. – № 10(2).
24. Zlotkin, G. Mechanisms for Automated Negotiation in State Oriented Domain / G. Zlotkin, J.S. Rosenschein // Journal of Artificial Intelligence Research. – 1996. – № 4.

Mundarija

SO'Z BOSHI.....	3
1-§. Intellektual axborot tizimlari sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari.....	6
2-§. Intellektual axborot tizimlarining asosiy turlari va ularning xususiyatlari.....	9
3-§. Ekspert tizimlarini ishlab chiqish texnologiyalari	19
4-§. Amaldagi til darajasi.	23
5-§. Ekspert tizimlar dizayni	29
2-BOB. NEYRON TARMOQLAR	39
1-§. Sun'iy neyron modeli	39
2-§. Neyron tarmoq modellari	43
3-§. Neyron tarmoqni qurish	49
4-§. Neyron tarmoqlarni o'rganish.....	50
5-§. Neyron tarmoqlarni amalga oshirish usullari.....	54
6-§. Neyron tarmoq texnologiyalarini amaliy qo'llash.....	58
3-BOB. SUN'IY INTELLEKT TIZIMLARDAGI EVOLUTSION ANALOGIYALARI.....	66
1-§. Genetik algoritmlar	69
2-§. Oddiy genetik algoritmda ko'paytirish va kesishish operatsiyalari natijalari.....	79
3-§. Evolyutsion dasturlash usullari	97
4-§. Evolyutsion dasturlash	103
4-BOB. INTELLEKTUAL MULTI-AGENT TIZIMLARI	112
1-§. Agent nazariyasining asosiy tushunchalari.....	112
2-§. Agentlarning jamoaviy xatti-harakati	118
3-§. Ko'p agentli tizimlarga misollar.....	126
4-§. Ko'p agentli tizimlarni loyihalash texnologiyalari.....	134
5-§. Ko'p agentli texnologiyalarning istiqbollari.....	141

Odiljon Jakbarov

INTELLEKTUAL AXBOROT TIZIMLARI

*60610200-Axborot tizimlari va texnologiyalari
ta'lim yo'nalishi talabalari uchun*

Muharrir: Dilorom ERGASHEVA
Texnik muharrir: Abdulaziz TOSHPO'LATOV

2024-yil 10 sentyabrda terishga berildi. 2024-yil 18 sentyabrda bosishga ruxsat etildi. Bichimi 60x84, 1/16. Hajmi 9 bosma taboq. Times new roman garniturasini. Buyurtma raqami – 11. Adadi 100 nusxa.

«MAIIIPAB» nashriyoti
Namangan shahri, Navoiy ko'chasi, 36-uy, 3-qavat
Nashriyot tasdiqnoma raqami 6135
2020-yil 16-dekabrda berilgan.

“Toshbuloq oqshomi” bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Namangan shahri, I. Karimov ko'chasi, 10-uy.
Murojaat uchun telefon: (+99891) 362-93-00

O'QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va
innovatsiyalar vazirligining 20 24 yil "04" Mart
dagi "55"-sonli buyrug'iga asosan

O.O.JAKBAROV

(muallifning familiyasi, ismi-sharifi)

60610200 - Ta'lim yo'nalishi: Axborot tizimlari va texnologiyalari

(ta'lim yo'nalishi (mutaxassisligi))

(tarmoqlar va sohalar bo'yicha)

ning
talabalari (o'quvchilari) uchun tavsiya etilgan

INTELLEKTUAL AXBOROT TIZIMLARI

(o'quv adabiyotining nomi va turi: darslik, o'quv qo'llanma)

ga
O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi
tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr
etishga ruxsat berildi.

Vazirning birinchi
o'rinbosari



K. Karimov

No 858981