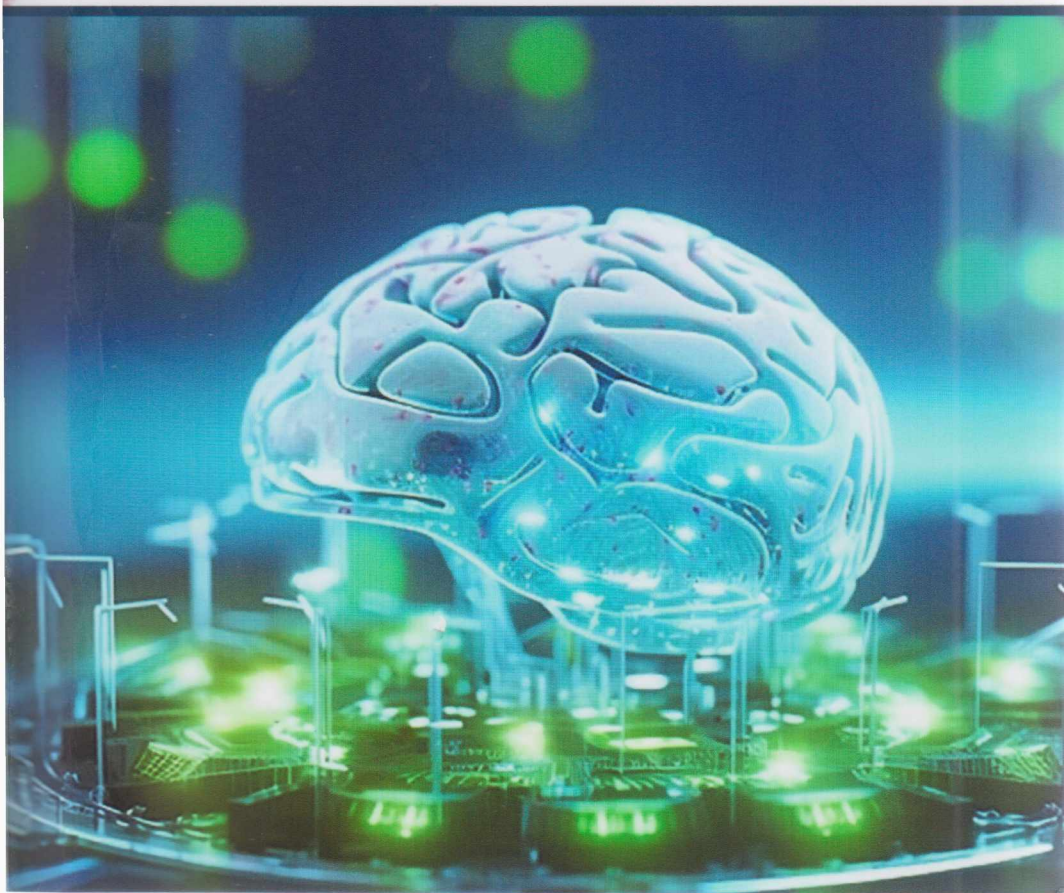


D.F. Yusupov

# SUN'İY INTELLEKT VA NEYRON TO'RLI TEXNOLOGIYALAR



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA‘LIM,  
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**URGANCH DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI**



**YUSUPOV DAVRONBEK FIRNAFASOVICH**

# **SUN‘IY INTELLEKT VA NEYRON TO‘RLI TEXNOLOGIYALAR**

60110600 – Matematik va informatika

5330100-Kompyuter ilmlari va dasturlash texnologiyalari (yo‘nalishlar  
bo‘yicha)

5130200 – Amaliy matematika

**USLUBIY QO‘LLANMA**

**Urganch – 2023**

Mazkur uslubiy qo‘llanma oliy ta’lim muassasalarining 60110600 – Matematik va informatika ta’lim va 5330100-Kompyuter ilmlari va dasturlash texnologiyalari (yo‘nalishlar bo‘yicha) yo‘nalishlari, 5130200 – Amaliy matematika o‘qituvchilari va talabalari uchun mo‘ljallangan.

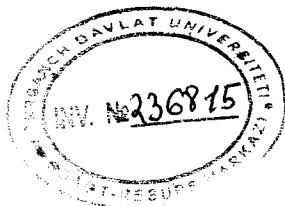
**Tuzuvchi:**

**Yusupov D.F.-** Urganch davlat pedagogika instituti Yoshlar masalalari va ma’naviy-ma’rifiy ishlar bo‘yicha prorektor, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori,(PhD).

**Taqrizchilar:**

**Davletov Erkaboy** –Urganch davlat pedagogika instituti “Fizika-matematika va texnologik ta’lim kafedrası mudiri. Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).

**Xo‘jayev Otabek-** Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali “Axborot texnologiyalari” kafedrası mudiri, dotsent.



## SO‘Z BOSHI

O‘zbekiston mustaqillikka erishgach, hayotimizning barcha jabhalarida bo‘lganidek, ta‘lim tizimida ham islohotlar yo‘lga qo‘yildiki, bunda ta‘lim-tarbiya jarayoniga zamonaviy axborot texnologiyalarini olib kirish, ta‘limni kompyuterlashtirish muammolarini hal qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasida “Uzluksiz ta‘lim tizimini yanada takomillashtirish, sifatli ta‘lim xizmatlari imkoniyatlarini oshirish, mehnat bozorining zamonaviy ehtiyojlariga mos yuqori malakali kadrlar tayyorlash, ta‘lim va o‘qitish sifatini baholashning xalqaro standartlarini joriy etish” kabi ustuvor vazifalar belgilab berildi. Bu esa informatika fanini o‘qitish mazmunini axborot kommunikatsiya texnologiyalarini qo‘llash sohalari talablarini hisobga olib maqsadli yo‘naltirilgan holda innovatsion tashkil etishning metodik tizimini takomillashtirishni taqozo etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida” farmonida “Respublika oliy ta‘lim muassasalarida axborot texnologiyalarini ta‘lim jarayonida qo‘llashni yangi usul va vositalar yordamida tashkil etish” ustuvor vazifa sifatida belgilanib, bu borada Informatika fanini boshqa fanlar bilan uzviylikini hisobga olgan holda, mantiqiy strukturalab o‘quv jarayonini tashkil qilish uchun zamonaviy kompyuterlashgan o‘quv-uslubiy ta‘minotlarni yaratish mexanizmlarini takomillashtirish, rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi [1-6]. Mazkur dasturlar doirasida Respublika oliy ta‘lim muassasalarida axborot texnologiyalarini ta‘lim jarayonida qo‘llashni yangi usul va vositalar yordamida tashkil etish, masofadan turib o‘qitish va kompyuterlashtirilgan anjumanlar o‘tkazishga erishish, elektron darsliklar yaratish va ularni o‘quv-tarbiya jarayonida qo‘llashga qaratilgan tadbirlar, ta‘limni isloh qilish bo‘yicha nufuzli loyihalar, ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Zamonaviy psixologiya-didaktika ilmida, o‘quv jarayonini ilmiy- texnikaviy taraqqiyotining gurkirab rivojlanayotgan axborot va kompyuter texnologiyalarining imkoniyatlarini hisobga olgan holda tashkil qilishda, ilmiy metodologik asosda o‘quv materialini tarkibini tanlashda hamda uni axborot kommunikatsiya

texnologiyalariga mos ravishda strukturalashtirishga, yondashishga yetarlicha metodologiya va texnologiya ishlab chiqilmagan. Hozirgi sharoitdagi hech bir o'quv predmeti (fani) integrallashgan avtomatlashtirilgan o'qitish konsepsiyasiga to'laqonli javob bera olmaydi [6]. Natijada axborot kommunikatsiya vositalaridan (AKV) o'quv amaliyotida foydalanish juda katta qiyinchiliklar tug'dirmoqda yoki umuman olganda, bunday yondashuvlar samarasiz bo'lib chiqmoqda, chunki, o'quv materialini to'g'ridan-to'g'ri AKV zimmasiga yuklashdan hech qanday naf yo'q. Shu boisdan ham o'quv predmeti fanning nazariy jihatdan tarkibiy qismlarini tanlash va uni AKV dan unumli foydalanish uchun o'quv materialini mantiq tamoyillari asosida strukturalashtirish, mantiqan tugallangan tayanch tushunchalar to'plami darajasida tavsiflash, tayanch elementlar asosida fanni o'rganishning mantiqli graf-sxemasini qurish va uning asosida AKV yordamida predmetni o'zlashtirishning o'quv jarayonini samarali tashkil qilish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Buning natijasida o'quv predmetining ilmiy jihatdan mantiqiy asoslanganligi, aniqlik, tushunarlilik, mantiqiy izchillik hamda AKVdan unumli foydalanish darajasining mukammallashganligi ta'minlanadi, yana shuni ta'kidlash joizki, predmetning strukturalashtirilgan mantiqli sxemasi elektron darsliklar yaratish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Texnika oliy o'quv yurtlarida muhandislarni tayyorlash jarayonini takomillashtirishga va ularning kasbiy tayyorgarligiga qo'yilgan davlat ta'lim standartlari talablarini amalga oshirishga oid ilmiy-tadqiqot, loyiha-amaliyot ishlarini olib borish, jumladan, fanlarni mantiqiy graf-sxema asosida neyro texnologiya uslublaridan foydalanib o'qitishni faollashtiruvchi metodologiya va texnologiyalarni ishlab chiqish, bo'lajak muhandislarda kasbiy faoliyatga oid o'quv-tarbiya jarayonini samarali tashkil etishning shakl, metod va vositalari, yangi pedagogik va axborot texnologiyalarini o'quv jarayoniga qo'llash metodlari, "Informatika va AT" fanini boshqa fanlar bilan uzviylikini hisobga olgan holda, mantiqiy strukturalashtirilgan tarzda o'quv jarayonini tashkil qilish uchun o'quv-uslubiy ta'minotlarni yaratish kabi ishlarning yetarli

darajada olib borilmayotganligi mazkur o'quv qo'llanmaning dolzarbligini belgilaydi.

Neyron to'rlari juda yangi hisoblangan va yanada kelajagi porloq hisoblash texnologiyasidir, uning yordamida xalq xo'jaligining turli sohalariga oid dinamik masalalarni o'rganish, uning asosida samarali yechimlar qabul qilish mumkin, chunonchi iqtisodiyot, texnikaviy obyektlarni boshqarish, texnologik jarayonlarni nazorat qilish va shu kabi sohalarda. Endilikda neyron to'rlaridan o'quv jarayonini tahlil qilish va metodik boshqarish masalalarini hal qilishga tadbiiq etilmoqda. Neyron to'rlari, dastavval, obrazlarni anglash sohasida o'zining yangi samarali imkoniyatlarini ochib berdi. Undan keyin bunga statistik va sun'iy intellekt metodlariga asoslangan yechim qabul qiluvchi jarayonni hamda moliya sohasidagi masalalarni yechishni qo'llab-quvvatlovchi vositalar qo'shildi.

Nochiziqli kechadigan jarayonlarni modellashtirishga bo'lgan, shovqinli ma'lumotlar bilan ishlash va moslashish imkoniyatlari texnika-iqtisodiy sohaning keng ko'lamdagi masalalarni yechish uchun neyron to'rlarini tadbiiq qilish, undan foydalanish juda katta imkoniyatlar yaratadi. Oxirgi o'n yillar mobayinida neyron to'rlari asosida juda ko'p miqdorda dasturiy vositalar majmuasi, sistemasi yaratildi va ulardan muvaffaqiyatli foydalanib kelinmoqda.

Neyron to'rlaridan foydalanishning mohiyati iqtisodiy sohada shundan iboratki, bu yangi usul, metod oldingi an'anaviy ishlatilib kelinayotgan metodlarni istisno qilib, chetga surib tashlamaydi ya'ni velosipedni yangidan yaratmaydi, balki bu neyron to'rlari yuqorida keltirilgan masalalarni yechish uchun yaratilgan, yangi imkoniyatlarga ega hisoblash vositasidir.

Ushbu uslubiy qo'llanmani o'qib, o'zlarining ijobiy fikr-mulohazalarini bildirgan—Urganch davlat pedagogika instituti “Fizika- matematika va texnologik ta'lim” kafedراسi mudiri, Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) Davletov Erkaboy va Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali “Axborot texnologiyalari” kafedراسi mudiri, dotsent Xo'jayev Otabeklarga muallif o'zining chuqur minnatdorchiligini bildiradi.

Usubiy qo'llanma haqida fikr va mulohazalaringizni [dyusupov@mail.ru](mailto:dyusupov@mail.ru) manzilida qoldirishingiz mumkin.

## MA'RUZA MASHG'ULOTI MAVZULARI.

### 1-MAVZU: NEYRON TO'RLARI TARIXI VA ASOSIY KOMPONENTALARI

#### REJA:

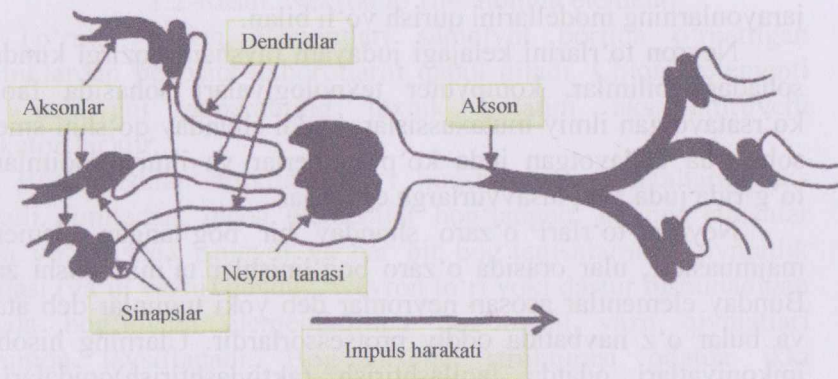
1. Sun'iy neyron to'rlari va tuzilishi.

2. Oddiy pratsessorlar to'plami.

Elektron - hisoblash texnikasining yanada barq urib rivojlanish davrida, ya'ni XX asr o'rtalarida soha olimlari va injener-konstruktorlari orasida tipik, namunaviy EHM qanday prinsip asosida ishalash va u qanday amalga oshirilishi mumkin degan masalalar fikrlar, qarashlar, izlanishlarda yagonalik, birlik, bir fikrlilik mavjud emas edi. Biz hozir barchamiz Informatika asoslari kursida fan Neyman mashinasi prinsipi arxitekturasi asosida yaratilgan, ishlab chiqarilayotgan EHMLarni, kompyuterlarni o'rganyapmiz. Shunga qaramasdan, informatika bo'yicha darsliklarda, o'sha paytlarda EHMni, kompyuterni yaratishda boshqa bir faoliyat prinsiplariga, arxetekturalariga asoslangan g'oyalar, amaliy tavsiyalar to'g'risida bir og'iz ham gap aytilmagan. Bunday g'oyalardan bir sxemasi boshqacha prinsip va arxetekturaga asoslangan EHMLar neyron to'rli kompyuter yoki oddiy qilib neyron to'rlari deb nom oladi.

Neyron to'rlariga bo'lgan birinchi qiziqish Mak Kollak va Pitsning 1943- yilda chop qilingan ilk ishlarida asos solingan bo'lib, unda inson miyasining ishlash faoliyatiga asoslangan o'xshashlik asosida ishaydigan kompyuterning sxemasi taklif qilingan edi. Ular inson miyasini tashkil etuvchi elementi nerv kletkasini modelini yaratishdi va unga neyron deb nom berishdi. Insonning miyasi oq va seriy rangdagi moddadan tashkil topgan: oq - neyronlarning jismi, tanasi, seriy moddalar esa - bu neyronlarni bir-biri bilan bog'lovchi vosita (tkan) yoki aksonlar va dendiritlardir. Inson miyasi taxminan  $10^{11}$  o'zaro bo'lingan neyronlardan tashkil topgan. Har bir neyron axborotni o'zining dendiritlari orqali oladi, o'zlashtiradi, axborotlarning keyingi joyiga uzatish faqat bitta akson orqali amalga oshiriladi, oxirida minglagan sinopislarga tarmoqlangan (2.1-rasm).

Sodda neyron 10 000 mingtagacha dendritlarga ega bo'lishi mumkin, dendritlar boshqa kletkalardan qabul qilinadi. Shunday qilib odam miyasi taxminan  $10^{15}$  o'zaro bog'lanishlardan iborat. Agar har qanday neyrofiziologik jarayon birdaniga bir qancha neyronlar to'plamini faollashtirishini hisobga oladigan bo'lsak, u holda miyamizda hosil bo'ladigan, kelib chiqadigan axborotlar va signallarning shunday bir katta miqdorini tasavvur etish mumkin.



1.1- rasm. Neyron tuzilishini rasmi

Neyronlar impulslar seriyasi vositasida o'zaro harakatda bo'ladilar, bu harakat bir nechta millisekund mobaynida davom etishi mumkin, har bir impuls chastotali signal bo'lib, uning chastatasi bir nechta birlikdan to yuzlagan gersgacha bo'lishi mumkin. Bu chastota zamonaviy kompyuterning ishlash chastotasi bilan solishtirib bo'lmaydigan darajada, biroq inson miyasi kompyuterga qaraganda analog informatsiyalarni juda katta tezlikda qayta ishlashi mumkin, masalan: tavsifni bilish, fahmlash, ta'mni sezish, tovushni ajratish, bilish, notanish yozuvni o'qish (bilish), sifat parametrlari ustida amallar bajarish. Bularning barchasi o'zaro sinapslar bilan bog'langan neyron turlari va vositalarida amalga oshiriladi. Boshqacha qilib aytganda, miya-bu parallel faoliyat ko'rsatadigan, hozirgi ketma-ket hisoblashlarga asoslangan kompyuterga nisbatan juda samarali ishlaydigan protsessorlardan tashkil topgan. Shu boisdan ham, kelajak kompyuterlari ko'p protsessorli, parallel hisoblash materiallariga asoslangan bo'lishi



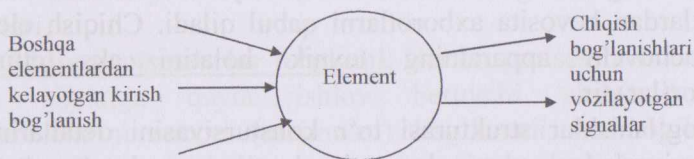
zarur. Shunday ekan, neyron to'rlari bu yo'nalishdagi navbatdagi qadam bo'lishi ajab emas.

Sun'iy neyron to'rlarining kelajakdagi taraqqiyoti inson ishlash prinsiplarini qanchalik o'rganilganligi, modellashtirilganlik darajasiga bog'liq, biroq bu yerda teskari bog'lanish ham mavjud: Sun'iy neyron to'rlari birdan bir vosita bo'lib, uning yordamida insonning nerv sistemasida kechadigan, biz tasavvur qiladigan jarayonlarni o'rganishni yanada takomillashtirishimiz mumkin, mos jarayonlarning modellarini qurish yo'li bilan.

Neyron to'rlarini kelajagi judayam ravshan, hozirgi kunda bu sohadagi bilimlar, kompyuter texnologiyalari sohasida faoliyat ko'rsatayotgan ilmiy mutaxassislar, huddi shunday qo'shni smejniy sohalarda ishlayotgan juda ko'p injinerlar va ilmiy xodimlar bu to'g'rida juda aniq tasavvurlarga egadirlar.

Neyron to'rlari o'zaro shunday bir bog'langan elementlar majmuasidir, ular orasida o'zaro bog'lanishlar ta'minlanishi zarur. Bunday elementlar asosan neyronlar deb yoki tugunlar deb ataladi va bular o'z navbatida oddiy protsessorlardir. Ularning hisoblash imkoniyatlari odatda faollashtirish (aktivlashtirish) qoidalari va kirish signallarini biror kobinatsiyalashgan qoidalari bilan cheklanadi, natijada kirish signallarini majmuasi bo'yicha chiqish signallarini hisoblash imkoniyatlari mavjud. Elementning chiqish signali o'lchamli (koeffitsiyentli) bog'lanishlar orqali boshqa elementlarga uzatilishi mumkin. Jo'natuvchilarning har biri vazn koeffitsentlariga yoki vaznga ega. Vazn koeffitsentlarining qiymatiga bog'liq ravishda uzatilayotgan signal kuchaytiriladi yoki kamaytiriladi (1.2-rasm)

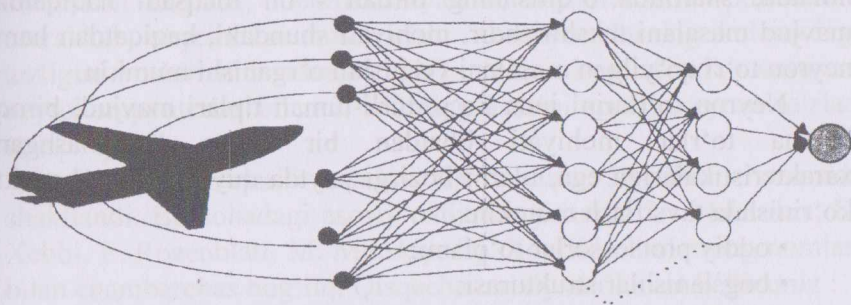
Neyron to'rlaridan foydalanishda o'ziga jalb qiluvchi jihatlardan bittasi shundan iboratki, odatda bunday to'rning elemenlari cheklangan hisoblash imkoniyatlariga ega, umuman olganda neyron to'ri juda ko'p sonli elementlar birlashmasi, ancha - muncha murakkab masalalarni bajarish imkoniyatiga ega hisoblanadi. Masalan, uchuvchi jismning texnik holatini nazorat qiluvchi neyron to'ri (1.3-rasm)



### 1.2-Rasm. Neyron to'ri alohida elementi

To'ring kirish elementlari samolyot bortida o'rnatilgan datchiklardan bevosita axborotlarni qabul qiladi. Chiqish elementi esa, uchuvchi apparatning texnik holatini aks ettiruvchi indikator(lar)dir.

Bog'lanishlar strukturasi to'r konstursiyasini detallarini aks ettiradi, jumladan, qaysi elementlar bog'langan, bu bog'lanishlar qaysi yo'nalishda ishlaydi va har bir bog'lanishlarning qiymatlik darajasi (ya'ni vazni) qanday. Neyron to'ri yoki dastur tushunadigan masala bog'lovchi elementlarning bog'lovchi vazn qiymatlari terminida tavsiflanadi. Bog'lanishlar strukturasi odatda ikki bosqichda aniqlanadi: birinchi bosqichda sistemani yaratuvchi to'ring qaysi elementlari o'zaro bog'lanishi kerak va qaysi yo'nalishda shuni ko'rsatadi, ikkinchi bosqichda esa, ya'ni o'qitish fazosi jarayonida mos ravishda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari aniqlanadi.



1.3-Rasm. Avialaynning texnik holatini nazorat qilish uchun qo'llaniladigan neyron to'rini sxemasi.

To'ring kirish elementlari samolyot bortida o'rnatilgan datchiklardan bevosita axborotlarni qabul qiladi. Chiqish elementi esa, uchuvchi apparatning texnik holatini aks ettiruvchi indikator(lar)dir.

Bog'lanishlar strukturasi to'r konstursiyasini detallarini aks ettiradi, jumladan, qaysi elementlar bog'langan, bu bog'lanishlar qaysi yo'nalishda ishlaydi va har bir bog'lanishlarning qiymatlik darajasi (ya'ni vazni) qanday. Neyron to'ri yoki dastur tushunadigan masala bog'lovchi elementlarning bog'lovchi vazn qiymatlari terminida tavsiflanadi. Bog'lanishlar strukturasi odatda ikki bosqichda aniqlanadi: birinchi bosqichda sistemani yaratuvchi to'ring qaysi elementlari o'zaro bog'lanishi kerak va qaysi yo'nalishda shuni ko'rsatadi, ikkinchi bosqichda esa, ya'ni o'qitish fazosi jarayonida mos ravishda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari aniqlanadi.

Bog'lanishlarining vazn koeffitsiyentlarini qiymatlarini o'qitishni bajarmasdan turib ham aniqlash mumkin, biroq neyron to'rlarining eng katta muvaffiqiyati, afzalligi shundan iboratki, aynan to'ring real, haqiqiy ish jarayonida oladigan shunday bir ma'lumotlar asosida masalani bajarishni o'qitish imkoniyatlaridan iborat. Juda ko'pchilik ilovalar uchun o'qitish imkoniyati nafaqat to'ring dasturlashtirish vositasi sifatida qaraladi, agar masalalarini yechish usullari, an'anaviy shaklda dasturlashni bajarish imkoniyatlari bo'yicha yetarlicha bilim bo'lmaganda, biroq bunday holatda, sharoitda o'qitishning birdan - bir maqsadi haqiqatda mavjud masalani tekshirishdir, mohiyati shundaki, haqiqatdan ham neyron to'ri qo'yilgan masalani yechishni o'rganishi mumkin.

Neyron to'rlarini juda ko'p, turli-tuman tiplari mavjud, biroq barcha to'rlar mohiyati jihatdan bir qator umumlashgan xarakteristikalariga ega, ularni hozirgi paytda quyidagicha abstrakt ko'rinishda tavsiflash mumkin:

- oddiy protsessorlar to'plami;
- bog'lanishlar strukturasi;
- to'rda signallarni tarqatish qoidalari;
- kirish signallarini kombinatsiyalash qoidalari;
- aktivlik signalini hisoblash qoidalari;

- korrektsiyalovchi (tuzatishlar) bog‘lanishlar, o‘qitish qoidalari.

**Oddiy protsessorlar to‘plami.** Har bir protsessor bilan (ya‘ni, to‘rni signalga qayta ishlov beruvchi elementi) kirish bog‘lanishlarini nabori (majmuasi) bog‘lanadi, bu bog‘lanishlar orqali bu elementga (protsessorga) to‘rning boshqa elementlaridan signallar keladi va chiquvchi bog‘lanishlarning nabori, bular orqali mazkur elementning signallari to‘rning boshqa elementlariga jo‘natiladi. To‘rning birorta elementlari tashqi muhitdan signallarni olish uchun mo‘ljallangan (shuning uchun ham bunday elementlarni kirish elementlari deb nomlashadi), boshqalarini esa – hisoblash natijalarini tashqi muhitga chiqaruvchilar (bunday elementlarni to‘rning chiqish elementlari deb nomlashadi). Xuddi shunday, har qanday hisoblash mashinasi kamida bitta kiritish qurilmasiga (masalan, klaviatura), buning yordamida sistema (hisoblash mashinasi) tashqi muhitdan ma‘lumotlarini qabul qiladi, va chiqish qurilmasi (masalan, monitor), buning yordamida yechish natijalari aks ettiriladi. Real jarayonlarida programmali modellashtirish sharoitida bunday sistemaga oldindan tayyorlab qo‘yilgan ma‘lumotlar birorta fayldan beriladi, bunday holatda ma‘lumotlar, signallar bevosita tashqi muhitdagi datchiklardan olinmaydi.

Sun‘iy neyron to‘ri (SNT yoki NT) biologik o‘xshashligining tashkiliy va funksional prinsiplari asosida quriladi. Ular amaliyotda juda ko‘p masalalarni yechishga mo‘ljallangan chunonchi, obrazlarni anglash, identifikatsiyalash, bashoratlash, optimallashtirish, murakkab obyektlarni boshqarish. Kompyuterlarning kelajakdagi tezligini oshirishni asosan SNT bilan bog‘lashadi, xususan, neyrokompyuterlar bilan, ularning asosini sun‘iy neyron to‘rlari tashkil qiladi.

“Neyron to‘rlari” termini XX asrning 50-yillar o‘rtalarida shakllandi. Bu sohadagi asosiy natijalar, yutuqlar U. Makkalox, D. Xebbi, F. Rozenblatt, M. Minskiy, Dj. Xopfeld olimlarning nomlari bilan chambarchas bog‘liq. Qisqacha tarixiy ma‘lumot keltiramiz :

- 1943-yil. U. Makkalox (W. McCulloch) va U. Pitts (W. Pitts) neyron modelini taklif qilishdi va bosh miya faoliyati nazariyasini asosiy holatlarini rasmiylashtirishdi.

- 1949-yil. D. Xebb (D. Hebb) miyadagi neyronlarning bog‘lanishlarini va ularning o‘zaro ta’sirlarini (kletkali ansambl, sinaptik qayishoqlik) xarakterlari to‘g‘risidagi g‘oyani ilgari surdi. Birinchi bo‘lib neyron to‘rini o‘qitish qoidasini taklif qildi.

- 1957-yil. F. Rozenblatt (F. Rosenblatt) perseptronlarni tashkil qilish va faoliyat ko‘rsatish prinsiplarini ishlab chiqdi, dunyoda birinchi hisoblangan Mark neyrokompyuterini texnik jihatdan amalga oshirish variantini taklif qildi.

- 1959-yil. D. Xyubel (D. Hubel) va T. Vizel (T. Wiesel) biologik neyron to‘rlarda axborotlarni saqlash va qayta ishlashning taqsimlangan va parallel xarakterini ko‘rsatishdi.

- 1960-1968 yillar. Sun‘iy neyron to‘rlari sohasida jadal izlanishlar olib borildi, masalan, ADALINA va MADALINA V. Uidrou (W. Widrow) (1960-1962 yy.), assotsiativ matritsalar K. Shtaynbux (K. Steinbuch) (1961 y.).

- 1969-yil. M. Minskiy (M. Minsky) va S. Peyperlarning (S. Papert) «Perseptronlar» kitobining chop qilinishi, unda perseptronlarning imkoniyatlarini prinsipial cheklanganligi isbotlangan. Sun‘iy neyron to‘rlariga bo‘lgan qiziqishning susayishi.

- 1970-1976-yillar. Sobiq ittifoqda perseptronlar sohasidagi izlanishlarning jadallashuvi (asosiy buyurtmachi – harbiy tashkilotlar).

- 1970-yillar oxiri. Miya faoliyati to‘g‘risidagi bilimlarning jamlanishi, hamda mikroelektronika va kompyuter texnikasi sohasidagi juda katta texnikaviy progress sun‘iy neyron to‘rlariga bo‘lgan qiziqishni qaytadan tiklashga sababchi bo‘ldi.

- 1982-1985-yillar Dj.Xopfild (J. Hopfield) assotsiativ xotirani modellashtiruvchi, neyron to‘rlarini optimallovchi oila turkumini taklif qildi.

- 1985-yil Birinchi savdo sohasiga mo‘ljallangan neyrokompyuterlarning paydo bo‘lishi, masalan, Mark III TRW firmasi (AQSH).

- 1987-yil AQSH, Yaponiya va G‘arbiy Yevropada («Human Frontiers» yaponiya davlati dasturi va yevropa dasturi «Basic Research in Adaptive Intelligence and Neurocomputing») SNT va NT sohasidagi ishlanmalarga keng miqyosda moliyalashtirishning boshlanishi.

- 1989-yil. SNS va NS sohasidagi ilmiy izlanishlar va ishlanmalar barcha yirik elektrotexnika firmalari tomonidan amaliy jihatdan yo'lga qo'yildi. Neyrokompyuterlar savdo bozorining eng dinamik sektorlaridan biriga aylandi (ikki yil mobaynida sotish hajmi besh barobar o'sdi). AQSH da harbiy soha vazirligining DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) agentligi tomonidan turli tuman sohalarga qo'llash uchun juda tez ishlaydigan neyron to'rlarini namunalarini yaratish dasturini moliyaviy qo'llab quvvatlashni boshladi.

- 1990-yil. Sobiq ittifoqda SNT va NT sohasidagi ilmiy izlanish institutlari faoliyatining faollashishi (Kiyevda Glushkov nomidagi kibernetika instituti, Taganrogdagi mikroprotessorli hisoblash sistemalari instituti, Rostov-Dondagi neyrokibernetika instituti). SNT va NT sohasiga ixtisoslashgan firmalarning umumiy soni uchyuzgacha bordi.

- 1991-yil Jahon bozorida SNT va NT yillik sotish hajmi 140 million dollarga yetdi. Moskva, Kiyev, Minsk, Novosibirsk, S.-Peterburgda neyrokompyuterlar markazlari tashkil topdi.

- 1992-yil SNT sohasidagi ishlanmalar jadal rivojlanish darajasiga chiqdi. Har yili neyron to'rlari bo'yicha o'ndan ortiq xalqaro konferensiyalar va forumlar o'tkazildi, mazkur tematika bo'yicha ixtisoslashgan davriy ilmiy nashriyotlar tomonidan 20 dan ortiq nomdagi risolalar chop qilindi.

- 1996-yil SNT va NT bo'yicha xalqaro konferensiyalarning soni 100 gacha bordi.

- 1997-yil Jahon bozorida SNT va NT mahsulotlarini sotish hajmi 2 mlrd.dollardan, yillik o'sish esa 50% dan oshdi.

- 2000-yil Submikronli texnologiya va nanotexnologiyalarga o'tish, hamda molekulyar va biomolekulyar texnologiyalarning jadal rivojlanishidagi erishilgan yutuqlar, muvaffaqiyatlar neyrokompyuterlarni yaratish bo'yicha prinsipial yangi arxitekturalarni va texnologik yechimlarni keltirib chiqardi.

Sun'iy neyron to'rlarining iqtisodiy sohadagi rivojlanishi:

2010-yil Investitsiya jarayonlari, portfel investitsiyalar va ularning xususiyatlari hamda sun'iy neyron to'rlaridan foydalangan holda moliyaviy vaqt seriyasini bashorat qilish va portfelni optimallashtirish uchun sun'iy neyron to'rlaridan ko'plab xorijiy

mutaxassislar foydalanishgan va tadqiqot olib borishgan. Jumladan, U.Sharp, G.Aleksander, Dj.Beylilar o'zlarining dunyoga mashhur "Investitsi" kitobida moliyashtirishning maqsadlari va vositalarini batafsil va tushunarli tarzda yoritib, barcha turdagi qimmatli qog'ozlar va fond bozorlarini tavsiflab berishgan, ularning ishlash nazariyasi va amaliyotini aks ettirishgan, investitsiyalarni boshqarish usullari ko'rib chiqilgan, aniq misollar, grafikalar, jadvallar yordamida investitsiyalarning globallashuvi muammolarini aks ettirishgan

2007-yil L.Dj.Gitman, M.D.Djonklar investitsiya faoliyatining global jihatlari, investitsiyalarning iqtisodiyotdagi o'rni, investitsiya maqsadlariga erishish strategiyasi va vositalari, investitsiya jarayoni ishtirokchilari, investorlar va investitsiyalar turlari, investitsiya vositalari va eng asosiysi hududlarga investitsiyalarni jalb etishda uning jozibadorligi baholash bo'yicha tavsiyalarni keltirib o'tishgan.

2003-yil K.R.Makkonnell, S.L.Bryular iqtisodiyotning eng muhim muammolariga bag'ishlangan: makro va mikroiqtisodiyot, milliy daromad, bandlik, kredit, moliyaviy va soliq siyosati, jahon iqtisodiyotini keng o'rganishgan.

2011, 2020 yy. Sun'iy intellekt aktivlarni boshqarish sohasida samaradorlik, aniqlik va muvofiqlikni oshirish orqali portfelni boshqarish, savdo va risklarni boshqarish orqali xavflarni modellashtirish va prognoz qilish bo'yicha Söhnke Bartram, Jürgen Branke, Mehrshad Motaharilar (2020), A.Nazif Catik, Mehmet Karaçukalar (2011) sun'iy neyron to'rlarining Turkiya uchun muqobil bir o'lovli vaqt qatorlari modellari yordamida inflyatsiyani prognoz va tahlil qilishni amalga oshirishgan.

2019 y. Michael Furtwaengler (May, 2019) tadqiqotida Tobias neyron to'rlarini riskning qavariq chegaralari konsepsiyasining asosiy bozor dinamikasi to'g'risida qat'iy optimal xedjerlik strategiyasini aniqlash uchun maqbul ko'rsatkichlarga yaqin baholarni topishda foydalangan.

2017-yil Samuel Björklund, Tobias Uhlinalar portfel vaznlarini optimallashtirish maqsadida moliyaviy vaqt qatorining kutilayotgan rentabelligini taxmin qiladigan sun'iy neyron to'r modelini yaratishgan. Tegishli kontekstda kelgusi daromadlar prognozidan foydalanishni baholash uchun stoxastik dasturlashdan foydalangan

holda portfelni optimallashtirish modelini tuzishgan. Moliyaviy vaqt qatorini bashorat qilish va portfelni optimallashtirish uchun sun'iy neyron to'ri ishlab chiqishgan.

1998-yil Teuvo Koxonen neyron to'rlar yordamida kvantlangan mos omillar vektorlari yoki kod daftari vektorlari yordamida ijtimoiy-iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlashda ishlatiladigan klassik klasterlash va vektorli kvantlash algoritmini yaratgan.

2014-yil Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Bealelar neyron to'rining asosiy arxitekturalari, ularni o'qitish qoidalarining aniq va batafsil tavsifini ishlab chiqishgan. Bundan tashqari asosiy neyron to'rlarining ketma-ket taqdim etilishini, ularni o'qitish usullari va amaliy muammolarni hal qilishni ko'rsatib berishgan.

2008-yil MDH davlatlarida ham mavzu doirasida bir qator mutaxassis-olimlar tadqiqot olib borishgan xususan, Y.P.Zaychenko (2008) sun'iy intellektning bir qismi bo'lgan noaniq logika va noaniq neyron to'rlari tizimlari va ularni turli xil amaliy masalalarda qo'llash sohalarini tadqiq etgan.

2002-yil V.V.Kruglov va V.V.Borisov (2002) sun'iy neyron to'rlari nazariyasi masalalari ko'rib chiqishgan bo'lib, neyron to'rlarning zamonaviy dasturiy qobiq-imitatorlarini, shuningdek ularni obrazlarni tanib olish, klasterlash, prognozlash, optimallashtirish masalalarini yechish uchun neyroto'rli ekspert tizimlarini qurish va ulardan foydalanishga yaratishga katta hissa qo'shishgan.

2017-yil Ye.A. Trofimova, V.D. Mazurov, D.V. Gilevlar (2017) neyron to'rlarini sozlash usullari va amaliy iqtisodiyot muammolarini hal qilish uchun metodni aniqlash, shu jumladan Rozenblattning perseptroni, Xemming to'ri, chiziqli dasturlash usullari ustida ilmiy tadqiqotlar olib borishgan va yuqori natijalarga erishganlar.

2004-yil Barskiy A.B. (2004) fan, iqtisodiyot, moliya va san'atdagi axborot va boshqaruv tizimlarini qurishda neyron to'ri texnologiyalaridan foydalanish ustida ilmiy tadqiqotlar olib borgan. Statik va dinamik rejimlarda o'qitishning oddiy usullarini yaratgan.



Qaror qabul qilish tizimlarining xususiyatlari ustida ishlar olib borgan.

Mamlakatimizda milliy iqtisodiyotni rivojlantirish, hududlarning investitsiya muhitini oshirish bo'yicha akademik S.S.G'ulomov, investitsiya salohiyatini yaxshilash, investitsiyadan samarali foydalanish usullari bo'yicha R.X.Alimov va N.M.Mahmudovlar, iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish hamda takomillashtirish bo'yicha Sh.Shodiyev va B.T.Salimovlar investitsiyalarni tarmoqlararo taqsimlanishini noaniq logika asosida modellashtirish yo'nalishlarida N.R.Yusupbekov, H.Z.Igamberdiyev, T.F.Bekmuradov, M.M.Komilov, R.Hamdamiyev, Y.G.Shipulin, A.Maraximov, A.I.Nishanov, D.T.Muxammadiyeva, B.T.Bayxonov kabi olimlar ilmiy izlanishlar olib borishgan

Ammo iqtisodiyot tarmoqlariga axborot tizimlarini joriy etish usullari, intellektual neyron to'rt tizimlari asosida modellashtirish tamoyillari, iqtisodiyotda intellektual neyron to'rt tizimlaridan foydalanish samaradorliklari, ularning o'zaro aloqadorligi, raqamli iqtisodiyotning rivojlanish shart-sharoitlari kabi muhim jihatlarda chuqur ilmiy-nazariy o'rganilmagan. Iqtisodiyotni raqamlashtirish rivojida innovatsion texnologiya va g'oyalarni ilmiy ishlab chiqilishi va shuning negizida qonuniy – me'yoriy asosini takomillashtirish juda katta ahamiyatga ega. O'tmishda yaxshi natija bergan qisqa, o'rta va uzoq muddatli prognozlash va qaror qabul qilish modellari bugungi kun talablariga javob bermasligi mumkin, bu esa o'sha modellarni takomillashtirish yoki yangisini yaratishni taqozo etadi. Ushbu muammo esa mazkur tadqiqot mavzusining dolzarbligini yanada oshiradi.

### **Mavzu yuzasidan savollar**

1. Dendiridlar va aksonlar haqida ma'lumot bering .
2. "Neyron to'rlari" sohasidagi asosiy yutuqlar haqida ma'lumot bering .
3. Oddiy pratsessorlar to'plami haqida ma'lumot bering .
4. "Neyron to'rlari" termini qachon shakllangan ?
5. Neyron to'rdagi qanday ma'lumotlar mujassamlashadi ?
6. Sun'iy neyron to'ri amaliyotda qanday masalalarni yechishga mo'ljallangan ?

## 2-MAVZU: SUN'IY NEYRON MODELI VA FUNKSIYALARI.

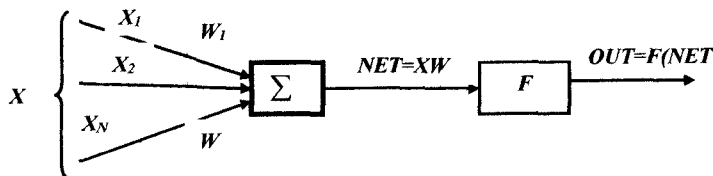
Reja :

1. Sun'iy neyron
2. Faollashtirish funksiyalari.
3. Bir qatlamli va ko'p qatlamli Sun'iy neyron to'rlari.

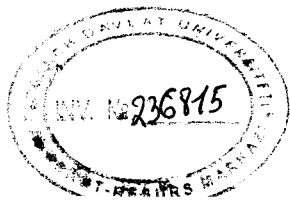
**Sun'iy neyron.** Sun'iy neyron biologik neyronning xossalarini imitatsiya qiladi. Sun'iy neyronning kirishiga bir qator signallar to'plami beriladi, ularning har biri boshqa bir neyronning chiqishi hisoblanadi. Har bir kirish signali mos ravishda vazn koeffitsiyentiga ko'paytiriladi, sinaptik kuchga o'xshash holda va barcha ko'paytmalar jamlanadi, neyronning aktivlik darajasi aniqlanadi. Quyida 2.4-rasmda aytilgan g'oyalarni amalga oshiruvchi Sun'iy neyronning modeli keltirilgan .

Kirish signallarining to'plami,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ko'rinishida belgilanib Sun'iy neyronning kirishiga beriladi. Bu kirish signallari, ularning barchasini to'plami  $X = \{x_i\} i = \overline{1, n}$  vektor ko'rinishida belgilanadi, mos ravishda signallar biologik neyronning sinapslariga beriladi. Endi har bir signal mos ravishda vazn koeffitsiyentiga  $W = \{w_i\} i = \overline{1, n}$  ko'paytiriladi, jamlovchi  $\Sigma$  blokda signallar jamlanadi. Jamlovchi blok Sun'iy neyronning biologik elementi jismiga mos keladi, u kirish signallarini algebraik qo'shadi, natijada chiqish signali hosil bo'ladi, unga NET deb nom qo'yamiz. Chiqish signallari vektor ko'rinishida quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$NET = X * W \quad (1.1)$$



2.1- Rasm. Sun'iy neyron



$NET$  signali, qoidaga binoan,  $F$  aktivlashtirish funksiyasi bilan o'zgartiriladi va  $OUT$  chiqish signalini hosil qiladi. Neyronning aktivlashtirish funksiyasi odatda porog funksiyasi ko'rinishida bo'ladi:

$$\begin{aligned} OUT &= 1, \text{ Agar } NET > T, \\ OUT &= 0, \text{ boshqa hollarda.} \end{aligned} \quad (2.2)$$

bu yerda  $T$  – porogning birorta doimiy qiymati, yoki funksiyasi, aniq qilib aytadigan bo'lsak biologik neyronning modellashtiruvchi nohiziq uzatish xarakteristikasi. Agar boshqa hollarda

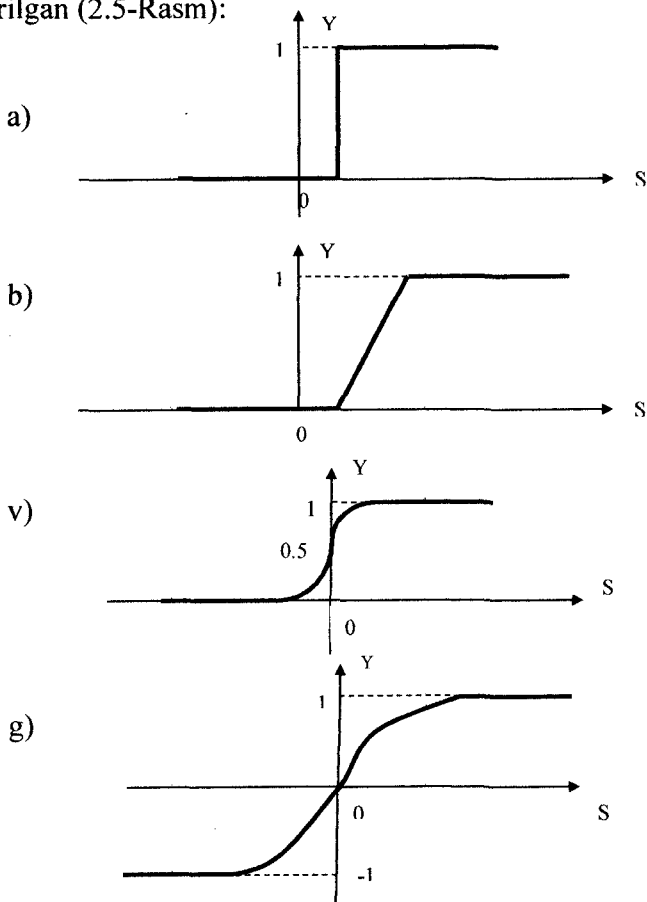
2.4-Rasmdagi belgilangan  $F$ ,  $NET$  signalini qabul qilib  $OUT$  chiqish signalini hosil qiladi. Agar  $F$  blok  $NET$  signalining miqdor diapazonini kichraytirsa, qisqartirsa, natijada  $NET$  ning har qanday qiymatida  $OUT$  chiqish signalining qiymati birorta chekli intervalga tushadi, u holda  $F$  funksiyasi “siquvchi” funksiya deb nomlanadi.

**Faollashtirish funksiyalari.** “Siquvchi” funksiya sifatida ko'pchilik hollarda logistik funksiyadan foydalanishadi. Neyronni aktivlashtirish funksiyalari quyidagi jadvalda keltirilgan .

1- Jadval

Nomi	Formulasi	Qiymatlar sohasi
sathli (birlik sakrash funksiyasi)	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ 1, & s > \Theta \end{cases}$	$\{0, 1\}$
Chiziqli	$f(s) = ks$	$\{-\infty; +\infty\}$
Logistik (sigmoid)	$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}$	$(0, 1)$
Giperbolik tangens	$f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}$	$(-1, 1)$
Chiziqli to'yintirilgan (chiziqli sath)	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ ks, & 0 \leq s < \Theta; \\ 1, & s > \Theta \end{cases}$	$(0, 1)$

Aktivatsion funksiyalarning grafiklari quyidagi rasmda keltirilgan (2.5-Rasm):



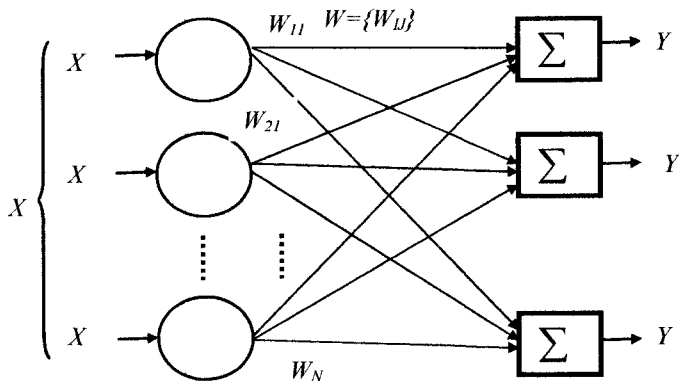
2.2-Rasm. Aktivlashtiruvchi funksiyalarga misollar:

- a) birlik sakrash funksiyasi;
- b) chiziqli sath;
- v) logistik funksiya;
- g) giperbolik tangens

Ko'rib chiqilgan modellar soddalashtirilgan biologik neyronga nisbatan tavsiflangan sistemalar perseptron deb nom oldi.

**Bir qatlamli Sun'iy neyron to'rlari.** Hatto bitta neyron ham sodda anglash protseduralarini bajarishga qobiliyati yetadi, neyron hisoblashlarining kuchi neyronlar birlashmasidagi to'rga tarqaladi. Oddiy to'r bir guruh neyronlardan tashkil topadi, ular qatlam tashkil qiladi, quyidagi rasmda ko'rsatilganday (2.6-Rasm).

Rasmdagi aylanalar kirish signallarini taqsimlash uchun xizmat qiladi. Ular qandaydir bir hisoblashlarni bajaradi va shu boisdan ham qatlam deb hisoblanmaydi. Qatlamlarni ifodalash uchun rasmda to'rt burchaklardan foydalanildi, to'rt burchaklar neyronlarni ifodalaydi. Kirish signallari to'plamining har bir elementi neyronlar bilan alohida bog'langan. Har bir neyron to'rga kirishlarning o'lgangan summasini beradi. Sun'iy va biologik neyron to'rlarida ko'p bog'lanishlar ko'rsatilmashligi mumkin, bu yerda barcha bog'lanishlar umumlashgan holda ko'rsatilgan.



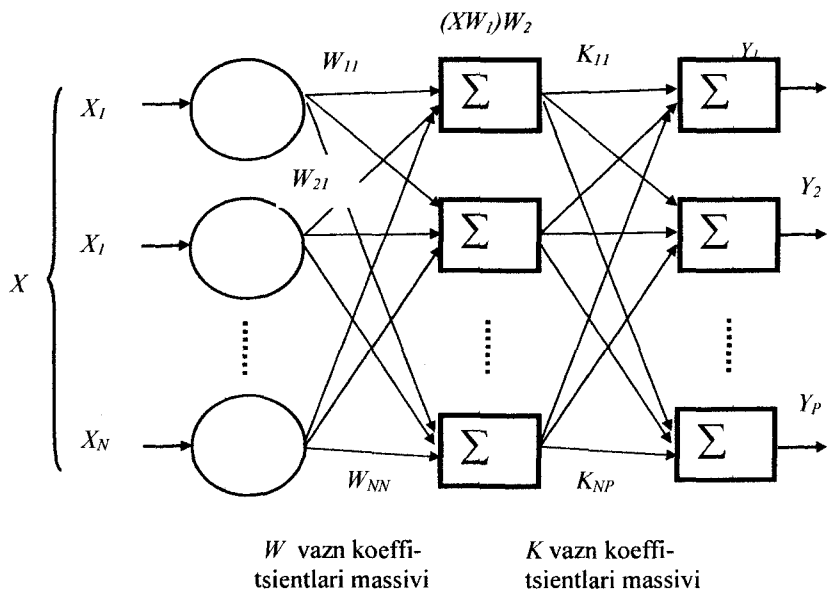
2.3-Rasm. Bir qatlamli neyron to'ri

**Ko'p qatlamli Sun'iy neyron to'rlari.** Ancha katta va murakkab neyron to'rlari, odatda, juda katta hisoblash imkoniyatlariga ega bo'ladi. Ikki qatlamli Sun'iy neyron to'ri bir varianti quyidagi rasmda keltirilgan 2.7-Rasm. Ko'p qatlamli to'r ketma-ket joylashgan neyronlar va ularning vaznlari bilan kaskad ko'rinishida hosil qilinadi. Kirish qatlami jamlash, summalash amalini bajarmaydi, balki birinchi qatlam neyronlari uchun vaznlarni tarmoqlantirish vazifasini o'taydi va to'rning hisoblash imkoniyatlariga ta'sir qilmaydi.

Ko'p qatlamli to'rlar bir qatlamli to'rlarga qaraganda hisoblash imkoniyatlarini anchagacha oshirishi mumkin, agar qatlamlar

orasidagi aktivlashtirish funksiyasi noxiziq bo'lsa. Aks holda, har qanday chiziqli ko'p qatlamli to'rv ekvivalent tarzda bir qatlamli to'rv bilan almashtirilishi mumkin.

To'rlarning faoliyat ko'rsatish prinsiplari bir qatlamli to'rlar bilan o'xshash, hamohangdir. Keyingi qatlamdagi har bir neyronda oldingi qatlamdagi neyronga mos keluvchi qiymat neyronning vazniga ko'paytiriladi va summasi hisoblanadi. Undan keyin sonli qiymatlar aktivlashtirish funksiyasi bilan o'zgartiriladi va hakoza.



2.4- Rasm. Ko'p qatlamli neyron to'ri.

Ko'p qatlamli neyron to'rlari qatlamlar kaskadi ko'rinishida tashkil qilinadi. Bitta qatlamni chiqishi keyingi qatlam uchun kirish sanaladi, yuqoridagi rasmga qaralsin.

Ko'p qatlamli to'rlar shunday bir holatlarda bir qatlamli to'rga nisbatan hisoblash quvvatini oshirmasligi mumkin, agar qatlamlar orasidagi aktivlashtirish funksiyasi chiziqli bo'lmasa. Chiqish qatlamidagi hisoblashlar quyidagicha amalga oshiriladi, kirish vektorlari birinchi qatlamning vazn ko'effitsiyentlari matritsasiga ko'paytiriladi, olingan natija ikkinchi qatlamdagi vazn ko'effitsiyentlari matritsasiga ko'paytiriladi va hakoza (agar noxiziq aktivlashtirish funksiyasi bo'lmasa). Matritsalarini ko'paytirish

assotsiativ tarzda bajariladi, demak ikki qatlamli to‘r ekvivalent bo‘ladi bir qatlamli to‘rga yangi vazn koeffitsiyentlari matritsasi bilan, va hakoza. Demak, har qanday ko‘p qatlamli neyron to‘rini ekvivalent tarzda yangi vazn koeffitsiyentli matritsali bir qatlamli to‘rga almashtirish mumkin.

### **Mavzu yuzasidan savollar**

1. Bir qatlamli va ko‘p qatlamli neyron to‘rlar haqida ma’lumot bering , ularning bir – biridan farqlari haqida ham ma’lumot bering .
2. Ko‘p qatlamli neyron to‘rlari qatlamlar qanday ko‘rinishda tashkil qilinadi ?
3. Bitta qatlamni chiqishi keyingi qatlam uchun nima sanaladi?
4. Perseptron nima ?
5. Aktivlashtiruvchi funksiyalarga misollar keltiring.

### **3-MAVZU: SUN'IY NEYRON TO'RLARINI O'QITISH.**

#### **Reja:**

- 1. Sun'iy neyron to'rini o'qitish tushunchasi.**
- 2. Neyron to'rini o'qitish algoritmlari.**

**Sun'iy neyron to'rini o'qitish tushunchasi.** Pedagogika ilmida o'qitish o'z o'rnini topgan va juda keng ishlatiladigan termindir. O'qitish deganda ta'lim olishning asosiy yo'lini, pedagoglar, masterlar (ustalar), ustozlar va boshqalar rahbarligida bilimlarni, bajara olishni va ko'nikmalarni egallash jarayoni tushuniladi. Ta'lim olish mobaynida o'quvchi ijtimoiy tajribani o'zlashtiradi, obyektiv borliqqa bo'lgan qimmatli-emotsiyali munosabatlari shakllanadi. Individual, shaxsiy imkoniyatlarining rivojlanishi, o'quvchilarning qiziqishlari differensiallangan o'qitish jarayonida amalga oshiriladi va bu tarbiya bilan chambarchas bog'langan.

Xuddi shunday "o'qitish" termini Sun'iy intellekt tizimlarini qurish amaliyoti va nazariyasida ham o'z o'rnini topgan va undan foydalanishmoqda. Pedagogika fanining tajribalarini umumlashtirish Sun'iy intellekt tizimlarini o'qitish nazariyasining ilmiy-metodologik apparatini juda ham ko'p boyitishi mumkin.

O'tgan asrning 50-yillarining o'rtalarida intellektli tizimlar keng rivojlana boshladi. Juda ko'p intellektual tizimlar yaratildi, biroq keyingi paytlarda jadal rivojlanayotgan intellektual tizimlarning sohasi neyrotarmoq tizimlar hisoblanadi. Umuman olganda neyrotarmoq tizimlari asosida jonli mavjudotlarning, xususan insonning miya faoliyatini modellashtirish g'oyasi yotadi. Shu boisdan ham ilmiy adabiyotlarda Sun'iy neyron to'rlari (SNT) termini ishlatiladi. Shuni esda tutish kerakki jonli mavjudotlarning miya tuzilishining asosini biologik neyron to'rlari hosil qiladi.

Biologik neyron to'rlarining element bazasini ximiyaviy asoslangan strukturalar, sun'iy neyron to'rlarining asosini esa mikroelektronikaga asoslangan strukturalar tashkil etadi. Sun'iy neyron to'rlari shaxsiy kompyuterlar asosida qurilishi mumkin. Sun'iy neyron to'rlarining strukturasi medik olimlar tomonidan jonli mavjudotlarning miya tuzilishini o'rganish natijasida aniqlandi.

Sun'iy neyron to'rlarining rivojlanishidagi yangi rezonans (jonlanish) 1984 yilda yaratilgan yangilik, ixtiro neyron to'rlarini



sozlash metodi – xatolikning teskari tarqalish metodi. Metod juda samarali hisoblandi va xalq xo'jaligining turli sohalarida neyron to'rlarini qo'llash bo'yicha ommaviy ilmiy izlanishlarni olib borishga asos soldi.

Barcha manbalarda, jumladan 1945 yilda oddiy to'rlarni o'rganishdan boshlab, SNT ning vazn koeffitsiyentlarini sozlash (aniqlash) jarayoni o'qitish jarayoni sifatida qaraladi. "O'qitish" termini SNT bo'yicha mutaxassislar tomonidan amaliyotga keng tadbiiq qilinmoqda, bunga hech qanday shak-shubha yo'q. Shunday qilib, biologik va sun'iy neyron to'rlarining metodologik bazasini o'qitish protsedurasini tashkil qiladi.

Neyron to'rlarini amaliy ilmiy-texnikaviy ilovalarga tadbiiq qilish xususiyatlarini o'rganish tajribasi Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish protsedurasini amalga oshirish va pedagogika ilmining asoslariga mos ravishda o'quvchilarni o'qitish protsedurasining o'xshashligini namoyon qilmoqda. O'xshashlik shundan iboratki, o'qitish protsedurasini amalga oshirish uchun shunday bir misollarni maxsus tanlash uslubini ishlab chiqish zarur, o'qitish alohida misollarni bosqichma-bosqich o'zlashtirish bilan amalga oshiriladi. Natijada o'qitish sifati na faqat misollarning soniga, balki ularning tarkibiga, mazmuniga ko'proq bog'liq, ta'lim jarayonida takrorlashlarga ko'p o'rin ajratilgan, har bir bosqichda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari, o'qitish tizimining strukturasi va davriyligi o'zgaradi.

Muhim o'xshashlik jihatlaridan bittasi shundan iboratki, ya'ni o'qitilgan Sun'iy tizim xuddi insonga (mutaxassisga) o'xshab o'qitilgandan keyin tanlangan o'qitish tipidagi masalalarga kirmagan (o'xshamagan) masalalarni muvaffaqiyatli yechishi mumkin.

Asosiy o'xshashlik quyidagilardan iborat:

1. O'qitish sifati ko'p jihatdan nafaqat tanlab olingan misollarning soniga, balki ularning sifatiga, tarkibiga, mazmuniga ko'proq bog'liq. Agar shunday tasavvur qilsak, ya'ni barcha tanlab olingan misollar birorta funksional bog'lanishlar bilan bog'langan bo'lsa, u holda juda yaxshi samara shunday bir holatda olinadiki, quchonki misollar funksional bog'lanishning turli sohalariga munsub bo'lsa. Ma'lumki, ayrim hollarda bir qancha misollar

yetarlicha hisoblanadi, neyron to'ri ko'rinishidagi intellektual tizim bog'lanishlarni aniqlab bersa. Insonni o'qitishda ham birinchi navbatda xuddi shunday masala qo'yiladi, ya'ni ta'lim oluvchi o'qiladigan misollarning asosiy bog'lanishlarini yoki yechish tartibini, algoritmini tushunishi (aniqlashi) zarur. Demak misollarni yechish metodikasini o'zlashtirish, algoritmini tushunib yetish asosiy hisoblanadi, o'quv materialini mustahkamlash esa takrorlash yoki treninglar hisobiga erishiladi.

Ko'p jihatdan pedagogning ustamonligi, misollarning asosiy bog'lanishlarini aniqlashga yoki yechimga olib boradigan asosiy yondashuvlarga yo'naltirilgan o'qitishning qanday qurilganligiga, tashkil etilganligiga, misollarni tanlash va o'zlashtirish darajasini nazorat qilishga bog'liq. Ma'lumki, ayrim hollarda yuqori natijalarga erishish uchun tajribali pedagogning bir nechta mashg'uloti yetarlicha hisoblanadi. Ko'rinib turibdiki, tajribali pedagog o'quvchiga shunday ta'lim beradiki, materialni o'rgatadi, natijada o'quvchida misollardagi asosiy bog'lanishlarni aniqlab olish ko'nikmasi hosil bo'ladi. O'quv materialini mustahkamlash esa mustaqil tarzda yoki tajribasi ancha past bo'lgan pedagog rahbarligida amalga oshirilishi mumkin.

2.O'zlashtiriladigan materialni takrorlash jabhasi. Har qanday sohada o'quv materialini o'zlashtirishning xususiyatlaridan bittasi shundan iboratki o'zlashtiriladigan materialni yoki yechiladigan misollarni takrorlash zarur. Sun'iy neyron to'rlarida ham davriy tarzda o'qitish tanlanmasidagi misollardan olib "taqdim etiladi", keyin esa vazn koeffitsiyentlarini qiymatlariga tuzatishlar kiritishni taqozo etadi. Intellektual tizimlarda har bir o'qitish bosqichi o'qitishning "davri" deb nomlanadi. O'qitishning boshlanishida o'qitish sikllarining (davri) soni bir nechta o'ntaga, ayrim hollarda esa yuz minglagan sikllarga yetishi mumkin. O'qitish metodikasining shakllanishi mobaynida o'qitish sikllari soni birdaniga keskin kamayadi, ayrim hollarda yuzlagan sikllarga erishishi mumkin. Pedagogika fanining amaliyotida bunday o'xshash misollar to'plamini topish mumkin.

3."qayta o'qitish" jabhasi. Intellektual tizimlarda shunday holatlar aniqlanganki, tizim misollar to'plamini amaliy jihatdan eslab qoladi va o'qitish to'plamiga kirmagan misollar uchun

masalalarni juda yomon yechadi. Pedagogikada ham bunday holatlar mavjud, ya'ni shunday o'quvchilar borki ularda axborotlarni eslab qolish qobiliyati juda yaxshi rivojlangan. Sun'iy intellekt tizimida esa eslab qolish qobiliyati ko'p jihatdan neyronlar soni bilan aniqlanadigan to'ring ko'rinishiga va hajmiga bog'liq.

4. Ta'lim olish bosqichida ayrim mashg'ulotlarni o'tkazib yuborish (yoki ayrim topshiriqlarni yechmaslik) aspekti. Bunda o'quvchi ayrim sababalarga binoan mashg'ulotlarning bir qismini o'tkazib yuborishi yoki topshiriqlarni to'laligicha bajarmasligi mumkin. Natijada qoldirilgan materiallarni o'zlashtirish fragmentar (mustaqil yoki har xil o'qituvchilar rahbarligida). Amaliyotda bunday fragmentlar bo'yicha o'quv materialini o'zlashtirishga bir qancha tuzatishlar natijasida ijobiy erishish mumkin.

Neyron to'rlariga nisbatan fragmentli o'qitishga erishish mumkin, qachonki misollarning biror qismi o'qitish tanlanmasiga kiritilmagan bo'lishi mumkin. Tajribalarni ularni olishni qiyinligi sababli, yozish paytidagi uzilishlar ro'y berish holatlari, tashqi ta'sirlar natijasida axborotlarning buzilish holatlari va boshqalar. Boshqacha variant ham bo'lishi mumkin, ya'ni tanlangan misollar ishonchli emas, noto'g'ri. Misollar maqsadli ravishda tashqi ta'sirlar bilan buzilgan yoki noto'g'ri talqin qilingan bo'lishi mumkin.

Biroq, bunday misollar bilan o'qitish, o'rgatish to'g'ri natijalarga olib kelishi mumkin, chunki tushirib qoldirilgan yoki buzilgan ma'lumotlar o'qitilgan neyron to'ri yordamida qayta tiklanishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan mulohazalarga asoslanib quyidagi xulosa qilishimiz mumkin. Demak, pedagogika ilmidagi, fanidagi yig'ilgan tajribalarni umumlashtirish asosida Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish protsedurasini amalga oshirishda psixologik-pedagogik aspektlarni detallashtirilgan tarzda qayta ishlash zarur.

**Neyron to'rini o'qitish algoritmlari .** Sun'iy neyron to'ri xuddi insonga o'xshab o'qitiladi, chunki neyron to'ri kirish to'plamiga mos keladigan chiqish to'plamini berishi kerak. Har bir kirish (chiqish) to'plami vektor ko'rinishida qaraladi. Neyron to'rini o'qitish ketma-ket kirish vektorlarini berish bilan bir vaqtda ma'lum bir protseduraga mos ravishda vazn koeffitsiyentlari qiymati sozlashadi. O'qitish mobaynida asta sekin to'ring vazn

koeffitsiyentlari shunday bir qiymatlar qabul qiladiki, natijada har bir kirish vektori chiqish vektorini ishlab chiqaradi.

Neyron to'ring ish sifati o'qitish mobaynida unga berilayotgan o'qitish ma'lumotlari naboriga haddan tashqari bog'liq. O'quv ma'lumotlari masala uchun tipik bo'lishi zarur, uni yechishga o'rganayotgan neyron to'ri uchun. O'qitish ko'pchilik hollarda unikal jarayon deb ataladi., chunki ko'p muammolarning talab doirasidagi yechimi faqat juda ko'p sinovlar natijasida olinishi mumkin. Sun'iy neyron to'rlari asosida masalalarni yechuvchilarga (foydalanuvchilarga) quyidagilar talab qilinadi:

To'ring mos keluvchi modelini tanlash;

To'ring topologiyasini aniqlash (ya'ni elementlar soni va ularning bog'lanishlari);

O'qitish parametrlarini ko'rsatish.

Buning uchun dastlabki ma'lumotlarni tayyorlashni bajarish zarur. Bunday dastlabki tayyorgarlik juda oddiy bo'lishi mumkin - masalan, barcha belgilarning qiymatlarini masshtablash protsedurasi yordamida (0,1) intervalga o'tkazish, balki ancha murakkab algoritmlardan foydalanish ham mumkin. Biroq bu yerda shuni ta'kidlash kerakki, neyron to'rini qurishdagi uzoq muddatli maqsad masalani yechimini olish jarayoniga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etishni minimallashtirishdan iborat, chunki neyron to'ralarining asosiy ustunligi o'zining yechimlarini ishlab chiqishning potensial mavjudligi, imkoniyati. Amaliyotda juda yaxshi yechimlar olinadi, qachonki, mutaxassis ko'rilayotgan muammoni bilimlar sohasida aniq tasavvur qila olsa va qurilgan neyron to'ring konseptual muammolarini tushunib yetgan bo'lsa.

Neyron to'rini o'qitish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar odatda ikki kategoriyaga bo'linadi: birinchi kategoriya ma'lumotlari o'qitish uchun ishlatiladi, ikkinchi kategoriya ma'lumotlari esa to'rni testlash uchun ishlatiladi. Neyron to'ring haqiqiy sifati faqat to'rni testlash vaqtida namoyon bo'ladi, to'rni o'qitishning muvaffaqiyatli tugaganligi testlash jarayonida noto'g'ri ishlash belgilarining yo'qligidadir. Testlash jarayoni shunday tashkil qilish kerakki, to'rni ishlash jarayonida olingan bilimlarni umumlashtirish qobiliyati baholanishi zarur. Bu yerda bilimlarni umumlashtirish

deganda berilgan ma'lumotlar bo'yicha masalani to'g'ri yechimini ishlab chiqish qobiliyatiga aytiladi.

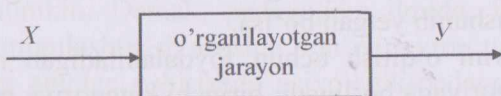
Neyron to'ri o'qitishni oddiy misolda ko'rib chiqamiz. Aytaylik neyron to'ri bitta kirish va bitta chiqish elementidan tarkib topgan. Maktab kursidan ma'lumki fizika darslarida tajribalar o'tkaziladi va dekart tekisligida uning grafigi quriladi. Masalan, quyidagi tajriba ma'lumotlari olingan: kirish signallarini qiymati  $X=\{x_{ij}\}$ ,  $Y=\{y_{ij}\}$ ,  $i=1,2,\dots,n$ . Grafikda korrelyatsiya maydonidagi nuqtalarning joylashganligiga qarab bu yerdagi kirish va chiqish orasidagi analitik bog'lanish to'g'ri chiziqqa yaqinligi ko'rinib turibdi

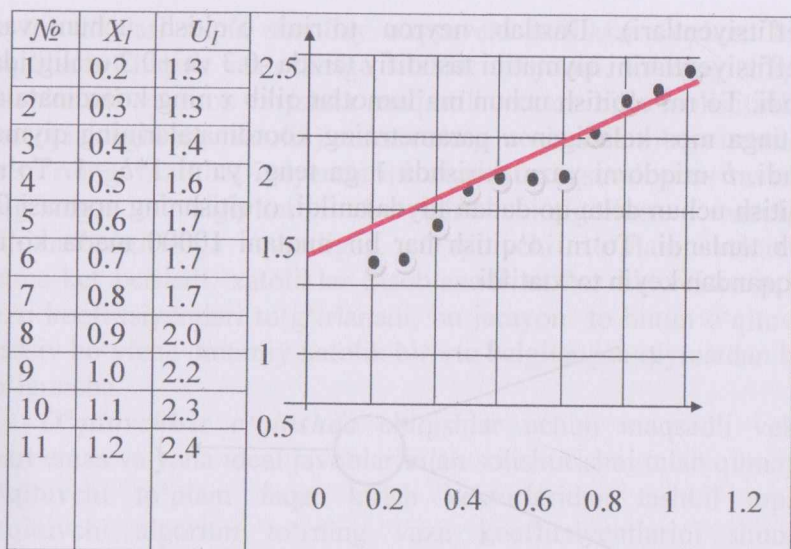
Statistik tahlildagi eng kichik kvadratlar metodini qo'llab izlanayotgan to'g'ri chiziqning parametrlarini topish mumkin. To'g'ri chiziq tenglamasi quyidagi formula bilan beriladi

$$y = ax + b,$$

bu yerda  $x$  va  $u$  o'zgaruvchilar (masalan, o'rganilayotgan jarayondagi biror parametrning qiymatlari),  $a$  to'g'ri chiziqning  $x$  o'qiga nisbatan qiyshayishini yoki gradiyentini aniqlaydi,  $b$  esa to'g'ri chiziqni  $u$  o'qini kesish nuqtasi. Eng kichik kvadratlar usuli bilan analitik funksiyaning  $a$  va  $b$  parametrlarini qiymatini aniqlashimiz mumkin.

Demak, maqsadimiz, nuqtalar orasidan shunday to'g'ri chiziqni o'tkazish kerakki, unda to'g'ri chiziq bilan nuqtalar orasidagi farqlarning kvadratlarini umumiy yig'indisi eng kichik bo'lsin.





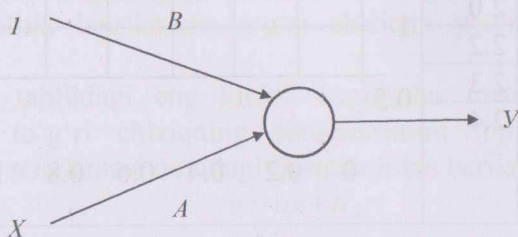
Eng kichik kvadratlar metodini qo'llab to'g'ri chiziqning parametrlarini qiymatini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n}.$$

Eng kichik kvadratlar usuli tajriba ma'lumotlariga mos keladigan to'g'ri chiziqni qurishning samarali metodlaridan biri hisoblanadi. Metod juda sodda, biroq metoddan foydalanish uchun matematikani bilish talab qilinadi. Tajriba ma'lumotlariga mos keladigan to'g'ri chiziqni topish uchun Sun'iy neyron to'ridan foydalanish mumkin. Bunday neyron to'ri uchun shunday o'quv ma'lumotlarini tayyorlab berish kerakki natijada to'r o'qib o'rganish imkoniyatiga ega bo'lsin.

Masalaning mohiyatiga mos keluvchi neyron to'ri quyidagicha tavsiflanadi (2.14-Rasm). bitta kirishli va bitta chiqishli neyron to'ri tajriba ma'lumotlarini tahlil qilish asosida o'qitilgan. Bu neyron to'rida aktivlashtirishning chiziqli funksiyasidan foydalanildi. Masalaning talabi, maqsadi, neyron to'ri to'g'ri chiziqning parametrlarini ( $a$  va  $b$ ) baholashi zarur, shu boisdan ham  $a$  va  $b$  miqdorlar to'ring parametrlari hisoblanadi ( ya'ni vazn

koefitsiyentlari). Dastlab neyron to'ri o'qitish uchun vazn koefitsiyentlarini qiymatini tasodifiy tarzda  $-0.3$  va  $+0.3$  oralig'idan olindi. To'ri o'qitish uchun ma'lumotlar qilib  $x$  ning koordinatalari va unga mos keladigan  $u$  parametrning koordinatalarining qiymati olindi.  $b$  miqdorni vazni kirishda  $1$  ga teng, ya'ni  $1*b = 1$ . To'ri o'qitish uchun delta-qoidadan foydalanildi, o'qitishning normasi  $0.1$  qilib tanlandi. To'ri o'qitish har bir nuqtani  $10000$  marta ko'rib chiqqandan keyin to'xtatildi.



3.1-Rasm. Chiziqli aktivlashtirish funksiyasiga ega neyron to'ri, bu to'r masalada keltirilgan ma'lumotlar asosida to'g'ri chiziqni topish uchun o'qitilgan.

To'g'ri chiziqning parametrlarini ( $a$  va  $b$ ) baholash uchun eng kichik kvadratlar metodi va neyron to'ri yordamida olingan ma'lumotlar quyidagi jadvalda keltirilgan.

3- Jadval

Parametr	Eng kichik kvadratlar metodi	To'r
$b$	1.0085	1.0284
$a$	1.0450	1.0360

Olingan natijalar bir-biriga juda yaqin, biroq neyron to'ri eng kichik kvadratlar metodiga nisbatan birmuncha kam xatolik bilan to'g'ri chiziqni joylashtiradi.

O'qitish algoritmini ikkita turini farqlashadi, ya'ni o'qituvchi yordamida va o'qituvchisiz.

**O'qituvchi yordamida o'qitish** shuni nazarda tutadiki, har bir kirish vektori uchun talab qilingan maqsadli chiqish vektori mavjud. Ikkalasi birgalikda o'qitadigan juftlik deb nomlanadi. Odatda

neyron to'rlari mana shunday o'qituvchi juftliklar to'plami bilan o'qitiladi. Chiqish vektorlariga talablar qo'yiladi, to'ring chiqishi hisoblanadi va mos ravishda maqsadli vektor bilan solishtiriladi, ular orasidagi farq (xatolik) teskari aloqa vositasida to'rga uzatiladi, va to'ring vazn koeffitsiyentlarini qiymati o'zgaradi mos ravishda belgilangan algoritm bo'yicha, algoritm xatolikni minimallashtirishga qaratilgan. O'qituvchi to'plam vektorlari ketma-ket beriladi, xatoliklar hisoblanadi va har bir vektor uchun vazn koeffitsiyentlari to'g'irlanadi, bu jarayon to butun o'qituvchi massiv bo'yicha umumiy xatolik birorta belgilangan qiymatdan kam bo'lguncha.

**O'qituvchisiz o'qitishda** chiqishlar uchun maqsadli vektor shart emas va yana ideal javoblar bilan solishtirishni talab qilmaydi. O'qituvchi to'plam faqat kirish vektorlaridan tashkil topadi. O'qituvchi algoritm to'ring vazn koeffitsiyentlarini shunday sozlashi kerakki, natijada moslashgan chiqish vektorlari olinsin. O'qitish jarayoni, mos ravishda, o'qituvchi to'plamning statistik xossalari ajratadi va bir-biriga mos keladigan o'xshash vektorlarni klasslarga guruhlaydi. Biror klassdan kirishga berilgan vektor ma'lum bir chiqish vektorini beradi, biroq o'qitishgacha oldindan bashorat qilib bo'lmaydi, qaysi chiqish mazkur klassdagi kirish vektorlarini ishlab chiqaradi. Demak, bunday neyron to'ri o'qituvchi to'plamning muhim xarakteristikalarini aks ettiruvchi shaklda tashkil qilinadi.

#### **Mavzu yuzasidan savollar .**

1. Sun'iy neyron to'rlari asosida masalalarni yechuvchilardan (foydalanuvchilardan) nimalar talab qilinadi ?
2. Eng kichik kvadratlar metodini qo'llab to'g'ri chiziqning parametrlarini qiymatini qaysi formula bilan aniqlaymiz ?
3. Neyron to'rini o'qitish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar nechta kategoriyaga bo'linadi ?
4. To'rni o'qitishdagi kategoriyalar qanday maqsadda ishlatiladi ?
5. Neyron to'rining haqiqiy sifati qachon namoyon bo'ladi ?



## **4-MAVZU. XATOLIKLARNI TESKARI TARQALISH USULI.**

### **Reja:**

- 1. Xatoliklarni teskari tarqalish protsedurasi.**
- 2. O'qitishning Delta-qoidasi.**
- 3. Neyron to'rida xatolikning teskari tarqalishi.**

**Xatoliklarni teskari tarqalish protsedurasi .** NT tuli strukturalari orasida ancha ko'zga tashlanadigani ko'p qatlamli strukturadir, unda har bir istalgan qatlamdagi neyron o'zidan oldingi qatlamdagi barcha neyronlarning aksonlari bilan bog'langan yoki, birinchi qatlam halatida esa NT barcha kirishlari bilan bog'langan. Bunday NT to'liq bog'langan deb nomlanadi. Agar neyron to'ri bitta qatlamdan iborat bo'lsa, NT o'qituvchi bilan o'qitish algoritmi ancha oddiy, chunki birgina qatlamdagi neyronlarning chiqishining to'g'ri holatlari oldindan ma'lum va sinaptik bog'lanishlarni sozlash NT chiqishidagi xatoliklarni minimallashtirishga yo'naltirilgan bo'ladi. Bu prinsip asosida, masalan, bir qatlamli perseptronni o'qitish algoritmi quriladi. Ko'p qatlamli NT esa barcha qatlamlardagi neyronlarning optimal chiqish qiymatlari, oxirgi qatlamdan tashqari, qoida bo'yicha, aniq emas, va ikki yoki undan ko'p qatlamli perseptronni o'qitish imkoniyati yo'q, faqat NT chiqishidagi xatolik miqdori bilan cheklanadi.

Bu muammoni yechishning birdan bir varianti – chiqish signallarini to'plamini ishlab chiqish, NT har bir qatlam uchun kirishlariga mos keladigan, bu oxir oqibatda juda murakkab va qiyin amal hisoblanadi va har doim ham amalga oshirish imkoniyati yuq. Ikkinchi variant – sinapslarning vazn koeffitsiyentlarini dinamik tarzda sozlash, bunday sozlash jarayonida, qoidaga binoan, ancha kuchsiz bo'lgan bog'lanishlar ancha kichkina miqdorga o'zgartiriladi oshirish yoki kamaytirish tomoniga, NT chiqishidagi xatoliklarni kamaytirishga olib kelgan o'zgartirishlarga eslab qolinadi. Ko'rinib turibdiki, bu “metoditika”, oddiy bo'lib ko'ringan bo'lsada juda ko'p miqdordagi murakkab hisoblashlarni talab qiladi.

Uchinchi ancha mos keladigan variant – signal xatoligini NT chiqishidan uning kirishiga qarab tarqalishi, oddiy ish rejimida xatolikni to'g'ri tarqalishiga teskari yo'nalishda. NT o'qitishning bu

algoritmi **teskari tarqalish protsedurasi** deb nomlanadi. Teskari tarqalish algoritmini yaratilishi sun'iy neyron to'rlariga bo'lgan qiziqishni paydo bo'lishida juda muhim rol o'ynadi. Teskari tarqalish – bu ko'p qatlamli SNT o'qitish uchun sistematik metod hisoblanadi. Bu metod juda yaxshi matematik asosga ega. Ancha muncha cheklanishlarga qaramasdan teskari tarqalish protsedurasi NT sohasi muammosini juda kengaytirdi va bu metodikaning juda boy imkoniyatlarini namoyish qildi.

**O'qitishning Delta-qoidasi.** 1957 yilda Rozenblatt tomonidan model yaratildi, u dastlabki shaklining cheklanishlariga qaramasdan juda ko'p zamonaviy, o'qituvchi bilan o'qitishning murakkab algoritmlarini ishlab chiqish uchun asos bo'ldi .

O'qitadigan tanlanma kirish vektorlari to'plamidan tashkil topadi, unda har bir vektor uchun o'zining talab qilingan maqsad vektori ko'rsatiladi. Kirish vektorlarining komponentalari qiymatlarning cheksiz diapazonida tavsiflangan maqsad vektorining komponentalari ikkilik miqdor ko'rinishida (nol yoki bir). O'qitilgandan keyin neyron to'ri kirishida uzliksiz kirish tanlovlarini oladi va binar komponentali vektor ko'rinishidagi talab qilingan chiqishlarni ishlab chiqaradi.

**O'qitish quyidagicha algoritm bo'yicha olib boriladi:**

Kichik qiymatlarda barcha vaznlar randomizatsiya qilinadi.

To'ring kirishiga o'qituvchi kirish vektori  $X$  beriladi va har bir neyron uchun  $NET$  signali hisoblanadi, standart ifodadan foydalangan holda:

$$NET_j = \sum x_i w_{ij} \quad (1.3)$$

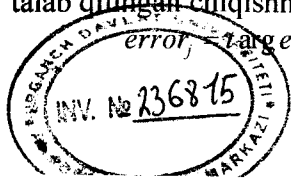
Har bir neyrondan quyidagicha tartibda  $NET$  signali uchun sath aktivlashtirish funksiyasining qiymati hisoblanadi:

$$\begin{aligned} OUT_j &= 1, \text{ agar } NET_j \geq \Theta_j \text{ satxdan kattabolsa,} \\ OUT_j &= 0, \text{ aks holda.} \end{aligned} \quad (1.4)$$

Bu yerda  $\Theta_j$  j-chi neyronga mos keladigan sathni ifodalaydi (odatda barcha neyronlar bir xil sathga ega bo'lishadi).

Har bir neyron uchun xatolik hisoblanadi, olingan chiqishda talab qilingan chiqishni ayirish bilan:

$$error_j = targ et_j - OUT_j, \quad (1.5)$$



bu yerda  $target_j$  - j-qadamda talab qilingan chiqish,  $OUT_j$  - j-qadamda olingan chiqish.

Har bir vazn quyidagi ko‘rinishda modifikatsiyalanadi:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + ax_i error_j \quad (1.6)$$

bu yerda  $w_{ij}(t+1)$  - (t+1) – chi qadamdagi vazn,  $w_{ij}(t)$  - t – chi qadamdagi vazn,  $a$  – o‘qitish tezligi koeffitsiyenti,  $x_j$  - assotsiativ massiv elementiga mos keladigan qiymat.

Ikkinchidan beshinchigacha bo‘lgan qadamlar qaytariladi, toki xatolik yetarlicha darajada kichik bo‘lguncha.

Bunday o‘qitish metodi F.Rozenblatt tomonidan “xatolik signalini teskari uzatish bilan korreksiyalash metodi” deb nomladi. Keyinchalik bu metodni “Delta-qoida”, “ $\delta$ -qoida” deb nomlashdi. F.Rozenblatt tomonidan taklif qilingan algoritm o‘qituvchi bilan o‘qitish algoritmlarining juda keng sinfiga mansub, chunki oldindan ma’lum kirish vektorlari ham, xuddi shunday chiqish vektorlari ham (o‘qituvchi bor, o‘quvchining javobini to‘g‘riligini baholay oladigan).

Rozenblatt tomonidan isbotlangan  $\delta$ -qoidasi bo‘yicha o‘qitishning sxodimosti teoremasi shundan dalolat beradiki, ya’ni perseptron hohlagan o‘qitish tanlanmasini o‘qib o‘rganish qobiliyatiga ega.

**Neyron to‘rida xatolikning teskari tarqalishi.** Keyingi paytlarda ko‘p qatlamli to‘rlar uchun o‘qitishning bir qator algoritmlari yaratildi. Bular ichida ancha samarali deb hisoblanadi xatolikni teskari tarqalish algoritmi.

To‘rni o‘qitish maqsadi neyronlarning vaznlarini shunday sozlash kerakki, beriladigan kirish to‘plamlari talab qilingan chiqish to‘plamlarini hosil qilsin. Bu kirish va chiqish to‘plamlari vektorlar deb ataladi. O‘qitish paytida shuni nazarda tutish kerakki, har bir kirish vektori uchun mos keladigan talab qilingan chiqishni beradigan maqsadli vektor mavjud bo‘lishi zarur. Bular ikkalasi birgalikda o‘qitish juftligi deb ataladi. Qoidaga ko‘ra neyron to‘ri juda ko‘p bunday juftliklarda o‘qitiladi. O‘qituvchi juftliklarning guruhini o‘qituvchi to‘plam deb atashadi.

Xatolikni teskari taqsimlanish to‘rini o‘qitish quyidagi amallarni bajarishni talab qiladi:

O'qituvchi to'plamdan navbatdagi o'qitish juftligini tanlaymiz, to'ring kirishiga kirish vektorini beramiz;

To'ring chiqishi hisoblanadi;

To'ring chiqishi bilan talab qilingan chiqish orasidagi farq hisoblanadi;

To'ring vazn koeffitsiyentlarini shunday sozlash kerakki, unda xatolik minimumga intilsin;

Har bir o'qituvchi to'plam uchun 1 dan 4 gacha bo'lgan bosqichlar qaytarilsin, toki barcha to'plamlar uchun xatolik belgilangan darajadan kam bo'lguncha.

Teskari taqsimlanish to'rida o'qitishning ikkita yo'lini farqlashadi: to'g'ri va teskari.

To'g'ri o'tish. 1 va 2 bosqichlar vektor shaklida quyidagicha ifodalanishi mumkin: kirish vektori  $X$  beriladi va chiqishda  $U$  vektorni olamiz. Vektor juftligi kirish-maqсад  $X$  va  $T$  o'qituvchi to'plamdan oldinadi. Hisoblash  $X$  vektor ustida bajariladi,  $U$  chiqish vektorini olish uchun.

Ko'p qatlamli to'rlarda hisoblashlar kirish qatlamiga yaqin bo'lgandan boshlab ketma-ket bajariladi. Har qanday neyronning NET qiymati har bir qatlamda neyronlar kirishidagi o'lgangan summa ko'rinishida hisoblanadi. Undan keyin aktivlashtirish funksiyasi  $F$  NET ning qiymatini "siqadi" va shu qatlamdagi har bir neyron uchun OUT miqdorini beradi. Qatlamning chiqish to'plamlari uchun hammasi olingandan keyin bu chiqishlar keyingi qatlam uchun kirish vektorlari bo'ladi. Bu jarayon qatlamlar ketma-ketligida bajariladi, toki to'ring chiqishida yakuniy to'plamni olguncha.

Bu jarayon vektor amallaridan foydalangan holda qisqacha shaklda ifodalanishi mumkin. Neyronlar orasidagi vaznlarni  $W$  matritsa deb qarash mumkin. U holda  $N$ -chi qatlamning NET-vektori ko'paytuvchilar yig'indisi ko'rinishida ifodalanishi mumkin  $X^* W$ . Vektor ko'rinishida  $N=XW$ .  $F$  funksiyasini  $N$  NET-vektorga komponentalari bo'yicha qo'llab chiqish vektori  $O$  ni olamiz. Shunday qilib har bir qatlam uchun hisoblash jarayoni quyidagi ifoda bilan bajariladi:

$$O=F(XW) \quad (2.7)$$

Bitta qatlamning chiqish vektori keyingi qatlamga kirish vektori bo'lib hisoblanadi, shu boisdan ham oxirgi qatlamning chiqishlarini hisoblash uchun (2.7) formulani ketma-ket qo'llaymiz, har bir qatlamga to'ring kirishidan to chiqishigacha.

Teskari o'tish. Chiqish qatlamidagi har bir neyronga maqsadli qiymatlarni beramiz, u holda vaznlarni sozlash modifikatsiyalangan delta-qoidadan foydalanib oson amalga oshiramiz.

Bitta vazn uchun o'qitish jarayonini ko'rib chiqamiz, j qatlamdagi r neyrondan chiqish qatlami k dagi q neyrongacha. K-chi qatlamdagi neyronning chiqishidan maqsadli qiymatni (Target) ayirib, xatolik signalini hosil qilamiz. U siqish funksiyasining hosilasiga ko'paytiriladi [OUT(1-OUT)], k-chi qatlam neyroni uchun hisoblangan. Shunday qilib miqdor  $\delta$  quyidagiga teng bo'ladi

$$\delta = \text{OUT}(1-\text{OUT})(\text{Target} - \text{OUT}) \quad (2.8)$$

Undan keyin  $\delta$ , j-chi neyronning OUT qiymatiga ko'paytiriladi, bunda qaralayotgan vazn kelib chiqadi. Bu ko'paytma o'z navbatida o'qitish tezligi koeffitsiyentiga  $\eta$  (odatda 0.1 dan 1 gacha) ko'paytiriladi va natija vaznga qo'shiladi. Bunday protseduralar kirish qatlamidagi neyronning vaznidan to chiqish qatlamidagi neyrongacha bajariladi.

Quyidagi tenglamalar aytilgan protseduralarni amalga oshirishni namoyish etadi:

$$\Delta w_{pq,k} = \eta \delta_{q,k} \text{OUT}_{pj} , \quad (2.9)$$

$$\Delta w_{pq,k}(n+1) = \Delta w_{pq,k}(n) + \Delta w_{pq,k} , \quad (2.10)$$

Bu yerda  $\Delta w_{pq,k}(n)$  - j-chi qatlamdagi p-chi neyrondan chiqish qatlamidagi q-chi neyrongacha n-chi qadamda (korreksiyagacha); indeks k qatlamni bildiradi, ya'ni mazkur vazn tugaydigan qatlamni;  $\Delta w_{pq,k}(n+1)$  - p+1 qadamdagi (korreksiyadan keyingi) vazn;  $\delta_{q,k}$  - k-chi chiqish qatlamidagi q-chi neyron uchun  $\delta$  ni qiymati;  $\text{OUT}_{pj}$  - j-chi qatlamdagi p-chi neyron uchun OUT ni qiymati.

**Eslab qolish mexanizmi.** Tabiatda amalga oshirilgan eslab qolishning bosh mexanizmini quyidagicha tasavvur etish mumkin. Ta'sirlantiruvchi impuls, sinaps orqali o'tishda, uning qarshiligini kumaytiradi va uni "qizdiradi, isitadi", sinapsning vaznini oshiradi.

Keyingi taktlarda, etalonni kirish qatlamiga galdagi berishda ta'sirlantiruvchi impuls, juda katta aniqlik bilan mos ravishda obrazni ko'rsatib, ta'sirlantirish yo'lini ishonchli ravishda o'tadi, (aytadilarki: "Bog'lanish amalga oshdi"), foydalanilgan sinapslar esa, "isiyotib", vaznini saqlaydi, hamda vaznini oshirishi ham mumkin.

Bu yerda Xebbaning ma'lum qoidasi ish beradi: ikkita ta'sirlangan neyronlarni bog'lanishlari sinaptik vazni ortadi.

Shunday usul bilan ayniqsa chiqish qatlamidagi ta'sirlarni maksimallashtirishni lokalizatsiya qilish effektiga erishiladi balki qo'shni neyronlarning o'zaro ta'sirlarini yo'q qilish zarurati bo'lishi mumkin.

Ko'rinib turibdiki, sinapslar vaqt o'tishi bilan "sovush" xususiyatiga ega, agar undan foydalanish tasdiqlanmasa. Bunday tasavvur etish bizning xotiramiz xossasiga adekvatdir: ya'ni keraksiz, isbotlanmagan va davriy tarzda ishlatilmaydigan axborotlar o'chirib tashlanadi ("Bog'lanish uziladi"). Xotiradan o'chirish shu darajada bajariladiki uni yangidan o'rganish kerak bo'ladi.

Tasavvur etishning muhim rolini qayd qilamiz: etalonlar kirish qatlamida ancha uzoq vaqtgacha ushlab turiladi, qaytadan tiklanadi yoki modellashtiriladi. Demak, bu yerda epifiz katta ahamiyat kasb etadi, "uchinchi ko'z" - tasavvur etish va mediatsiya organi, xotira va oldindan ko'ra bilish generatori.

Neyron to'rlarini o'qitishning sun'iy mexanizmlarini yaratishda quyidagicha savollar kelib chiqadi:

- Etalonni esda saqlash uchun, ta'sirlanishning statik yo'lini hosil qiluvchi barcha neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?

- Ta'sirlanishning statik yo'li zanjirdagi faqat ayrim (tayanch) neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?

- Ta'sirlanishning dinamik yo'lini hosil qiluvchi faqat ayrim neyronlarning vaznini oshirish kerakmi, chunki yuqorida aytildiki, o'zini o'zi ta'sirlantirishgina bog'lanish vaznini orttiradi?

- Agar bunday neyronlar ko'p bo'lsa, qo'shimcha neyronlarni ta'sirlantirish nimaga kerak?

Bundan ko'rinib turibdiki, uchinchi aspekt juda katta darajada o'z o'zini o'qitishga, o'z o'zini sozlashga mos keladi. Bunday

darajada bizning miya faolimizga aralashish taqiqlanadi. Biroq, sun'iy intellekt sistemasi ancha yaxshi holatda. Chunki u bizning, mutaxassisning nazoratida bo'ladi, "o'qituvchi bilan" o'qitishni amalga oshiradi, tabiiy intellektning kamchiliklariga majburiy tuzatishlar kiritish imkoniyati, hohlagan paytda unga kirishga ruxsat mavjud. Shu boisdan ham, ko'rilgan misolimizda etalondan obrazgacha bo'lgan ta'sirlanishning ajratilgan statik yo'lini tashkil etuvchi neyronlarning sinapsik bog'lanish vaznlarini orttiramiz. Bunday metodni tayanch yo'llar metodi deb ataymiz, chunki u juda ko'p tajribalar o'tkazish jarayonida kelib chiqqan. Xususan, juda ko'p neyronlarning sinapsik vaznlarini orttirish neudachalarga olib keldi, ular asosan har xil etalonlar uchun ta'sirlantirishning dinamik zanjirini korrelyatsiya qilish va neyron to'rining juda tez to'yinishi (bir qator o'qitish algoritmlarining kamchiligi) bilan bog'liq. O'qitish jarayonida juda ko'p etalonlarga ertami yoki kechmi tarmoqning barcha vaznlari o'zining yuqori darajasiga chiqib oladi va natijada birorta narsani ham farqlay olmay qoladi. Chalkashliklar kelib chiqqa boshlaydi xuddi mana bu ifodadagiday "Um za razum zaxodit".

Shunday qilib biz sxemotexnikadan neyrotexnologiyaga, aniq, aniqlangandan, taqribiy, noaniqliklarga ega texnologiyaga o'tishga erishdik. Haqiqatan ham, "nima mumkin bo'lsa hammasini bajar", "xatolik va sinash" prinsiplariga asoslangan metodlar evolyusiyasi ish bermadi, qobiqqa o'ralgan aniq elektron sxemalarni ishlab chiqarishga olib kela olmadi. Ma'lumki tabiatda aniq, absolyut ishonchli axborotning o'zi yo'q. Biroq umummantiqiy prinsiplar va bog'lanishlar u yoki boshqa texnologiyalar tomonidan qamrab olinishi zarur.

**Neyron to'rlarini samarali o'qitish metodologiyasini muammosi neyrotarmoq texnologiyasini rivojida asosiy to'siq sifatida .** Biz bilamizki insonning imkoniyatlari, bilim salohiyati oddiy pashshaning suniy intellektini yaratish darajasigacha yetib bormadi, biroq shirin yolg'ondan achchiq haqiqat yaxshidur deyishadi ulomalar. Agar haqiqatan ham bu masalani yechishga harakat qilsak ma'lumki, inson miyasiga qaraganda kremniy sifat miyalarning texnologik jihatdan ortda qolishi – bu juda katta muammo emas. Bu yo'nalishdagi asosiy muammo samarali

neyropedagogikaning yo'qligidir. Biz hozirda insonni o'qitishning mukammallashgan sistemasiga egamiz, chunonchi, boqcha bolalarini o'qitish sistemasi, oilada tarbiyalash sistemasi, maktabgacha tarbiya sistemasi, umumiy o'rta ta'lim sistemasi, oliy va maxsus ta'lim sistemasi, aspirantura, doktorantura, malaka oshirish kurslari va hakozi. Neyron to'rlarini samarali o'qitishga o'rgatish uchun ko'rinib turibdiki, xuddi insonni o'qitish sistemasiga o'xshagan qandaydir bir suniy intellektli sistemani yaratish zarur.

Insonlarni tarbiyalash va o'qitish uchun jamiyatning juda katta miqdordagi mablag'i sarflanadi, demak zamonaviy neyron to'rlarining asosini tashkil etuvchi neyrochiplarni tarbiyalash va o'qitish uchun ham shunga o'xshash mablag'lar sarflanishi zarur. Buning uchun neyron to'rini va insonni o'qitishning haqiqiy tezligini hisoblashga urinib ko'ramiz.

Ma'lumki insonni samarali o'qish qobiliyati 30 yoshgacha, ya'ni taxminan  $3 \cdot 10^8$  s. inson hayoti davomida uchdan bir qismini uyquda o'tkazadi, ya'ni o'qish uchun ko'pi bilan  $10^8$  s. vaqt ketadi, bu vaqt ichida miyada  $10^{14}$  bog'lanishlar qayta quriladi, unda o'qitish tezligi sekundiga  $10^6$  bog'lanishni tashkil qiladi, bu juda katta imkoniyat.

Matlab + neural network toolbox paketida 3 qatlamli neyron to'rini 1000 bog'lanishlar bilan 100 ta misolda, pentium 4 (3 ggs) kompyuterida, xatolikni teskari tarqalish metodi bilan o'qitish tezligi sekundiga 0,1 bog'lanishdan oshmaydi. Oddiy yomg'ir chugalchangi neyron to'rini o'qitish uchun ikki yarim soat mashina vaqti ketadi. Bunday tezlikda ulitka neyron to'rini o'qitish uchun 250 soat yoki 10,5 sutka kompyuterning uzliksiz ishlash vaqti talab qilinadi. Bunday tezlik bilan yaqin 10 yillarda, masalan, sun'iy pashshaning miyasini programmalashtirishga (o'qitishga) umid bog'lamoq haqiqatdan uzoq. Hozirgi paytda katta neyron to'rlarini o'qitish har doim ham muvaffaqiyatli chiqayotgani yo'q.

Shunday qilib, neyron to'rlari texnologiyasi rivojlanishiga uning element bazasi to'sqinlik qilayotgani yo'q, u alaqachon mavjud va grafik tezlatgichlarni qurish uchun qo'llanilmoqda. Neyron to'rlari texnologiyasining rivojlanishiga bo'layotgan haqiqiy to'siq, tormoz sun'iy neyron to'rlarini o'qitishning zamonaviy

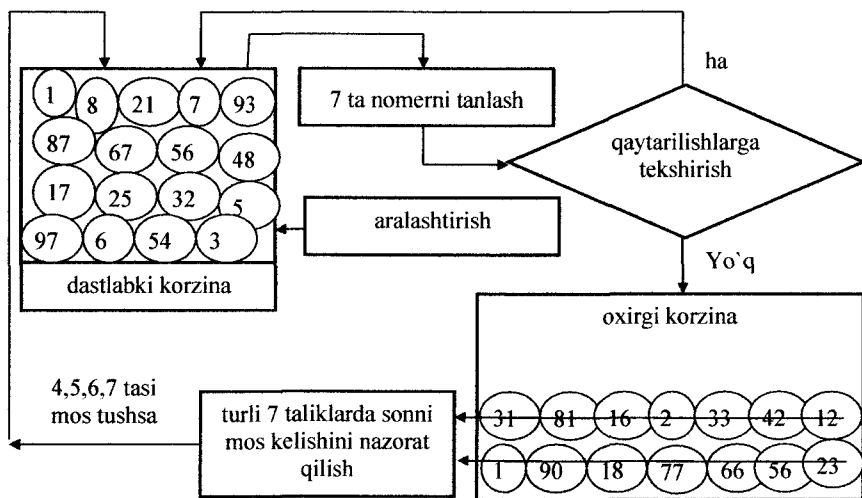


metodologiyasidir. Bu metodologiya bilan juda kichik neyron to'rlarini o'qitish mumkin. Katta neyron to'rlari uchun bu metodologiya katastrofik tarzda yomonlashadi. Neyron to'riining o'lchami bilan va uni o'qitish vaqti orasidagi bog'lanish eksponensial ko'rinishda.

Kirish ma'lumotlarini saralash va ularni guruhlariga birlashtirish. Neyron to'riining birinchi qatlamidagi neyronlarning kirish bog'lanishlarini tanlash imkoniyati mavjud, ana shu tanlashning mezonini ko'rib chiqamiz. Birdan bir muhim kriteriyalardan bittasi, taxminan bir xil intensivlik bilan barcha kirish ma'lumotlaridan babbaravar (bir tekisda) foydalanishdir. Bu kriteriyani bog'lanishlarni rasmiylashtirish misolida tushuntiramiz. Neyron to'ri tarkibida 7 ta kirishli 100 ta summator mavjud, u 100 ta kirish ma'lumotini qayta ishlaydi. Bu neyron to'riining 100 ta summatori 700 ta bog'lanishlarni hosil qiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, neyron to'riining har bir kirishi o'rtacha 7 ta turlicha kirish summatori javoblarini rasmiylashtirishda qatnashishi zarur .

Tasavvur qilamiz neyron to'ri uchun oldindan kirish korzinasini tashkil qilingan, korzinkadan tasodifiy usullar bilan kirish ma'lumotlarini olamiz va neyron to'riini kirishini summatorlarning kirish nomerlari bilan bog'laymiz. Oldindan tayyorlangan korzinada neyron to'riining kirishlari rasmiylashtiriladi , u 1 nomeri bilan 7 ta kirish, 2 nomeri bilan 7 ta kirish, 3 nomeri bilan 7 ta kirish, ... , 100 nomeri bilan 7 ta kirish. Korzinani bunday rasmiylashtirish shuni kafolatlaydiki, korzina bo'shab qolgandan keyin neyron to'riining har bir kirishi 7 marta 100 ta summatoridan tanlab olingan 7 ta summator bilan to'liq bog'lanadi.

Korzinadagi kirish nomerlari aralashtiriladi, keyin undan tasodifan yuqorida joylashgan nomerlardan 7 tasi chiqarib olinadi. Chiqarib olingan 7 ta nomerlarda qaytarilishlar borligi tekshiriladi. Agar qaytarilishlar aniqlansa, u holda bu rasmiylashtirilgan yettitalik nomerlar yaroqsiz deb hisoblanadi va dastlabki korzinaga qaytariladi. Qaytarilishlar bo'lmasa rasmiylashtirilgan 7 ta tasodifiy nomerlar oxirgi bog'lanishlar korzinasiga joylashtiriladi. Bu algoritim quyidagi 2.15- rasmda tasvirlangan.



**2.15-Rasm.** Bir qatlamdagi summatorlarning kirish bog‘lanishlarini tasodifiy rasmiylashtirish algoritmi.

Takidlash joizki, oxirgi korzinada tasodifan 7 tasi ham to‘liq mos keladigan yettilik yoki 4,5,6 ta bog‘lanishlar nomeri qaytariladigan bo‘lib qolishi mumkin. Ikkita summatorida kirish nomerlarining to‘liq mos tushishi mumkin emas, xuddi shunday 7 talikdan 6 tasi, 5 tasi va 4 tasi ham . kirish nomerlarining bunday mos tushishi summatorning chiqish ma’lumotlaridagi korrelyatsion bog‘lanishlarni kuchaytiradi.

Bir qatlamdagi summatorlarning kirish bog‘lanishlarini ko‘p martalab qaytarilishlarini bartaraf qilish uchun nazorat o‘rnatiladi. Ikkita kuchli kirish bog‘lanishlari aniqlansa bu summatorlardan bittasi yaroqsizga chiqariladi, kirish bog‘lanishlari nomeri esa dastlabki korzinaga qaytariladi va korzinadagi nomerlar aralashtiriladi. Bunday kirish bog‘lanishlari nomerlari tasodifiy tarzda chiqarib olib rasmiylashtirish jarayoni dastlabki korzinada neyron to‘riga kirish bog‘lanishlari nomerlari tugaguncha davom etadi.

**Sun‘iy neyronlarni o‘qitishning “sifati” tushunchasi.** Sun‘iy neyronlarni sozlashni statistik talqin qilish uning muhim ijobiy xossalardan bittasidir, bu model o‘rtacha kvadratik xatolikni

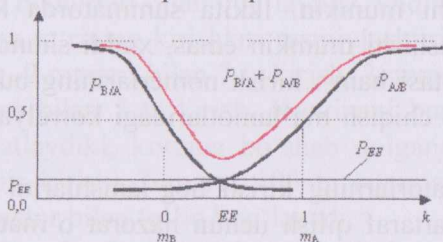
minimallashtirishni juda qiyin talqinidan ancha sodda bo'lgan tushuncha to'plamni neyron to'ri yordamida ajratishga, o'tishga imkoniyat yaratadi. Ikkita normal qonuniyatga ega to'plamni ajratish shundoq ham tushunarli. Bundan tashqari neyron to'ri qabul qiladigan yechimlarning sifati yaxshilanadi, agar ajratadigan taqsimot qonunlarining dispersiyasi kamaysa bu ikkita tendensiya neyronlarni o'qitish sifatini ko'rsatkichida hisobga olinadi va quyidagicha hisoblanadi:

$$q = \frac{|m_A - m_B|}{\sigma_A + \sigma_B} \quad (2.11)$$

Sifat ko'rsatkichi (2.11) sun'iy neyronning ehtimollik xatoligi bilan kuchli bog'langan. «a» klassni «v» ga nisbatan yechim qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi kamayganda ( $p_{a/b} \rightarrow 0$ ) va «v» klassni «a» ga nisbatan yechim qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi kamayganda ( $p_{v/a} \rightarrow 0$ ) sifat ko'rsatkichi q monoton ortadi.

Agar ulanish nuqtasini – k holati bir tekisda o'zgartirilsa, u holda  $p_{a/b}$  va  $p_{v/a}$  ehtimollik xatoliklari quyidagi 2.16-rasmda ko'rsatilgan ikkita monoton funksiyani ifodalaydi. Bu ikkita funksiyaning kesilish nuqtasi teng ehtimollik xatoligini beradi.

$$P_{EE} = p_{a/b} = p_{v/a}. \quad (2.12)$$



2.16-rasm. Birinchi va ikkinchi roddagi perseptronning xatoliklarining monoton egri chiziqlari

Muqarrarki, birinchi va ikkinchi roddagi xatoliklar ehtimolligi o'qitiladigan neyronning ish sifatini tavsiflash turlaridan bittasidir. Biz oldin sifat ko'rsatkichi sifatida neyronning o'ratacha kvadratik xatoligi qiymatini olgan edik, endi biz sistemani, neyronni o'qitishni, shunday sozlashimiz kerakki sistemaning xatoliklarini ehtimolliklarini summasi minimum bo'lsin.

$$p_{ee} = \min(p_a/b + p_b/a)/2. \quad (2.13)$$

Agar ajratiladigan to'plamlarning taqsimot qonunlarining qiymatlarini normalligi to'g'risidagi gipoteza yaxshi ishlasa, u holda sozlangan neyronning  $-q$  ish sifati va ehtimollik qiymati bir xil xatolik ehtimolligi  $p_{ee}$  quyidagi tenglama bilan bog'langan bo'ladi:

$$p_{ee} = 0,5 - f_0(q) \quad \text{yoki} \quad p_{ee} = 0,5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi \int_0^q e^{u^2} \left[ \frac{-u}{2} \right]}} \cdot d\xi \quad (2.14)$$

bu yerda  $f_0(q)$  – Laplas funksiyasi.

Neyronni o'qitishning sifat ko'rsatkichi  $q$  sistemaning xatoliklari ehtimolligi bilan eksponensial bog'langan. Dastlabki nol sifatda xatolik ehtimolligi to'liq noaniqlikga juda yaqin  $p_{ee} = 0,5$ . Sifat ko'rsatkichining oshib borishi mobaynida sistemaning xatoligining ehtimolligi pasayadi. Natijada birorta shkala (interval) hosil bo'ladi: «yomon», «qoniqarsiz», «qoniqarli», «yaxshi», «a'lo», xuddi makbatdagi o'quvchilarni bilimni baholaganday. Buni ballarda ifodalasak, quyidagi baholarni olamiz «0», «1», «2», «3», «4», «5», bular mos ravishda ehtimollik xarakteristikallari bilan eksponensial bog'langan (4-jadval).

Erishishi mumkin bo'lgan sifat ko'rsatkichini maksimalashtirish yo'li bilan yagona neyronni o'qitish. Ko'rinib turibdiki, neyronning chiqishidagi xatolikni minimallashtirish protsedurasi bilan bir qatorda biz tashkil qilishimiz mumkin, uni qabul qiladigan yechimini sifatini maksimalashtirish protsedurasi bilan o'qitishni. Bunday tipdagi o'qitish protseduradan foydalanganda sifat ko'rsatkichi har bir keyingi qadamda taqriban ortishi zarur

$$q(t) \geq q(t-1). \quad (2.15)$$

## Ikkita sifat ko'rsatkichi orasidagi bog'lanishlar q va reye

«yomon»										
Ehtimollik reye	0,5	0,46	0,42	0,38	0,34	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18
Sifat q	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
«qoniqarsiz»										
Ehtimollik reye	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
Sifat q	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
«qoniqarli»										
Ehtimollik reye	0,023	0,018	0,014	0,011	8,19*	6,21*	4,66*	3,46*	2,55*	1,86*
Sifat q	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
«yaxshi»										
ehtimollik reye	1,35*	9,67*	6,87*	4,83*	3,36*	2,32*	1,59*	1,07*	7,23*	4,81*
Sifat q	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
«a'lo»										
Ehtimollik reye	3,16*	2,06*	1,35*	8,54*	5,41*	3,39*	2,11*	1,30*	7,93*	4,79*
Sifat q	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9

Xuddi shunday, xatolikni minimallashtirishdagidek, har bir sozlanadigan sinaptik vazni  $\frac{\partial q}{\partial c_j}$  oxirgi o'qitish sifatiga ta'sirini

baholashga to'g'ri keladi. Mos ravishda, oldingini hisobga olib keyingi iteratsion vazni hisoblash shakli «plyus» belgiga ega bo'ladi, hosilaga ega bo'lgan komponenta oldida:

$$sj(t) = cj(t - 1)(1 + \mu \frac{\partial q}{\partial c_j}), \quad (2.16)$$

bu yerda  $\mu$  – o‘qitish tezligini aniqlaydigan, 0,1 dan 3,0 gacha bo‘lgan oraliqdagi doimiy koeffitsiyent.

Ta’kidlash joizki, (2.11) formula bilan yechim qabul qilishni kutiladigan sifatini hisoblashda har bir iteratsiyada matematik kutilishni va ajratiladigan to‘plamning dispersiyasini qiymatini yangidan hisoblashga to‘g‘ri keladi

$$m_A = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^n c_j x_{ijA}, \quad (2.17)$$

$$m_B = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^n c_j x_{ijB}, \quad (2.18)$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \left( m_A - \sum_{j=1}^n c_j x_{ijA} \right)^2}, \quad (2.19)$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \left( m_B - \sum_{j=1}^n c_j x_{ijB} \right)^2}. \quad (2.20)$$

Ko‘rinib turibdiki, xatolikni minimallashtirish metodi va sifatni maksimallashtirish metodi bir xil hisoblash resurslarini talab qiladi, biroq, mulohazalarga qaraganda, sifatni maksimallashtirish bo‘yicha hisoblashlar sarfi qulay va ma’qul hisoblanadi. Buning sababi shundaki, masalaning o‘lchami bittaga kamayadi. O‘rtacha kvadratik xatolikni qiymatini minimallashtirishda bitta parametрни ko‘p tanlashga to‘g‘ri keladi ( $s_0$  ning qiymatini to‘g‘ri tanlashga). Qabul qilinadigan yechimning sifatini optimallashtirishda, bu parametрни oraliq iteratsiyalarda hisobga olmasa ham bo‘ladi.

O‘qitish protsedurasining yakunida ulanish nuqtasi  $k$  iteratsiyasiz tanlanadi. Uning ajratiladigan to‘plamlar markazi orasidagi holatini aniqlash uchun quyidagi bitta noma’lumli chiziqli tenglamani yechish kifoya:

$$\frac{|m_A - k|}{|k - m_B|} = \frac{\sigma_A}{\sigma_B}. \quad (2.21)$$

Tushunarliki, bu masalani o‘lchamini pasaytirish protsedurasida vaqt sarfini absolyut qiymatini kamayishi bo‘yicha

yutiq shunchalik yuqori bo‘ladi, yechiladigan masalaning o‘lchami qanchalik katta bo‘lsa.

Bu algoritmnining yana bir muhim ustunliklaridan bittasi shundaki, ko‘p qatlamli neyron to‘rilarida surilish doimiysini iteratsion tarzda tanlab borishda tasodifan tekis egli chiziqli uchastkaga tushib qolish mumkin. Bunday holatda ko‘p qatlamli neyron to‘rilarida iteratsion sozlashda differensiallash ishlamay qolishi mumkin. Neyron to‘rining bunday holatini “paralich” deb atashadi va neyron to‘ri o‘rganishdan to‘xtaydi, o‘qimay qo‘yadi. Egri chiziqli elementning ulanish nuqtasini (2.21) formula bilan hisoblaganda prinsipial jihatdan “paralich” effekti yo‘qoladi. Demak, sifat maksimumi bo‘yicha optimallashtirish metodi nafaqat hisoblash resurslarini kam sarflashni talab qiladi va yana o‘qitishning ancha turg‘un protsedurasini hisoblanadi. Katta neyron to‘rilarida “paralich” effektini prinsipial jihatdan yo‘q qiladi.

Yana bitta imkoniyati o‘qitish vaqtini kamayishi, boshlang‘ich vektorlar vazn koeffitsiyentlarining qiymatini o‘ylab, tahlil qilish orqali berilishidir. Sifat ko‘rsatkichini maksimallashtirish protsedurasidan foydalanilganda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlarini tasodifiy o‘rnatish protsedurasidan voz kechish mumkin. Buning uchun o‘qitiladigan neyronning kirish parametrlarini matematik kutilishini qiymatini munosabatlarini, bog‘lanishlarini hisoblash yetarli.

Fikrlashning umumiylikini, izchilligini yo‘qotmagan holda ajratiladigan to‘plamlarning matematik kutilishlari orasidagi munosabatni, bog‘lanishni oldindan berish mumkin. Maslan, (2.21)da asoslangan holda oxirgi shart sifatida berish mumkin, ya‘ni  $m_A > m_B$ . Unda har bir nazorat qilinadigan parametr bo‘yicha ajratiladigan to‘plamning matematik kutilishlarini qiymatini nazorat qilib boshlang‘ich vektorning vazn koeffitsiyentlarining ishorasini ko‘rsatish mumkin. Agar boshlang‘ich vektorlarning boshlang‘ich qiymatini har xil ishorali bir raqami ketma-ketligi ko‘rinishida qabul qilinsa, u holda oxirgi shartni  $m_A > m_B$  ko‘rinishida olish istagi ishoralarni tanlashning quyidagi qoidasiga olib keladi .

$$\begin{cases} c_j(0) = +1 \\ c_j(0) = -1 \end{cases} \quad (2.22)$$

$$m(x_{j_a}) \cdot m(x_{j_b})$$

Faqat matematik kutilishlar munosabatlarini , bog‘lanishlarini ishorasini tahlil qilish bilan boshlang‘ich vektorlarning ishoralarini taqriban ko‘rsatish mumkin. Bu harakatlar natijasida bo‘ladigan haqiqiy yutuq sun‘iy neyronni o‘qitishning o‘rtacha vaqtiga juda katta ta‘sir qiladi. Yechiladigan masalaning o‘lchami qanchalik yuqori bo‘lsa, vaqt bo‘yicha absolyut yutuq shunchalik yuqori bo‘ladi.

### ***Materialni takrorlash va mustahkamlash uchun savollar***

1. Neyron to‘rlarini samarali o‘qitish metodologiyasini muammosi nimada ?
2. Teskari taqsimlanish to‘rida o‘qitishning nechta yo‘li farqlanadi va ular qaysilar ?



## 5-MAVZU: PERSEPTRON MODELI.

Reja:

1. Bir qatlamli perseptronni o'qitish algoritmi.
2. Ikki qatlamli perseptron.

**Bir qatlamli perseptronni o'qitish algoritmi** .Perseptron binar kirish signallari bo'yicha klassifikatsiya masalasini yechishi zarur. Kirish signallarini to'plamini  $n$ -o'lchamlik  $x$  vektori bilan belgilaymiz. Vektorning barcha elementlari bul o'zgaruvchilaridan iborat (bu o'zgaruvchilar "Haqiqat" yoki "Yolg'on" qiymatlarni qabul qiladi). Biroq, ayrim hollarda sonli qiymatlar bilan amallar bajarish foydali hisoblanadi. Shu boisdan o'zgaruvchining "Haqiqat" qiymatiga 1 raqami, "Yolg'on" ga esa 0 raqami moslashtirilgan, qabul qilingan.

Perseptronni quyidagi funksiyalar sistemasini hisoblovchi qurilma deb atashimiz mumkin:

$$\psi = \left[ \sum_{i=1}^m \omega_i x_i > \theta \right] \quad (2.23)$$

bu yerda  $\omega_i$  - perseptronni vazni,  $\theta$  - porog,  $x_i$  -kirish signallarini qiymati, qavs bul ( mantiq ) o'zgaruvchilari qiymatidan sonli qiymatlarga o'tishni bildiradi.

Perseptronni o'qitish vazn koeffitsiyentlarini sozlashdan iborat. Aytaylik, **o'qitish tanlanmasi** deb nomlangan bir juft vektorlar to'plami  $(x^\alpha, y^\alpha), \alpha = 1, \dots, p$  bor bo'lsin. Bu o'qitish tanlanmasi yordamida NT o'qitilgan deb aytamiz, agar to'ring kirishiga berilgan har bir vektorga  $x^\alpha$  mos ravishda to'ring chiqishida  $y^\alpha$  vektor olinadi.

F.Rozenblatt tomonidan taklif qilingan o'qitish algoritmi vazn matritsasini iteratsion tarzda sozlashdan iborat bo'lib, chiqish vektoridagi xatoliklarni ketma-ket kamaytiradi. Algoritm bir qancha qadamdan iborat:

1. Barcha neyronlarning boshlang'ich vaznlarining qiymati  $W(t=0)$  tasodifan olinadi.

2. To'rga kirish obrazi  $x^\alpha$  beriladi, natijada chiqish obrazi  $\bar{y} \neq y^\alpha$  shakllanadi.

3. To'ring chiqishidagi vektorning xatoliklari  $\delta^\alpha = (y^\alpha - \tilde{y}^\alpha)$  hisoblanadi. Keyingi g'oya shundan iboratki, kichik xatoliklar makonida (oblastida) vazn koeffitsiyentlari vektorini qiymatini o'zgartirish chiqishdagi xatoliklarga proporsional bo'lishi zarur va nolga teng, agar xatolik nolga teng bo'lsa.

4. Vaznlar vektorini qiymati quyidagi formula bo'yicha modifikatsiyalanadi:  $W(t + \Delta T) = W(t) + \eta x^\alpha \cdot (\delta^\alpha)^T$ . Bu yerda  $0 < \eta < 1$  - o'qitish jadalligi.

5. 2-4 bosqichlar barcha o'qitish vektorlari uchun takrorlanadi. Bitta sikl barcha tanlanmalarni ketma-ket berish jarayoni asr deb nomlanadi. O'qitish jarayoni bir nechta asr o'tishi bilan yakunlanadi:

a) agar iteratsiya yaqinlashsa, ya'ni vazn vektorlarining qiymati o'zgarmaydi, yoki

b) barcha vektorlar bo'yicha jamlangan to'liq absolyut xatolik birorta kichkina qiymatdan ham kichik bo'lsa.

Bu algoritmnı batafsil bayon qilamiz. Perseptronni kirishiga shunday vektor  $x$  beramizki uning uchun chiqishidagi to'g'ri ma'lumotlar oldindan ma'lum. Agar perseptronni chiqishidagi signal to'g'ri javob bilan mos kelsa, u holda hech qanday harakat qilish shart emas. Xatolik ro'y bergan holatda perseptronni misolni to'g'ri yechishi uchun o'qitish zarur. Xatolik ikki ko'rinishda bo'lishi mumkin. Har birini ko'rib chiqamiz:

1. Birinchi tur xatolik: perseptronni chiqishida  $-0$ , to'g'ri javob esa  $-1$ . Perseptron to'g'ri javob berishi uchun (1) formulaning o'ng tomonidagi summani qiymati katta bo'lishi zarur. Bilamizki o'zgaruvchilar 0 yoki 1 qiymat qabul qiladilar, bunga asosan summani qiymatini oshirish koeffitsiyentlarning  $\omega_i$  vaznini oshirish hisobiga erishish mumkin. Biroq 0 ga teng  $x_i$  o'zgaruvchilarning qiymatini oshirishning ma'nosi yuq. Shunday qilib, demak, qiymati 1 ga teng shunday  $x_i$  o'zgaruvchilarning vaznini oshirish kerak.

**Birinchi qoida.** Agar perseptronni chiqishida  $-0$ , to'g'ri javob esa  $-1$ , u holda bir vaqtda faol bo'lgan neyronlar o'rtasidagi bog'lanishlar vaznini oshirish zarur.

2. **Ikkinchi tur xatolik:** perseptronni chiqishida  $-1$ , to'g'ri javob esa  $-0$ . Perseptron to'g'ri javob berishi uchun (1)

formulaning o'ng tomonidagi summani qiymatini kamaytirish zarur. Demak, chiqish qiymati 1 ga teng bo'lgan shunday o'zgaruvchilarning bog'lanishlar vaznini o'zgartirish, kamaytirish zarur. Bu protsedurani oldingi qatlamdagi barcha faol neyronlar uchun amalga oshirish zarur.

**Ikkinchi qoida.** Agar perseptronni chiqishida  $-1$ , to'g'ri javob esa  $-0$ , u holda bir vaqtda faol bo'lgan neyronlar orasidagi bog'lanishlar vaznini kamaytirish zarur.

Shunday qilib, o'qitish protsedurasi xato yechilgan misollar uchun o'qitish qoidalarini qo'llash bilan o'qitish to'plamidagi barcha misollarni ketma-ket ko'rib chiqishni taqozo etadi. Agar navbatdagi siklda barcha misollar to'g'ri yechilgan bo'lsa, u holda o'qitish protsedurasi yakunlangan hisoblanadi.

**Ikki savol ko'rib chiqilmadi:**

1. O'qitish protsedurasining yaqinlashishi.
2. O'qitish qoidalarini qo'llaganda bog'lanishlar vaznini qanchaga oshirish (kamaytirish).

**Birinchi savolga javobni quyidagi teorema beradi.**

Perseptronni **yaqinlashishi haqida teorema.** Agar  $\omega$  parametrlar vektori mavjud bo'lsa, bunda perseptron o'qitish to'plamidagi barcha misollarni to'g'ri yechsa, u holda perseptronni o'qitish yuqorida keltirilgan algoritm bilan amalga oshirilsa yechim chekli qadamlar bilan topiladi.

Perseptronni **siklga tushib qolish teoremasi.** Agar  $\omega$  parametrlar vektori mavjud bo'lsa, bunda perseptron o'qitish to'plamidagi barcha misollarni to'g'ri yechsa, u holda perseptronni o'qitish yuqorida keltirilgan algoritm bilan amalga oshirilsa biror chekli qadamlardan keyin vaznlar vektorini qiymatlari takrorlanib qola boshlaydi, o'zgarish bo'lmaydi.

**Ikki qatlamli perseptron.** Perseptronni o'qitish algoritmini ko'p qatlamli perseptronlarni o'qitish uchun ham qo'llash mumkin. Biroq yaqinlashishi va siklga tushib qolish teoremalari faqat bitta qatlamli perseptronlarni o'qitish uchun ishonchli. Xuddi shunday ko'p qatlamli perseptronda oxirgi qatlamdagi perseptronni o'qitish uchun yaroqli. Ixtiyoriy ko'rinishdagi ko'p qatlamli perseptronlar uchun qo'llab bo'lmaydi. Endigi keltiriladigan misol ko'p qatlamli

perseptronlarni o'qitish mobaynida kelib chiqadigan asosiy muammoni namoyish qiladi.

Aytaulik perseptronni barcha qatlamlaridagi vaznlar shunday rasmiylashtirildiki, o'qitish to'plamidagi barcha misollar, birinchi misoldan tashqari, to'g'ri yechilyapti. Bunday holatda birinchi misol uchun to'g'ri javob 1 bo'lishi kerak. Oxirgi qatlamdagi perseptronni kirishidagi barcha signallarni qiymati 0 (nul) ga teng. Bunday holatda birinchi qoida natija bermaydi, chunki oxirgidan oldingi qatlamdagi barcha neyronlar faol emas. Mazkur muammoni yechishning bir qancha usullar to'plami mavjud. Biroq bu barcha metodlar regulyar emas va yechim olish uchun ko'p qatlamli perseptronni yaqinlashishiga kafolat bermaydi, hatto bunday yechim mavjud bo'lgan sharoitda ham.

Haqiqatda, ko'p qatlamli perseptronni o'qitish muammosi (sozlash) quyidagi teorema bilan yechiladi.

Perseptronni **ikki qatlamligi haqida teorema**. Har qanday ko'p qatlamli perseptron ikki qatlamli perseptron ko'rinishida tasvirlanishi mumkin, birinchi qatlamdagi o'qitilmaydigan vaznlari bilan.

Bu teoremani isbotlash uchun matematik mantiq bo'yicha bitta teorema kerak bo'ladi.

**Dizyunktiv normal shakl haqida teorema**. Har qanday bul argumentli bul funksiyasi dizyunksiya, konyunksiya elementar tushunchalar va inkor elementar funksiyalar bilan ifodalanishi mumkin:

$$f = \vee(\&x_i \& \neg x_j).$$

Dizyunktiv normal shaklning birorta xossalarini eslatamiz.

**1-xossa**. Har bir konyunktiv a'zoga (qo'shiluvchi) barcha elementar tushunchalar to'g'ri ko'rinishda yoki inkor ko'rinishda kirishi mumkin.

**2-xossa**. Elementar tushunchalarning har qanday qiymatlarida dizyunktiv normal shaklida bittadan oshmagan konyunktiv a'zo (qo'shiluvchi) ishonchli (istina) bo'lishi mumkin.

Perseptronni ikki qatlamligi teoremasini isbotlash. Dizyunktiv normal shakl teoremasidan kelib chiqadiki, har qanday ko'p qatlamli perseptron quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\psi = |\vee(\&x_i \&-x_j)| \quad (2.23)$$

Dizyunktiv normal shaklning ikkinchi xossasiga binoan (2.23) ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\psi = [\vee(\&x_i \&-x_j)] = [\sum[(\&x_i \&-x_j)] > 0] \quad (2.24)$$

(2.24) ifodadagi barcha qo‘shiluvchilarni arifmetik shaklga keltiramiz. Konyunksiyani ko‘paytirish bilan, inkorni ayirma bilan  $\neg x_j = 1 - x_j$ . Bu almashtirishlarni bajarib quyidagini hosil qilamiz:

$$\psi = \left[ \sum_l \alpha_l \prod_{i \in I_l} x_i > 0 \right] \quad (2.25)$$

bu yerda  $I_l$ - ko‘paytuvchilar indekslarini to‘plami 1- qo‘shiluvchida,  $\alpha_l$ - (2.25) ifodada bunday qo‘shiluvchilar sonini ko‘rsatadi.

(2.26) formuladagi i-chi qo‘shiluvchini quyidagi ko‘rinishdagi perseptron bilan almashtiramiz:

$$\varphi_i = \prod_{i \in I_l} x_i = \left[ \sum_{i \in I_l} x_i > |I_l| - 1 \right] \quad (2.26)$$

(2.25) ifodani (2.26) ga qo‘yib (2.23) ni tengligini hosil qilamiz, ya‘ni ixtiyoriy ko‘p qatlamli perseptron butun sonli koeffitsiyentlar ko‘rinishida ifodalanadi. Birinchi qatlam perseptronlari sifatida (11.8) ko‘rinishidagi perseptronlardan foydalaniladi, o‘qitilmaydigan vaznlari bilan. Teorema isbotlandi.

Perseptronlarning asosiy xossalari quyidagilardan iborat:

1. Har qanday perseptron bitta yoki ikkita qatlamdan iborat bo‘lishi mumkin. Ikki qatlamli perseptron holatida birinchi qatlamdagi vaznlar o‘qitilmaydi.

2. Har qanday perseptronni vaznini butun sonli ko‘rinishga almashtirish mumkin.

3. Chekli iyeratsiyalar natijasida o‘qitishdan keyin ikkita holat bo‘lishi mumkin: perseptron o‘qitildi yoki perseptronni vazn vektorlarini qiymati takrorlanadi (siklga tushib qoladi).

Perseptronning bu xossalarini bilish o‘qitish tezligini modifikatsiya qilish “takomillashtirilgan” tipidan qochishga imkoniyat yaratadi.

### ***Takrorlash va mustahkamlash uchun savollar***

1. Perseptronni o'qitish tushunchasi nimadan iborat?
2. Bir qatlamli perseptronni o'qitishning asosiy bosqichlarini tavsiflang?
3. O'qitish tanlanmasi qanday rasmiylashtiriladi?
4. Yaqinlashish teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
5. Siklga tushib qolish teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
6. Perseptronni butun sonli vaznlari to'g'risida nimani tushunasiz?
7. Ikki qatlamli perseptron qanday ko'rinishda bo'ladi?
8. Ikki qatlamlilik teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
9. Dizyunktiv normal shakl teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
10. Perseptronni o'qitish algoritmi bilan qanday qiyinchiliklar bog'langan?

## 6-MAVZU: NEYRON TO‘RLI KLASTERLASH USULLARI

### Reja :

1. Neyron to‘rlarini klassifikatsiya masalalarini yechish.
2. Dastlabki ma’lumotlarni tayyorlash.
3. Neyron to‘rining o‘lchamini tanlash.

### Neyron to‘rlarini klassifikatsiya masalalarini yechish.

Neyron to‘rlarini klassifikatsiya masalalarini yechish uchun parametrik va metrik metodlardan foydalaniladi, ular orasida birorta kompromis bo‘lishiga qaramasdan. Neyron to‘rlari parametrik bo‘lmagan modellar hisoblanadi, ma’lumotlar to‘g‘risidagi ehtimollik taqsimotlarni aniqlashni talab qilmaydi, biroq masofani o‘lchash tushunchasidan ham foydalanmaydi. Bu esa ularni universal klassifikatorga aylantiradi, parametrik va metrik metodlar yecha olmagan klassifikatsiya masalalarini NT yechish imkoniyatiga ega.

Klassifikatsiya ma’lumotlarni intellektual tahlil qilishning birdan bir muhim masalasi hisoblanadi. Bu masalalar analitik modellar yordamida yechiladi va klassifikatorlar deb ataladi.

Hozirgi paytda juda ko‘p miqdorda turli ko‘rinishdagi klassifikatorlar yaratilgan, bular uchun statistik metodlar (mantiqiy regressiya, diskriminant tahlil), hamda mashinali o‘qitish metodlari (neyron to‘rlari, yechimlar daraxti, yaqin qo‘shnilar K-metodi, tayanch vektorlar mashinalari va boshqalar).

Klassifikatorlarning ayrim turlarini kamchiliklari va yaxshi tomonlari mavjud. Statistika metodlariga asoslangan klassifikatorlar juda yaxshi matematik asosga ega, biroq qo‘llash bo‘yicha murakkab, chunki ma’lumotlarni ehtimollik taqsimotini hisoblashni, aniqlashni talab qiladi. Modellarining strukturalari universal emas. Bundan tashqari, statistik metodlar obyektning biror klassga mansubligini ehtimolligini baholaydi, nima uchun mansubligini tushuntira olmaydi.

Mashinali o‘qitish metodiga asoslangan klassifikatorlar dastlabki ma’lumotlarni taqsimot parametrlarini baholashni talab qilmaydi, biror klassga mansubligi masofa funksiyasi yordamida rasmiylashtiriladi (odatda, Yevklid funksiyasi). Bunday klassifikatorlar metrikaviy deb nomlanadi. Qoidaga binoan, parametrik metodlarga nisbatan foydalanish va amalga oshirish

sodda. Biroq metrik klassifikatorlar evristik modellar hisoblanadi – amaliy jihatdan muhim hisoblangan cheklangan holatlardagina yechimni ta'minlashi mumkin, boshqa holatlarda noaniq yoki bitta bo'lmagan yechimlarni berishi mumkin. Shu boisdan ham bu usuldan ancha ehtiyotlik bilan foydalangan ma'qul.

Parametrik va metrik metodlar orasida kompromis tarzda klassifikatsiya masalasini yechish uchun neyron to'rlaridan foydalanish mumkin. Haqiqatan ham NT parametrik bo'lmagan modellar hisoblanadi, ma'lumotlarni ehtimollik taqsimot qonunlarini aniqlashni talab qilmaydi, masofalar o'lchamidan ham foydalanmaydi. Shu boisdan ham NT asoslangan klassifikatorlar universal hisoblanadi, parametrik va metrik metodlar yecha olmagan masalalarni mos yechimlarini olishni ta'minlaydi.

NT klassifikator sifatida qo'llashning ayrim jihatlari.

Oldindan ma'lumki NT asosiy masalasi sonli tavsiflash (predskazaniye). NT kirishiga signallar sonli ma'lumotlar ko'rinishida beriladi va chiqishida mos ravishda sonli ma'lumotlar olinadi.

Biroq maxsus usullardan foydalanib ma'lumotlarni tasavvur qilish mumkin NT ishlashi uchun kategorial ma'lumotlar ko'rinishida ya'ni to'ring kirishida va chiqishida kategorial qiymatlarni rasmiylashtirish mumkin. Buning uchun kategorial belgilar mos ravishda sonli qiymatlar yordamida kodlanadi.

Shunga qaramasdan NT klassifikator sifatida bir qator afzalliklarini ajratish mumkin:

- NT o'zini-o'zi o'qitish modeli hisoblanadi, buning uchun chetdan turib aralashadigan foydalanuvchiga talab yo'q;

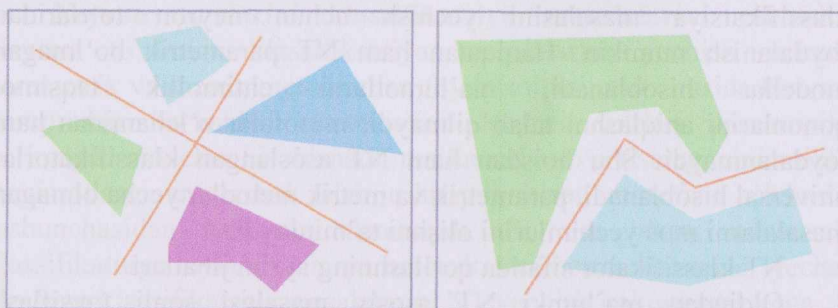
- NT universal appraksimator hisoblanadi, har qanday uzluksiz funksiyani yetarlicha aniqlikda appraksimatsiya qilish imkoniyatiga ega;

- NT nochiqiq model hisoblanadi, klasslarni chiziqli ajratish imkoniyati bo'lmagan masalalarni samarali klassifikatsiya qilish imkoniyati mavjud (2.17-rasm).

Shuni ta'kidlash lozimki, birorta maxsus neyrotarmoq arxitekturasi klassifikatsiya masalasi uchun mavjud emas. Klassifikatsiya masalasi uchun ancha ko'p ishlatiladigan NT arxitekturasi to'g'ri tarqalish to'ri hisoblanadi, kirish neyronlariga



klassifikatsiya qilinadigan obyektning belgilari beriladi, chiqishida esa belgi shakllanadi yoki klassning sonli kodi. Odatda ko'p qatlamli perseptronlar ishlatiladi. Bunday to'rlarda belgilar vektorining elementlari kirish neyronlariga beriladi va birinchi yashirin qatlamdagi neyronlarning barchasiga taqsimlanadi, natijada masalaning o'lchamligi o'zgaradi



Chiziqli ajratiladigan klass

chiziqli ajratilmaydigan klass

2.17-rasm Klasslarni chiziqli ajratish

Keyingi qatlamlar xuddi shunday belgilar fazosida obyektlarni ancha yuqori o'lchamli sinflarga ajratadi, dastlabki o'lchamlikga qaraganda. Masalan, dastlabki ma'lumotlardagi belgilar vektorining o'lchamligi 4 ga teng bo'lsa va yashirin qatlam 6 ta neyron iborat bo'lsa, u holda chiqish qatlami obyektlarni sinflarga bo'lishni 6 o'lchamlik fazoda amalga oshiradi.

Bu esa jarayonning ancha samarali bo'lishini ta'minlaydi: neyron to'ring parametrlari va konfiguratsiyasini to'g'ri tanlab sinflashtirish masalasida yaxshi natijalarni olish mumkin, qachonki boshqa tipdagi faqat o'qituvchi ma'lumotlar o'lchamligida ishlovchi klassifikatorlar kerakli natijani ta'minlay olmasa. Kamchiligi shundan iboratki, bu to'ring konfiguratsiyasi, belgilar fazosida eng yaxshi usul bilan approksimatsiyalash funksiyasi oldindan aniq bo'lmasa. Shu boisdan ham bu funksiya eksperiment yo'li bilan tanlanadi, yoki o'xshash masalalar yechimlaridagi tajribalardan foydalaniladi.

Agar bo'linadigan sinflar shunday bo'lishi mumkinki, bunday obyektlarni bo'lish, klassifikatsiyalash uchun juda murakkab funksiya talab qilinishi, neyron to'ring o'lchamligi haddan

tashqari katta bo'lishi mumkin. Bunday hollarda bu muammoni dastlabki ma'lumotlarni maxsus qayta ishlash usullari bilan hal qilish mumkin.

**Dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash.** Klassifikatsiya masalasi uchun ishlatiladigan metodlar va algoritmlar qanchalik mukammal bo'lmasin yaxshi natijalarni olib bo'lmaydi, agar iflos "ma'lumotlar"ni klassifikatsiyalashga qo'llanilsa. Shu boisdan ham neyron to'rlari asosida klassifikatsiyalash modelida birinchi qadam dastlabki qayta ishlash va ma'lumotlarni tozalash hisoblanadi.

Bu yo'nalishda birinchi qadam turli sinflar nuqtai nazaridan ishonchli belgilarni tanlash zarur. Haqiqatan ham, predmet sohasini obyekt katta sondagi belgilar bilan tavsiflanishi mumkin. Bu belgilarning hammasi ham obyektning turli sinflarga ajratishda ishlatilmasligi ham mumkin yoki ayrim belgilarning ta'siri sezilarli bo'lmasligi mumkin. Obyektning belgilari ichida qiymatlari tasodifiy ko'rishda bo'lishi mumkin va obyektning sinflarga ajratish qonuniyatida o'z aksini topmaydi, bunday belgilardan foydalanish maqsadga muvofiq emas.

Bundan tashqari ishlatiladigan belgilarning sonini tanlash muhim rol o'ynaydi. Bir tomondan klassifikatorni qurishda qancha ko'p belgilar ishlatilsa, shuncha ko'p miqdordagi axborotlardan foydalaniladi sinflarga ajratish uchun. Bunday sharoitda hisoblash xarajatlari va neyron to'ri o'lchamliligiga (o'qitish jarayonida sozlanadigan parametrlarning soni – neyronlarni bog'lovchi vaznlar) talab oshib ketadi. Ikkinchi tomondan, ishlatiladigan belgilarni sonini kamaytirish sinflarga ajratishni yomonlashtiradi. Masalan, shunday holat bo'lishi mumkinki, qachonki turli sinflardagi obyektlarda bir xil qiymatli belgilar bo'lsa qarama qarshiliklar kelib chiqishi mumkin.

Masalan, qarz oluvchilarni klassifikatsiyalash masalasida "yaxshilar" va "yomonlar"ga ajratishda bor yo'g'i ikkita belgini qoldirish mumkin "Foyda" va "Yoshi". Bunday holatda ikkita qarz oluvchi bir xil yoshdagi va bir xil doxoddagi turli sinflarda bo'lib qolish ehtimoli mavjud. Qarz oluvchilarni bir-biridan yaxshi farqlash uchun yana bitta belgini qo'shish zarur, masalan oiladagi insonlar soni. Shunday qilib, neyron to'ri asosida klassifikatorlarni

o'qitish uchun belgilarni tanlash kompromisni (kelishuvchanlikni) izlash hisoblanadi.

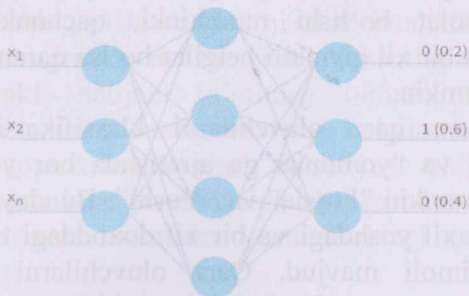
O'qitiladigan ma'lumotlarga dastlabki ishlov berishning yana bitta muhim turi belgilarning qiymatlarini normallashtirib 0..1 diapozonga keltirish. Masalan, «Foyda» va «Yoshi» juda katta miqdorlarda farqlanishi mumkin.

Bundan tashqari ma'lumotlarni tozalash zarur: qolib ketgan joylarini to'ldirish, dublikatlarni va qarama-qarshi ma'lumotlarni olib tashlash, anomal qiymatlarni pasaytirish va boshqalar.

**Chiqish qiymatlarini kodlash.** Klassifikatsiya masalasini sonli bashoratlash masalasidan prinsipial farqi shundaki, neyron to'rida chiqish kattaligi diskret ko'rinishda (sinfni metkasi yoki uning sonli kodi).

Juda sodda holatlarda agar klassifikatsiya binar tipda bo'lsa, masala neyron to'ri bilan yechilishi mumkin chiqish qatlamida yagona neyron bilan, neyronning chiqishida ikkita holat rasmiylashtiriladi (masalan, 0 yoki 1). Agar sinflar bir qancha bo'lsa, u holda to'ring chiqishida tasvirlash muammosini yechish zarur. Amaliyotda, odatda chiqish vektoridan foydalaniladi, uning elementlari bo'lib metka yoki sinfning nomerlari xizmat qiladi.

Bunda obyektning sinfga bo'lgan munosabati chiqish vektorining elementiga ( $i$ -chi element uchun  $j$ -chi sinfga), mos ravishda 1 ni o'rnatish bilan aniqlanadi, bu vaqtda to'ring boshqa chiqish elementlariga nol o'rnatiladi. Unda masalan, ikkinchi sinfga to'ring 2-chi chiqishidagi bir mos keladi va qolganlariga 0 o'rnatiladi (2.18-rasm).



2.18-rasm. Bir qancha sinflarning to'ring chiqishida tasvirlanishi

Chiqishni kodlash uchun 1 dan tashqari boshqa qiymatlardan ham foydalanish mumkin. Biroq natijani interpretatsiya qilganda odatda sinfning nomeri to'ring maksimal qiymatli chiqish nomeri bilan aniqlanadi. Masalan, misoldagi chiqish nomeri 2, chunki bu chiqishdagi qiymat maksimum.

**Neyron to'ring o'lchamini tanlash.** Samarali ishlaydigan klassifikatorni qurish uchun to'ring o'lchamini to'g'ri tanlash zarur, ya'ni neyronlar orasidagi bog'lanishlar sonini. Buning uchun ikkita yondashuvdan foydalaniladi – konstruktiv va destruktiv. Birinchisi shunday tanlanadiki, dastlab to'r minimal o'lchamda olinadi, keyinchalik talab qilingan aniqlikni olguncha kattalashtirib boriladi. Har bir kattalashtirishdan keyin to'r qaytadan o'qitiladi. Xuddi shunday kaskadli korrelyatsiya metodi mavjud, bunda har bir o'qitish davri tugagandan keyin xatolikni minimallashtirish maqsadida to'ring arxitekturasiga tuzatishlar kiritiladi.

Destruktiv yondashuvda boshida to'r katta o'lchamlikda olinadi va keyin klassifikatorning aniqligiga juda kam ta'sir qiladigan neyronlar bog'lanishlari bilan olib tashlanadi. Bunda quyidagini eslash zarur: o'qitish to'plamidagi misollar soni to'ring sozlanadigan vaznlari sonidan ancha katta bo'lishi zarur. Aks holda to'r umumlashtiruvchi xususiyatni egallay olmaydi va chiqishida yangi ma'lumotlarga turli xoxlagan qiymatlarni berishi mumkin.

To'ring umumlashtiruvchi xususiyatlarini yaxshilovchi usullardan eng yaxshisi o'qituvchi misollarning sonini ko'paytirish yoki bog'lanishlar sonini kamaytirishdir. Birinchisi har doim ham mumkin emas ma'lumotlar hajmini cheklanganligi sababli, hamda hisoblash amallarining oshib ketishi sababli. Bog'lanishlar sonini kamaytirish esa to'ring aniqligini pasayishiga olib keladi. Shu boisdan modelning o'lchamini tanlash yetarlicha murakkab masala hisoblanadi juda ko'p tajribalar o'tkazishni talab qiladi.

**To'ring arxitekturasini tanlash.** Yuqoridagi keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, klassifikatsiya masalasini yechish uchun neyron to'ring hech qanday maxsus arxitekturasidan foydalanilmaydi. Bu yerda tipik yechim bo'lib ketma-ket aloqali bog'langan (perseptronlar) tekis qatlamli to'r hisoblanadi. Odatda turlicha sondagi neyronlar va ulardan turlicha usullar bilan

qatlamlari tashkil qilingan bir qancha konfiguratsiyali to'rlar sanaladi.

Bunda tanlash uchun asosiy ko'rsatkich o'qitish to'plamini hajmi hamda to'ring umumlashtiruvchi xususiyatlarini shakllanishi hisoblanadi. Odatda to'rne o'qitish uchun **Back Propagation** (teskari taqsimlanish) **validatsion to'plam** algoritmidan foydalaniladi.

**Klassifikatorni qurish algoritmi.** Neyron to'rlari asosida klassifikatorni qurish quyidagi bosqichlardan iborat.

1. Ma'lumotlarni tayyorlash

1. Masala uchun xarakterli bo'lgan misollardan ma'lumotlar bazasini tashkil qilish

2. Barcha ma'lumotlar majmuasini ikkita to'plamga bo'lish: o'qituvchi va testlash (3 ta to'plamga ham bo'lish mumkin: o'qituvchi, testlovchi va validatsion)

2. Ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish

1. Klassifikatsiya nuqtai nazaridan ishonchli belgilarni tanlashni amalga oshirish.

2. Ma'lumotlarni transformatsiya va zarurat tug'ilsa tozalash kerak

3. Chiquvchi qiymatlarni kodlash sistemasini tanlash (klassik kodlash, «2 ga 2»-kodlash va hakoza)

3. Konstruksiyalash, to'rne o'qitish va sifatini baholash

1. To'ring topologiyasini tanlash: qatlamlar soni, qatlamdagi neyronlar soni va hakoza.

2. Neyronlarning faollashtirish funksiyasini tanlash (masalan, logistik, gipertangens va boshqalar)

3. To'rne o'qitish algoritmini tanlash

4. Validatsion to'plam asosida to'ring ish sifatini baholash yoki boshqa kriteriyani tanlash, arxitekturasini optimallashtirish

5. To'ring birorta variantida to'xtash, umumlashtirishni juda yaxshi usulda ta'minlaydigan va test to'plami yordamida ish sifatini baholash

4. Foydalanish va diagnostika

1. Turli faktorlarning yechim qabul qilishga ta'siri darajasini aniqlashtirish (evristik yondashuv)

2. Ishonch hosil qilish endi to'rt klassifikatsiyalashni aniqligini talab darajasida ta'minlaydi (noto'g'ri tanlangan misollar soni juda kam)

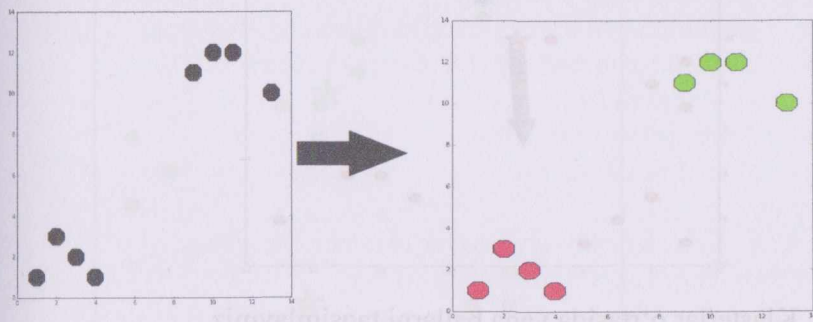
3. Zarurat tug'ilganda 2 bosqichga qaytish, misollarni berish usullarini o'zgartirish yoki ma'lumotlar bazasini o'zgartirish

4. To'rtini amaliy masalalarni yechish uchun qo'llash

Samarali ishlaydigan klassifikatorni qurish uchun sifatli dastlabki ma'lumotlarga ega bo'lish zarur. Klassifikatorni quradigan har qanday metodlar, neyron to'rtlariga yoki statistik metodlarga asoslangan, hech qachon modelni kerakli sifat darajasida ta'minlay olmaydi, agar mavjud misollar to'plami yetarli darajada to'liq bo'lmasa va yechiladigan masala uchun reprezentativ bo'lmasa.

Klassifikatsiya masalasiga misol.

Berilgan: har bir element uchun bir guruh elementlar bir nechta xususiyatlarning qiymatlari (masalan, bo'yi, vazni, harorat va boshqalar). Shunga o'xshash guruhlarni ajratib ko'rsatish kerak elementlarini.



Klasterlashtirish.

● **Ierarxik**

- Har bir nuqta klaster

- Daraxtli tuzilmani saqlash bilan Eng yaqin klasterlarni

birlashtirish

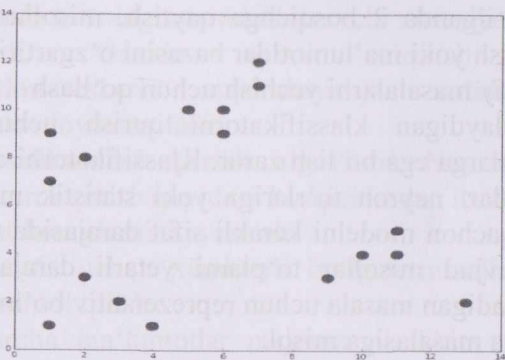
- Bir nechta klasterlarni aniqlash

- Har bir nuqtani eng yaqin klasterga belgilash

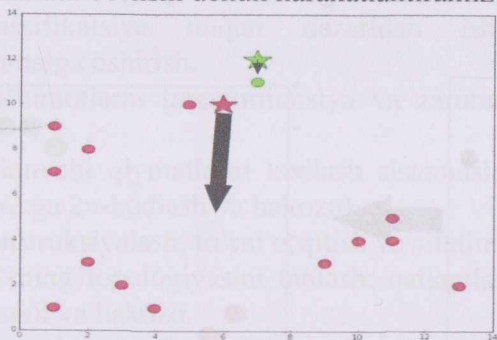
● **Bog'liqlik asosida**

- Bir-biriga yaqin bo'lgan ballar birlashtiriladi klasterlar

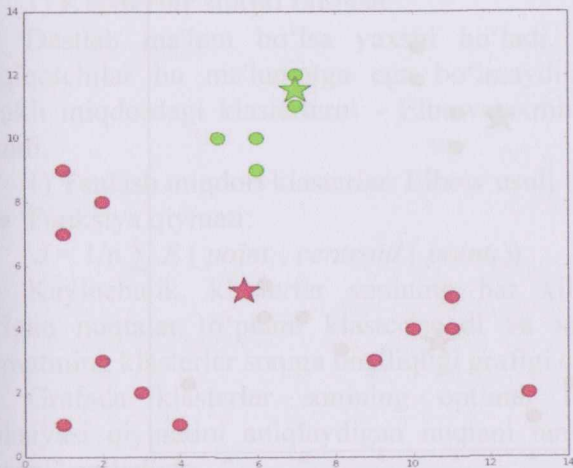
**Misol.** Ikki o'lchovli fazodagi nuqta to'plami mavjud bo'lganda (umumiy holda - ko'p o'lchovli). K-yaqin qo'shni metodi.



Klasterlarning markazlarini shu markazning barcha nuqtalariga masofa minimal bo'lishi uchun harakatlantiramiz



Klasterlar o'rtasida yana ballarni taqsimlaymiz.

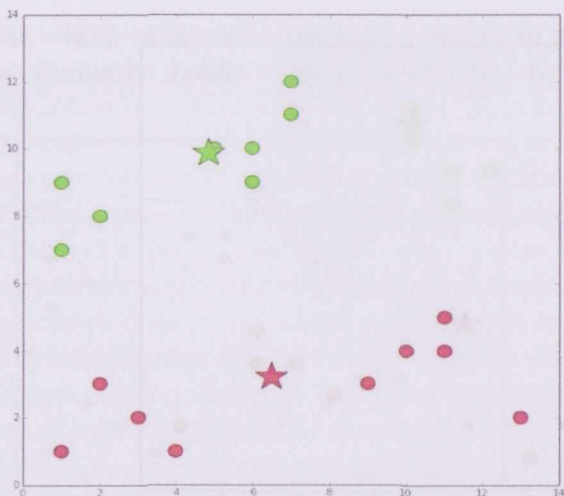


Biz klaster markazlari pozitsiyalarini yangilashda va ballarni klasterlar o'rtasida taqsimlashni davom ettiramiz.



Klaster markazlarining pozitsiyalari o'zgaradi.





### K-metodni algoritmi

- 0) masofa metrikasini aniqlang
- 1) klasterlar sonini tanlang
- 2) ma'lumotlarni normalizatsiya qilish
- 3) Centroidlarni tanlang (klaster markazlari)
- 4) klasterlarga ballarni belgilang
- 5) Centroidlarni yangilang
- 6) 4 va 5 ni takrorlang

0) E Talablar bo'yicha metrik masofani aniqlash:

-  $E(x, y) = 0$  agar va faqat agar  $x = y$

-  $E(x, y) = E(y, x)$

-  $E(x, y) + E(y, z) \geq E(x, z)$

**Evklid masofa:**

$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

## 1) Klasterlar sonini tanlash

Dastlab ma'lum bo'lsa yaxshi bo'ladi. Ammo ko'pincha, tadqiqotchilar bu ma'lumotga ega bo'lmaydilar, shuning uchun kerakli miqdordagi klasterlarni - Elbow taxmin qilish usuli taklif qilindi.

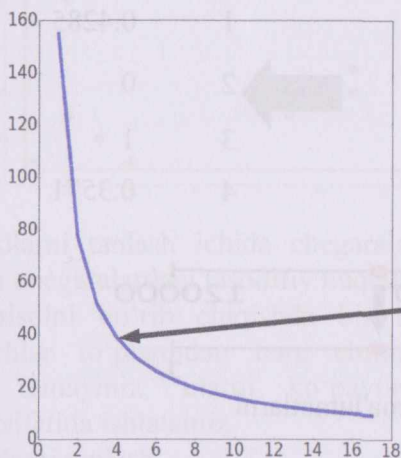
1) Tanlash miqdori klasterlar: Elbow usuli

- Funksiya qiymati:

$$J = 1/n \sum E(\text{point}_i, \text{centroid}(\text{point}_i))$$

Keyinchalik, klasterlar sonining har xil qiymatlariga ega bo'lgan nuqtalar to'plami klasterlanadi va xarajatlar funksiyasi qiymatining klasterlar soniga bog'liqligi grafigi chiziladi.

Grafada klasterlar sonining optimal nisbati va xarajat funksiyasi qiymatini aniqlaydigan nuqtani tanlash kerak: grafika "tirsagi" egilishida.



## 1) Tanlash miqdori klasterlar

Butun boshlang'ich ballar to'plamining bir nechta klasteri, ko'pincha nuqta va o'lchovlar mavjudligi sababli juda ko'p vaqt talab qiladigan vazifadir. Shuning uchun ballar to'plami tanlanadi va Elbow usuli uchun kirish sifatida ishlatiladi.

## 2) Ma'lumotlarni normalizatsiya qilish

$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

ID	Ish haqi kengashi	Yosh
1	80000	37
2	50000	23
3	120000	52
4	75000	28

$$E_{14} = \sqrt{(80000 - 75000)^2 + (37 - 28)^2} \approx 5000$$

## 2) Normalizatsiya qilish ma'lumotlarni

Ko'rsatilgan misolda, ish haqi minglab o'lchanganligi sababli, yosh ikki nuqta orasidagi masofasi juda oz farq qiladi va yoshi o'nlab normallashtirilgandan so'ng, parametr o'lchovlari mos keladi va biz bu muammodan halos bo'lamiz.

ID	S / n	Yosh	ID	S / n	Yosh
1	80000	37	1	0.4285	0.4827
2	50000	23	2	0	0
3	120000	52	3	1	1
4	75000	28	4	0.3571	0.1724



## 2) Normalizatsiya qilish ma'lumotlarni

$$E_{14} = \sqrt{(80000 - 75000)^2 + (37 - 28)^2} \approx 5000$$

$$E_{14} = (0.4285 - 0.4827) + (0.3571 - 0.1724)$$

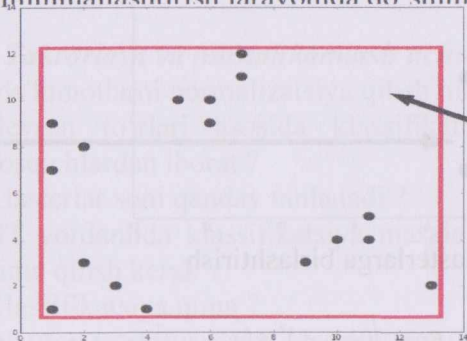
$$E_{14} \approx 0.19153$$

ID	S / n	Yosh
1	0.4285	0.4827

2	0	0
3	1	1
4	0.3571	0.1724

3) Tanlash centroids. Tasodifiy ballar ichida chegaralar [min; max]

Ushbu yondashuv bilan markazlarni tanlash mumkin "bo'shliq" fazo maydonlari va ular buni qilishlari kerak. Xarajat funksiyasi qiymatini minimallashtirish jarayonida oq'shimcha usul..

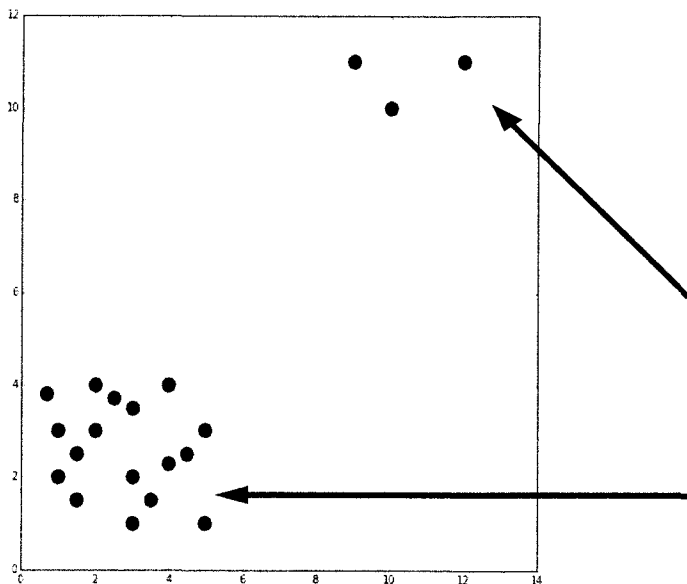


3) Centroidlarni tanlash ichida chegaralar [min; max] tasodifiy nuqtalardan chegaralardagi tasodifiy nuqtalar guruhidan.

Birinchi misolni ko'rib chiqishda biz foydalangan yondashuv. Boshlang'ichlar to'plamidan teng ehtimollik bilan bir nechta punktlarni tanlaymiz, ularni ko'paytiramiz va dublikatlarni centroidlar sifatida ishlatamiz.

3) Centroidlarni tanlash.

Ammo, agar ko'pchilik nuqtalar bir joyga to'plangan bo'lsa va kichik guruhlar atrofda joylashgan bo'lsa, unda barcha markazlar ko'proq nuqtalar to'plamidan tanlanishi ehtimoldan yiroq emas - va bu yerda klasterlarni tanlash mumkin bo'lmaydi



#### 4) Metrika asosida klasterlarga birlashtirish

$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

#### 5) Centroidlar yangilanadi

- Klasterning barcha nuqtalarining har biri uchun o'rtacha qiymatio 'lchov:

$$(0,17+0,12+0,22+0,96)/4 = 0,37$$

Klaster markazi sifatida shu nuqta tanlanadi hamma uchun eng yaqin bo'lgan klasterning nuqtalari (sentroid).

#### 6) 4 va5 takrorlanadi

Takrorlanishni to'xtatish mezonlari:

- Miqdori iteratsiya (belgilangan oldindan)
- Hozirgacha qiymati vazifalari o'zgarishlar

NT yordamida klassifikatsiya masalalarini yechish uchun:

- Dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash, qayta ishlashdan o'tkazish zarur. Obyektning arzimaydigan belgilarini va e'tiborga

loyiq belgilarini ajratib olish maqsadga muvofiq. Belgilar sonini aniqlashtirish zarur.

- Belgilarning qiymatlarini normallashtirish, ya'ni 0..1 diapazonga keltirish.

- Ma'lumotlarni sifat jihatdan tozalash.

- Chiqish qiymatlarini kodlash, Xemming kodidan foydalanish.

- NT o'lchamini tanlash.

- NT arxitekturasini tanlash.

- Klassifikatorlarni qurish algoritmini tanlash.

### ***Takrorlash va mustahkamlash uchun savollar***

1. Ma'lumotlarni normalizatsiya qilish nima?
2. Neyron to'rlari asosida klassifikatorni qurish qanday bosqichlardan iborat ?
3. Klasterlar soni qanday tanlanadi ?
4. NT yordamida klassifikatsiya masalalarini yechish uchun nima qilish kerak ?
5. Klassifikatsiya nima ?
6. Neyron to'rlari asosida klassifikatorni qurish bosqichlari haqida ma'lumot bering .
7. Neyronlar orasidagi bog'lanishlar sonini aniqlashda qanday yondashuvdan foydalaniladi va ular qaysilar ?
8. Neyron to'rlarini klassifikatsiya masalalarini yechish uchun qanday metodlardan foydalaniladi?
9. Klasterlar soni hamda markazlari qanday topiladi ?
10. Neyron to'rlari qanday modellar hisoblanadi ?

## 7-MAVZU: KOXONEN O‘Z-O‘ZINI TASHKIL ETUVCHI NEYRON TO‘RLARI

### Raja:

1. Qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalish to‘riga kirish.

2. Radial neyron to‘rlar.

**Qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalish to‘riga kirish [33,37,41,47].** Qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalish to‘rining imkoniyatlari bir qatlamli to‘rning imkoniyatlaridan yuqori. Bu to‘rni o‘qitish vaqtini teskari tarqalish to‘riga nisbatan 100 marotabagacha kamaytirish mumkin. **Qarama-qarshi tarqalish** teskari tarqalish kabi shunchalik umumiy emas, biroq u juda uzoq o‘qitish protsedurasi mumkin bo‘lmagan paytda bunday ilovalarda yechimni olishga imkoniyat yaratadi. Boshqa to‘rlardagi cheklanishlardan o‘ta oladigan qarama-qarshi tarqalish to‘ri o‘zining qiziqarli va foydali imkoniyatlariga ega.

Qarama-qarshi tarqalish to‘rida ikkita yaxshi o‘rganilgan algoritmnning xususiyatlari birlashgan: o‘zini-o‘zi tashkil qiluvchi Koxonenning kartasi va Grosbergning yulduzchasi. Buning natijasida bu ikkita algoritmnning alohida olingan xossalariga o‘xshamagan yangi xossalari namoyon bo‘ladi.

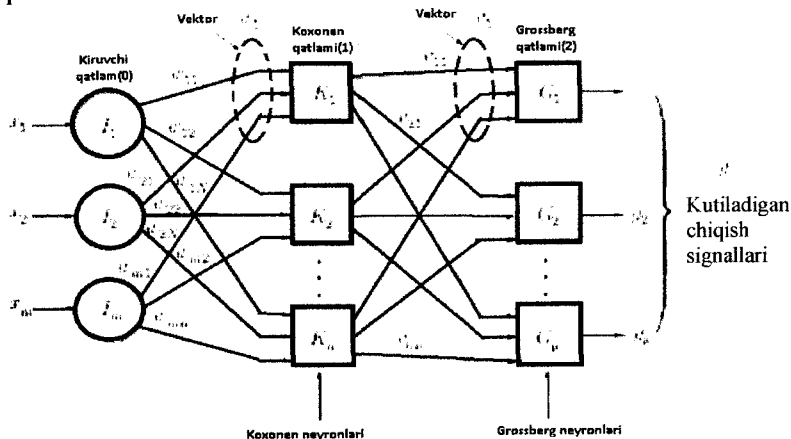
Qarama-qarshi tarqalishga o‘xshagan metodlar, turli xil to‘rlarning paradigmalarini xuddi qurish bloklari kabi birlashtiradi, shunday ko‘rinishdagi to‘rlarga olib kelishi mumkinki, har qanday boshqa bir jinsli strukturalarga nisbatan o‘zining arxitekturasi bo‘yicha inson miyasining tuzilishiga ancha yaqin bo‘lgan stukturani hosil qilish mumkin. O‘xshashligi shundan iboratki, tabiiy inson miyasida aynan turli xil vazifali modullarning birlashmasi talab qilinadigan hisoblashlarni bajarish imkoniyatini yaratadi.

Qarama-qarshi tarqalish to‘ri ma‘lumotlar stoliga o‘xshab faoliyat ko‘rsatadi, ya‘ni umumlashtirish imkoniyatiga ega. To‘rni o‘qitish jarayonida kirish vektorlari mos ravishda chiqish vektorlarini assotsiatsiyalaydi; ular ikkilik kod ko‘rinishida 0 (nul) va 1 (bir)lardan tashkil topishi yoki uzliksiz bo‘lishi mumkin. To‘r o‘qitilgan holatda bo‘lsa, kirish vektorlarini ilovasi talab qilingan chiqish vektorlarini hosil qiladi. To‘rning umumlashtiruvchi xossasi agar kirish vektorlarining ilovasi to‘liq yoki birmuncha noto‘g‘ri

bo'lgan taqdirda ham to'g'ri natijani olishga imkoniyat yaratadi. Shunday qilib, bunday to'rdan obrazlarni anglash, obrazlarni qayta tiklash, signallarni kuchaytirish uchun foydalanish mumkin.

**To'ring strukturasi.** 2.19-rasmda qarama-qarshi tarqalish to'rini to'g'ri faoliyatini soddalashtirilgan versiyasi ko'rsatilgan. Bu yerda bunday paradigmalarning funksional xossalari namoyish qilingan.

Nolinchi (0) qatlamdagi neyronlar (aylana ko'rinishida ko'rsatilgan) faqat tarmoqlanish nuqtasi bo'lib xizmat qiladi va hech qanday hisoblashlarni bajarmaydi. 0 qatlamning har bir neyroni 1 qatlamning har bir neyroni bilan alohida vazn  $\omega_{mi}$  orqali bog'langan (bu Koxonen qatlami deb nomlanadi). Umuman bog'lanish vaznlari bog'lanish vaznlari matritsasi  $W$  ko'rinishida qaraladi. Xuddi shunday, Koxonen qatlamidagi har bir neyron (1 qatlam) Grosberg qatlamidagi (2 qatlam) har bir neyron bilan vazn  $v_{np}$  orqali birlashgan. Bu vaznlar esa  $V$  matritsani tashkil qiladi. Bularning hammasi ancha boshqa to'rni eslatadi, biroq Koxonen qatlamidagi va Grosberg qatlamidagi neyronlar bajaradigan amallari bilan farqlanadi.



2.19-rasm. Qarama-qarshi tarqalish to'rini to'g'ri faoliyatini soddalashtirilgan versiyasi

Juda ko'p boshqa turdagi to'rlar kabi, qarama-qarshi tarqalish to'ri ikki rejimda faoliyat ko'rsatadi: normal rejimda, bunda kirish



vektori X qabul qilinadi va chiqish vektori U beriladi, o'qitish rejimida esa bunda to'rga kirish vektorlari beriladi va vaznlarda tuzatishlar hosil bo'ladi, ya'ni talab qilingan chiqish vektorini olish uchun.

**Koxonen qatlami.** O'zining oddiy ko'rinishida Koxonen qatlami "g'alaba qilgan barchasini oladi" tamoyilida faoliyat ko'rsatadi, ya'ni bu kirish vektori uchun bitta va faqat bitta Koxonen neyroni chiqishida mantiqiy birni hosil qiladi, boshqa barcha neyronlar esa nolni beradi. Koxonenning neyronlarini elektr lampochkalarining to'plami deb qabul qilish mumkin, har qanday kirish vektori uchun ulardan bittasi "yonadi".

Koxonenning neyronlari  $K_1$  bilan assotsiatsiyalangan vaznlar to'plami  $\omega_{11}, \omega_{21}, \dots, \omega_{m1}$  har bir neyronni kirish bilan bog'laydi. Maslan, 19-rasmda Koxonen neyroni vaznga ega, bular vaznlar vektorini  $W_1$  tashkil qiladi. Ular kirish qatlami orqali kirish vektorini tashkil etuvchi X kirish signallari  $x_1, x_2, \dots, x_m$  bilan bog'lanadilar. Ko'pchilik to'rlardagi neyronlarga o'xshagan tarzda har bir Koxonen neyronining chiqishi NET o'lchangan kirishlardagi vaznlarning oddiy yig'indisi ko'rinishida bo'ladi. Bu quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$NET_j = \sum_i x_i \omega_{ij}$$

bu yerda –  $NET_j$  Koxonenning j neyronini chiqishi, yoki, vektor ko'rinishidagi ifodasi,

$$N = XW,$$

bunda N — Koxonen qatlamini chiqishlari vektori.

Chiqishdagi NET qiymati maksimal bo'lgan Koxonen neyroni "g'olib" hisoblanadi va uning qiymati birga teng bo'ladi, boshqa qolgan neyronlarning qiymati nolga teng bo'ladi.

**Grosberg qatlami.** Grosberg qatlami ham o'xshash ko'rinishda faoliyat ko'rsatadi. Uning chiqishi Koxonen qatlamidagi chiqishlarning  $k_1, k_2, \dots, k_n$  o'lchangan vaznlarining summasi hisoblanadi va K vektorni hosil qiladi. V bilan ifodalangan bo'lib vaznlarni bog'lovchi vektor,  $v_{11}, v_{21}, \dots, v_{np}$  vaznlardan tashkil topadi. U holda har bir Grosberg neyronini chiqishi NET quyidagicha bo'ladi

$$NET_j = \sum_i k_i v_{ij}$$

bu yerda  $NET_j$  - j-chi Grosberg neyronining chiqishi, yoki vektor ko‘rinishida  $Y=KV$ , bunda  $Y$  – Grosberg qatlamini chiqish vektori,  $K$  – Koxonen qatlamini chiqish vektori,  $V$  – Grosberg qatlamini vaznlar matritsasi.

Agar Koxonen qatlami shunday qilib faoliyat ko‘rsatsa, unda faqat bittagina neyronning  $NET$  chiqish qiymati birga teng, boshqalariniki esa nolga teng, demak  $K$  vektorning faqat bittagina elementi noldan farqli va hisoblashlar juda sodda. Amaliy jihatdan Grosberg qatlamining har bir neyroni faqat vazn miqdorini beradi, bu neyron qiymati nol bo‘lmagan Koxonenning yagona neyroni bilan bog‘laydi.

**Koxonen qatlamini o‘qitish.** Koxonen qatlami kirish vektorlarini o‘xshash guruhlariga klassifikatsiyalaydi. Koxonen qatlamidagi vaznlarni shunday qayta qurish yordamida amalga oshiriladiki, unda bir-biriga yaqin kirish vektorlari mazkur qatlamdagi bittagina o‘sha neyronni aktivlashtiradi. Undan keyin esa Grosberg qatlamini masalasi talab qilingan chiqishni hosil qilishdan iborat.

Koxonen to‘rini o‘qitish, o‘qituvchisiz, o‘zini-o‘zi o‘qitishdan iborat. Shu boisdan ham Koxonenning aynan qaysi neyronni faollashtiriladi berilgan kirish vektorlari uchun oldindan aytish juda qiyin (bu kerak ham emas). O‘qitish natijasida kirish vektorlarini o‘xshash bo‘lmaganlarini ajratishga kafolatli erishish zarur.

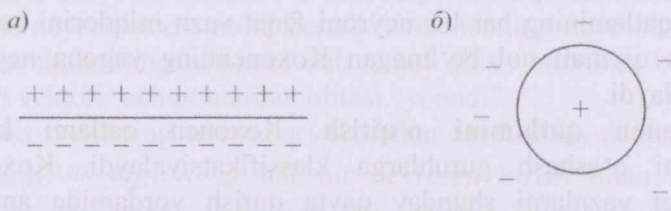
### **Radial neyron to‘rlar**

Yuqoridagi ko‘rib chiqilgan ko‘p qatlamli neyron to‘rlari, kirish o‘zgaruvchilari to‘plamini  $x \in R^N$  chiqish o‘zgaruvchilari to‘plamiga  $y \in R^M$  aylantirish yo‘li bilan ko‘p o‘zgaruvchili funksiyalarni approksimatsiya amalini bajaradi .

Neyronlarni faollashtirishning sigmoid funksiyasi o‘zining xarakteri bo‘yicha global tipdagi approksimatsiyani amalga oshiradi. Buning natijasida uning neyroni, bir vaqtlar “ulangan” bo‘lgan, o‘zini holatini o‘zgartirmay qoladi kirish signalining har qanday qiymatida, uning porogidan ham katta bo‘lishiga qaramay. Shu boisdan ham fazoning xoxlagan nuqtasida funksiyaning qiymatlarini o‘zgartirish juda ko‘p neyronlarning birgalikdagi

kuchlari bilan amalga oshiriladi, mana shu global approksimatsiya deb tushntiriladi.

Radial tipdagi to'rlar sigmoid to'rlarni tabiiy tarzda to'ldirilgan ko'rinishida tasvirlanadi. Sigmoid neyron ko'p o'lchamlik fazoda bu fazoni ikkita kategoriyaga bo'lingan gipertekislikni ifodalaydi quyidagi shartlar bilan: yoki  $(\omega, x) > 0$ , yoki  $(\omega, x) < 0$ . bunday yondashuv quyidagi rasmda (2.20 a-rasm.) tasvirlangan

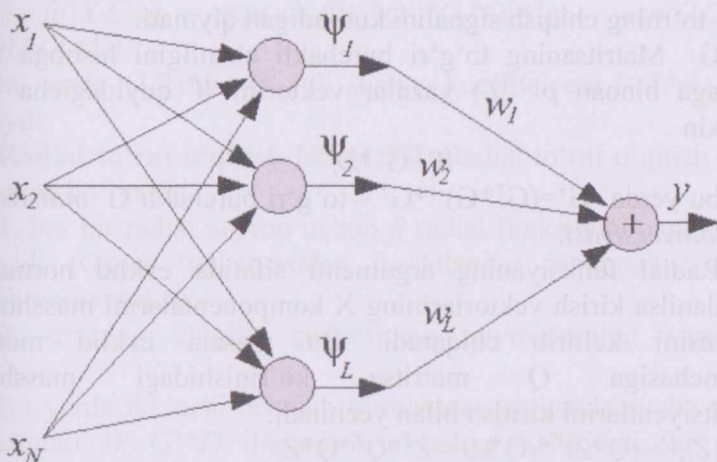


2.20-Rasm. Fazodagi ma'lumotlarni bo'lish usulini namoyish etuvchi: a) sigmoid neyronlar bilan; b) radial neyronlar bilan.

O'z navbatida, radial neyron gipersferani ifodalaydi, ya'ni markaziy nuqta atrofida fazoni shar ko'rinishida bo'laklashni amalga oshiradi (1b-rasm). Shu nuqtai nazardan u sigmoid neyronni tabiiy to'ldiruvchisi deb ataladi, chunki ma'lumotlarning aylana bo'yicha simmetrik holatida neyronlarning soni yetarli, sezilarli darajada kamaytirishga imkoniyat yaratadi, ma'lumotlarni har xil sinflarga bo'lish talab qilinganda bilamizki neyronlar turli xil funksiyalarni bajarishi mumkin, radial to'rlarda juda katta miqdordagi yashirin qatlamlardan foydalanishga zarurat kerak emas. Radial to'rning tipik strukturasi ayirish qatlamidan iborat bo'lib unga kirish vektorini tavsiflovchi  $x$  kirish signallari beriladi, yashirin qatlam radial tipdagi neyronlar bilan va chiqish qatlami qoidaga ko'ra faqat bitta yoki bir qancha chiziqli neyronlardan tashkil topadi. Chiqish neyronining funksiyasi faqat yashirin neyronlar generatsiya qiladigan signallarni normallashtirish qiymatlarini yig'indisini hisoblashdan iborat.

Radial to'rlar radial neyronlardan foydalanib quriladi, faqat o'zining markazi atrofida faollashtirish funksiyasi nol bo'lmagan qiymatga ega bo'ladi. Shu boisdan ham bunday to'r bilan approksimatsiya qilish lokal approksimatsiya deb ataladi.

Radial to‘r ikki qatlamli strukturaga ega, birinchi qatlam radial neyronlardan, ikkinchi qatlam, ya‘ni chiqish qatlami – bitta yoki bir qancha chiziqli neyronlardan tashkil topadi. Quyidagi rasmda radial to‘rning bitta chiqishli struktura sxemasi tasvirlangan.



2.21-Rasm. Radial to‘rning bitta chiqishli struktura sxemasi.

Bu yerda  $f_i(|X-C_i|)$  – bazis funksiya deb ataluvchi  $i$ -chi radial neyronning faollashtirish funksiyasi.

To‘r quyidagi ifodaga asosan kirish signallarini aproksimatsiya qiladi (soddalik uchun  $w_0=0$  deb oldik):

$$y = \text{sum}[i=1:L](w_i * f_i(|X-C_i|)).$$

To‘rni o‘qitish masalasi maqsad funksiyasini minimumga kelishini ta‘minlovchi  $L$ ,  $C_i$  va  $w_i$  larning qiymatlarini tanlashdan iborat.

$$E = (1/2) * \text{sum}[k=1:p] ((\text{sum}[i=0:L](w_i * f_i(|X-C_i|)) - d^k)^2).$$

bu yerda  $p$  – o‘qitish tanlanmasining soni.

Quyidagi ko‘rinishdagi Grin matritsasini  $G$  deb belgilaymiz:

$f_i( X^1-C_i )$	...	$f_i( X^1-C_L )$
$f_i( X^2-C_i )$	...	$f_i( X^2-C_L )$
.	.	.
$f_i( X^p-C_i )$	...	$f_i( X^p-C_L )$

Agar radial funksiyalarning parametrlarini aniq deb hisoblasak, unda to'rtinchi o'qitish masalasi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini yechishga ekvivalent bo'ladi.

$$G^*W=D,$$

Bu yerda  $W=[w_1, w_2, \dots, w_L]^T$  – vaznlar vektori,  $D=[d^1, d^2, \dots, d^p]^T$  – to'rtinchi chiqish signalini kutiladigan qiymati.

G Matritsaning to'rtinchi burchakli ekanligini hisobga olinsa (qoidaga binoan  $p \gg L$ ) vaznlar vektorini  $W$  quyidagicha izlash mumkin

$$W=G^+*D,$$

bu yerda  $G^+=(G^T*G)^{-1}*G^T$  – to'rtinchi burchakli G matritsaning psevdoinversiyasi.

Radial funksiyaning argumenti sifatida evklid normasidan foydalanilsa kirish vektorlarining X komponentalarini masshtablash masalasini keltirib chiqaradi. Bu masala evklid metrikasi tushunchasiga Q matritsa ko'rinishidagi masshtablar koeffitsiyentlarini kiritish bilan yechiladi:

$$|Z|_2^Q=(Q*Z)^T*(Q*Z)=Z^T*Q^T*Q*Z,$$

bu yerda  $Z=[z_1, z_2, \dots, z_N]^T$ .

Masshtablashtiruvchi matritsa N-o'lchovlik fazoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$q_{11}$	$q_{12}$	...	$q_{1N}$
$q_{21}$	$q_{22}$	...	$q_{2N}$
.	.	.	.
$q_{N1}$	$q_{N2}$	...	$q_{NN}$

$Q^T*Q$  matritsalar ko'paytmasini korrelyatsiya matritsasi V deb belgilaymiz, unda quyidagiga ega bo'linadi

$$|Z|_2^Q=\sum_{i=1:N}(\sum_{j=1:N}(b_{ij}*z_i*z_j)).$$

Agar masshtablashtiruvchi matritsa Q diogonal ko'rinishda bo'lsa (bu esa amaliyotda juda ko'p uchraydi), u holda

$$|Z|_2^Q=\sum_{i=1:N}(b_{ii}*z_i^2).$$

Yuqoridagi mulohazalarda aytilgandek, ko'pchilik hollarda radial funksiya sifatida Gauss funksiyasidan foydalaniladi, uning o'zgaruvchilarni masshtablantirilmagan varianti quyida keltirilgan

$$f_i(X) = f_i(|X - C_i|_2) = \exp(-|X - C_i|_2^2 / (2 * s_i^2)),$$

bu yerda  $s_i$  - parametr, funksiyaning kengligini beladi.

Gauss funksiyasining varianti,  $i$ -chi bazis funksiya bilan bog'langan masshtablangan  $Q_i$  matritsadan foydalanganda, quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$f_i(X) = f_i(|X - C_i|_2) = \exp(-(X - C_i)^T * Q_i^T * Q_i * (X - C_i)) = \exp((1/2) * (X - C_i)^T * B_i * (X - C_i)),$$

bu yerda  $(1/2) * B_i = Q_i^T * Q_i$  skalyar koeffitsiyent  $1/(2 * s_i^2)$  rolini o'ynaydi.

**Radial to'rni o'qitish [35,41,57].** Radial to'rni o'qitish ikkita bosqichga bo'linadi:

1. har bir radial neyron uchun  $f_i$  radial funksiyani parametrlari tanlanadi (Gauss funksiyasidan foydalanilsa bu markaz  $C_i$  va kenglik parametri  $s_i$ );

2. to'rning chiqish qatlamidagi neyronlarning vaznlarini tanlash.

Bu yerda ikkinchi bosqich birinchiga qaraganda ancha sodda, chunki  $W = G^+ * D$  ifodani hisoblashga keltiriladi, bu yerda asosiy hisoblash xarajatlari - Grin matritsasini  $G$  psevdoinversiyasini hisoblashdan iborat.

Birinchi qatlamning barcha neyronlari uchun Gauss radial funksiyasini parametrlarini izlash masalasi o'z navbatida ikkita masalaga bo'linadi:

1.  $C_i$  ni markazlarini aniqlash;

2.  $s_i$  larning kengligini hisoblash.

Bilamizki,  $C_i$  ning markazlarini joylashtirishga bo'lgan asosiy talablar, kirish  $X$  ma'lumotlarining aniqlanish sohasi quyidagicha bo'ladi:

- Aniqlanish sohasini to'liq qamrab olish;
- Taqsimotning tekis taqsimlanishi.

Aynan bu talablarga ma'lumotlarni klasterizatsiya bo'yicha yechish javob beradi. Demak, ma'lumotlar klasterida o'rtachalashtirilgan vektorlarni aniqlash uchun bunday to'rlarda qo'llaniladigan o'qitish algoritmi, radial funksiyalarning markazlarini izlash uchun to'g'ridan-to'g'ri radial to'rlarga qo'llash mumkin.

Barcha radial funksiyalarning  $C_i$  markazlarini joylashishini aniqlagandan keyin  $s_i$  ning parametrlarini tashlash amalga oshiriladi, unda radial funksiyaning qiymati  $e$  satxning qiymatidan yuqori bo'ladi.

Eng osoni  $s_i$  ning qiymati sifatida  $C_i$  ning markazidan eng yaqin qo'shnigacha bo'lgan Evklid masofani olgan ma'qul. Eng ko'p qo'shnilarni xam hisobga olish mumkin, quyidagi formuladan foydalanib ,

$$s_i = \text{sqr}t((1/L) * \text{sum}[j=1:L](|C_j - C_i|_2^2)),$$

bu yerda  $L$  -  $C_i$  markazning yaqin qo'shnilari soni (odatda  $L=3...5$ ).

**Radial to'rlarning matematik asoslari.** Radial to'rlarning faoliyat ko'rsatish asosini T.Koverning obrazlarni anglash teoremasi tashkil qiladi, ya'ni bu teoremaga binoan birorta ko'p o'lchamlik fazoda obrazlarning nohiziqli proyeksiyalarini juda katta ehtimollik bilan chiziqli bo'laklash (ajratish) mumkin

Agar radial funksiyalar vektorini  $N$  - o'lchamlik fazoda  $\varphi(x)$  deb belgilansa, u holda fazo  $\varphi$  nohiziqli ikkita  $X^+$  va  $X^-$  fazoviy sinfga bo'lingan deyiladi, agarda shunday  $\omega$  vaznlar vektori mavjud bo'lsa, unda

$$\omega^T \varphi(x) > 0, \dot{x} \in X^+$$

$$\omega^T \varphi(x) > 0, x \in X^-$$

Bu ikkita sinf orasidagi chegara  $\omega^T \varphi(x) = 0$  tenglama bilan aniqlanadi.

Isbotlangan, har bir obrazlar to'plami, ko'p o'lchamli fazoda tasodifiy tarzda joylashgan bo'lsa,  $\varphi$  fazo 1 ehtimollik bilan bo'linuvchi fazo bo'ladi, shunday shart bilanki agar bu fazoning o'lchamlari juda katta bo'lsa. Amaliyotda bu shundan dalolat beradiki, radial funksiyalarni  $\varphi(x)$  amalga oshiruvchi juda katta sondagi yashirin neyronlarni qo'llash bor-yo'g'i ikki qatlamli to'rni qurganda klassifikatsiya masalasini yechishni kafolatlaydi: yashirin qatlam  $\varphi(x)$  vektorni amalga oshirishi zarur, chiqish qatlami esa yagona chiziqli neyrondan tashkil topishi mumkin, u  $\omega$  vektor bilan berilgan vazn koeffitsiyentlari bilan berilgan yashirin neyronlardagi signallarni jamlash amalini bajaradi.

Oddiy radial tipidagi neyron to'ri ko'p o'lchamlik interpolatsiya prinsipida faoliyat ko'rsatadi,  $p$  to'plamdagi  $d_i, i=1,2,\dots,p$  sonlardan  $N$  - o'lchamlik kirish fazosida  $x_i, i=1,2,\dots,p$  kirish vektorlarining turli xil  $p$  akslantirishlaridan tashkil topgan.

Bu jarayonni amalga oshirish uchun  $p$  radial tipidagi yashirin neyronlardan foydalanish zarur va shunday akslantirish  $F(x)$  funksiyasini berish kerakki uning uchun quyidagi interpolatsiya sharti bajarilsin

$$F(x_i) = d_i$$

Chiqishdagi vazniga ega bo'lgan chiziqli neyronlar bilan aloqalarni bog'lovchi  $p$  yashirin neyronlardan foydalanish mos keladigan o'lchangan bazis funksiyalarning qiymatlarini jamlash yo'li bilan to'rning chiqish signallarini rasmiylashtirishni anglatadi.

Bitva chiqishli va  $p$  o'qituvchi  $(x_i, d_i)$  juftlikdan iborat radial to'rni ko'rib chiqamiz. To'rning har bir  $p$  markazlarini tugunlarini koordinatalari birorta  $x_i$  vektorlar bilan aniqlanadi, ya'ni  $c_i = x_i$ . Bunday holatda to'rning kirish va chiqish signallari orasidagi o'zaro bog'lanishlar vaznlarga nisbatan chiziqli bo'lgan tenglamalar sistemasi bilan aniqlanishi mumkin, u matritsa ko'rinishida quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:



$$\begin{aligned}
\varphi \cdot w &= d, \\
\varphi_{ji} &= (\|x_j - x_i\|) \\
w &= [w_1, w_2, \dots, w_p]^T \\
d &= [d_1, d_2, \dots, d_p]^T \\
x_1 &\neq x_2 \neq \dots x_p \\
W &= \varphi^{-1}d, \\
& p \times p \\
& K \\
F(x) &= f_1 + f_2 + \dots + f_K, \\
f_i &= w_i \varphi(\|x - c_i\|), K < p \\
ic &, i = 1, 2, \dots, K \\
K &= pj \\
c_i &= x_i \\
\varphi(x) &= \varphi(\|x - c_i\|) = \exp(-\|x - c_i\|^2 / 2\sigma_i^2). \\
& \sigma_i \\
& w_0 \\
& \beta \\
& w^T x \\
NET_j &= k \sum_{i \neq j} \omega_{ij} OUT_i + IN_j \\
OUT_j &= \begin{cases} 1, \text{ agar } NET_j > T_j \\ 1, \text{ agar } NET_j < T_j \\ 0, \text{ 'zgarmaydi, agar, } NET_j = T_j \end{cases} \\
Y &= \{y_i : i = 0 \dots n-1\} \\
& x_i^k \\
k &= 0, \dots, m-1 \\
Y &= X^k \\
\omega_{ij} &= \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, \text{ agar, } i \neq j \\ 0, \text{ agar, } i = j \end{cases} \\
X &= \{x_i : i = 0 \dots n-1\}
\end{aligned}$$

$$\varphi \cdot w = d, \quad (2.27)$$

bu yerda  $\varphi_{ji} = \|x_j - x_i\|$ ) majburiy vektor  $x_j$ ,  $w = [w_1, w_2, \dots, w_p]^T$  va  $d = [d_1, d_2, \dots, d_p]^T$  bilan markazi  $x_i$  nuqtada bo'lgan radial funksiyani aniqlaydi.

Quyidagi holatdagi

$$x_1 \neq x_2 \neq \dots \neq x_p$$

radial funksiyalar uchun kvadratli interpolyatsion  $\varphi$  matritsa bir jinsli emas va bu yerda manfiy bo'lmagan ko'rinishda aniqlangan. Shu boisdan (2.27) tenglamani yechimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi, bu esa to'ring chiqishidagi neyronni vazn vektorini olishga imkoniyat yaratadi.

$$W = \varphi^{-1}d, \quad (2.28)$$

(2.28) ifodada tasvirlangan muammoning nazariy yechimi, absolyut to'g'ri deb hisoblanmasligi mumkin chunki to'ring boshida qilingan chetlanishlarning umumiy xossalari juda qattiq cheklanganligi sababli. Juda katta miqdordagi o'qitish tanlanmasida va unga teng bo'lgan miqdordagi radial funksiyalar muammosi matematik nuqtai nazardan cheksiz bo'lib qoladi (juda yomon strukturalangan), chunki (2.27) modellashtiruvchi tenglama bilan fizik jarayon modellashtirilganda tenglamalar soni fizik jarayonning erkinlik darajasi sonidan oshib keta boshlaydi. Bu shundan dalolat beradiki, haddan tashqari ko'p sonli vazn koeffitsiyentlarining natijasi o'qituvchi tanlanmani kuzatib boruvchi turli ko'rinishdagi shovqinlar yoki nosozlanuvchi adaptatsiya modeli bo'lib qoladi. Buning natijasida ma'lumotlar bilan interpolyatsiyalangan gipersirtni yuzasi tekis bo'lmaydi, umumlashtiruvchi imkoniyatlari esa juda kuchsiz bo'lib qoladi.

Buni kuchlantirish uchun radial funksiyalarning sonini kamaytirmoq kerak va talabga qaragandagidan ham ko'p bo'lgan ma'lumotlar hajmidan masalani regulyarizatsiya qilish uchun qo'shimcha axborotni olish va uni yaxshilash uchun harakat qilinadi.

**Radial neyron to'ri**  $p$ -bazis funksiyalarni yoyilishidan foydalanish, bu yerda  $p$ - o'qituvchi tanlanmaning soni, amaliy nuqtai nazardan mumkin bo'lmagan holat, chunki odatda bu tanlanmaning soni juda katta va natijada o'qituvchi algoritmnining hisoblash qiyinligi juda oshib ketadi.  $p \times p$  o'lchamlik (2.27)

tenglamalar sistemasini yechish,  $p$  ning katta qiymatlarida juda katta qiyinchilik tug'diradi.

Xuddi shunday ko'p qatlamli to'rlar uchun vaznlar sonini keltirib chiqarish zarur, bunday holatlarda bazis funksiyalarning sonini kamaytirishga harakat qilishadi. Shu boisdan ham kichik o'lchamli fazoda suboptimal yechimni izlashadi, bu esa yetarlicha aniqlikda aniq yechimni aproksimatsiya qiladi. Agar  $K$  bazis funksiyalar bilan cheklanilsa, u holda aproksimatsiyalovchi yechimni quyidagicha tasvirlash mumkin

$$F(x) = f_1 + f_2 + \dots + f_K, \quad (2.29)$$

bu yerda  $f_i = w_i \varphi(\|x - c_i\|)$ ,  $K < p$ , va  $c_i, i = 1, 2, \dots, K$  -

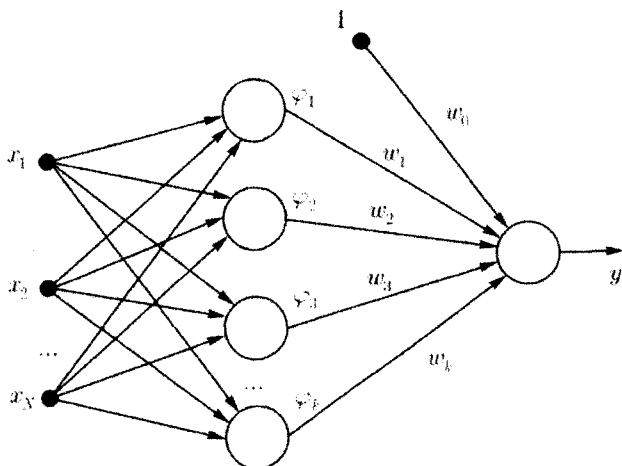
aniqlanishi zarur bo'lgan markazlar to'plami. Ayrim hollarda, agar  $K = p$  deb qabul qilinsa, u holda aniq yechimni olish mumkin  $c_i = x_i$ .

Ko'pchilik hollarda radial funksiya sifatida Gauss funksiyasini qo'llashadi. Ularning markazini  $c_i$  nuqtaga joylashtirilganda qisqartirilgan shaklda quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp(-\|x - c_i\|^2 / 2\sigma_i^2). \quad (2.30)$$

Bu ifodada  $\sigma_i$ - parametr, funksiyaning kengligi uning qiymatiga bog'liq.

Olingan natijalar, ko'p o'lchovli fazoda lokal bazisli radial funksiyalarning (ifoda (2.29)) solishtirilgan o'lchovli yig'indisi aproksimatsiyalovchi funksiya ko'rinishida tasvirlangan, bu o'z navbatida 2.22-rasmdagidek radial neyron to'ri bilan interpretatsiya qilinishi mumkin (soddalik uchun bu radial to'r faqat bitta chiqishga ega), bunda  $i$  (2.30) ifoda bilan aniqlanadi. Bu to'r ikki qatlamli strukturadan iborat, bunda faqat yashirin qatlam nochiziq akslantirishni amalga oshiradi, bazis radial funksiyali neyronlar bilan bajariladi. Chiqish neyroni, qoidaga binoan chiziqli, uning vazifasi, roli yashirin qatlamdagi neyronlardan kelayotgan signallarning solishtirma qiymatlarini yig'indisini hosil qilishdan iborat. Vazn  $w_0$ , xuddi sigmoidal funksiyadan foydalangandagidek, porogni (polyarizatsiyani) tasvirlaydi, funksiyaning doimiy siljishini ifodalovchi ko'rsatkich.



2.22-Rasm. Radial to‘rning umumlashgan strukturasi

Hosil qilingan radial to‘rning arxitekturasi shunday strukturaga mansubki, bitta yashirin qatlamli sigmoidal to‘rning ko‘p qatlamli strukturasi o‘xshashdir. Bunda yashirin neyronlar bazis radial funksiyalarning rolini o‘ynaydi, sigmoidal funksiyalardan o‘zining signalining shakli bilan farq qiladi.

Bunday o‘xshashliklariga qaramasdan bunday tipdagi neyron to‘rlari bir -biridan prinsipial farq qiladi. Radial to‘r bitta yashirin qatlamli va chiziqli chiqish neyronli tugallangan (o‘zgarmaydigan) strukturaga ega, sigmoidal to‘r esa turlicha sondagi qatlamlarga, chiqish neyronlari ham chiziqli, ham nochiziqli bo‘lishi mumkin. To‘rda ishlatiladigan radial funksiyalar juda ko‘p turli tuman strukturalarga ega bo‘lishi mumkin. Har bir yashirin neyronning nochiziqli radial funksiyasi o‘zining  $c_i$  va  $\sigma_i$  qiymatli parametrlariga ega bo‘lishi mumkin, bunda sigmoidal to‘rga o‘xshab, qoidaga binoan,  $\beta$  parametrli barcha neyronlar uchun faqat bittagina faollashtiruvchi standart funksiyani qo‘llash mumkin. Radial funksiyalarning argumenti  $c_i$  ning markazidan obraz  $x$  gacha bo‘lgan Evklid masofadan iborat, sigmoidal to‘rlarda esa -  $w^T x$  vektorlarning skalyar ko‘paytmasidan iborat.

### **Takrorlash va mustahkamlash uchun savollar**

1. Qarama-qarshi tarqalish to'ri nimaga o'xshab faoliyat ko'rsatadi ?
2. Radial neyron to'ri haqida ma'lumot bering .
3. Radial to'rni o'qitish nechta bosqichga bo'linadi va ular qaysilar ?
4. Radial to'r qatlamlari nimalardan tashkil topadi ?
5. Grosberg qatlami hamda Koxonen qatlamlari haqida ma'lumot bering .

## 9. REKURRENT TO‘RLAR

### Reja:

1. **Teskari bog‘lanishli to‘rlarning konfiguratsiyasi**
2. **Binar sistemalar.**

**Teskari bog‘lanishli to‘rlarning konfiguratsiyasi.** Yuqoridagi ko‘rib chiqilgan perseptron axborotlarni to‘g‘ri oqimli yo‘naltirilgan va teskari aloqasi bo‘lmagan neyron to‘rlari sinfiga mansubdir. Faoliyat ko‘rsatish bosqichida har bir neyron o‘zining funksiyasini bajaradi – o‘zining hayajonini boshqa neyronlarga uzatadi faqat bir marta, neyronlarning dinamik holati iteratsion jarayon emas.

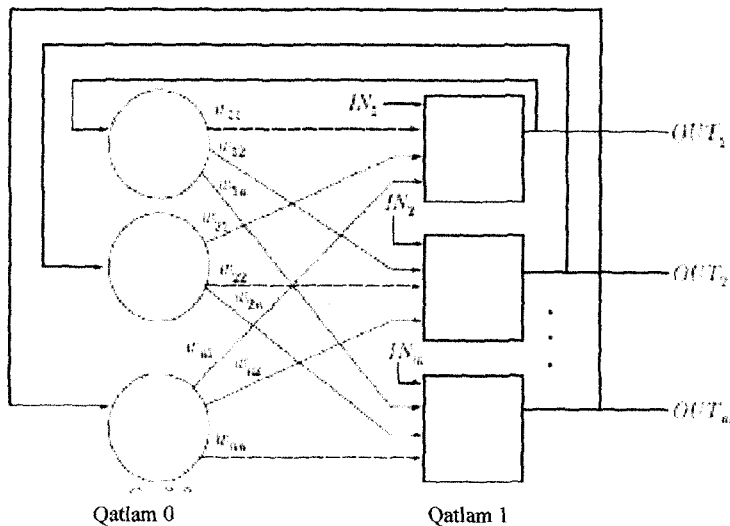
Koxonen to‘rida neyronlarning dinamikasi bir qancha murakkab hisoblanadi. Neyronlarning raqobatli musobaqasi iteratsiya yo‘li bilan amalga oshiriladi, bu jarayonda axborotlar neyronlar o‘rtasida ko‘p marotalab uzatiladi.

Umumiy holatda neyron to‘ri xoxlagancha teskari aloqaga ega bo‘lgan, bu aloqa orqali uzatilgan hayajonlanish yana o‘sha neyronga qaytib keladi va u yana o‘z funksiyasini bajarishni davom ettiradi. Lokal ko‘rinishdagi biologik neyron to‘rlarini kuzatish juda ko‘p teskari aloqalarning mavjudligini ko‘rsatadi. Neyronlar dinamikasi bunday sistemalarda iteratsion holatda bo‘ladi. Bu xossa neyron to‘rlari arxitekturalarini juda ko‘p tiplarini kengaytirishga imkon yaratadi, shu bilan birga yangi muammolarni ham keltirib chiqaradi.

Neyronlar holatining iteratsion bo‘lmagan dinamikasi odatda, doim turg‘un. Teskari aloqalar noturg‘un holatlarni keltirib chiqarishi mumkin, xuddi radiotexnika sistemalaridagi kuchaytirish sxemalaridagi musbat teskari bog‘lanishlar. Neyron to‘rlarida noturg‘unlik holati neyronlar holatining daydi ko‘rinishida o‘zgarishidan kelib chiqadi, bu esa stasionar holatni kelib chiqishiga olib kelmaydi. Umuman olganda, teskari aloqali har qanday sistemani dinamik turg‘unligi masalasi juda murakkab masala va hozirgacha o‘zining yechimini topganicha yo‘q, masala ochiq hisoblanadi.

Xususiyy neyron to‘rlarining arxitekturasini muhim holatlariga to‘xtalamiz, bunday to‘rlar uchun turg‘unlik xossalari juda yaxshi o‘rganilgan. Quyidagi 23-rasmda ikkita qatlamdan tashkil topgan

teskari aloqali to'rt tasvirlangan. Xopfildning va shunga o'xshash boshqalarning ishlaridagi tasvirlangan to'rtlardan ancha farq qiladi, biroq funksional nuqtai nazardan ekvivalent hisoblanadi. Nolinci qatlam, oldingi rasmlardagi kabi hisoblash funksiyalarini bajarmaydi, faqat to'rtning chiqishini teskari tomonga, ya'ni kirishga qarab taqsimlaydi. Birinchi qatlamning har bir neyroni o'zining kirishidagi signallarni o'lchamlashtirilgan summasini hisoblab NET signali hosil qiladi, undan keyin bu signal nochiziqli F funksiya yordamida OUT signaliga o'zgartiriladi. Bu amallar boshqa to'rtlardagi neyronlar bilan o'xshashdir.



2.23-Rasm. Teskari aloqali neyron to'rti

**Binar sistemalar.** D.Xopfildning birinchi ishida F oddiy porog funksiyasi edi. Bunday neyronning chiqishi birga teng, agar boshqa neyronlarning solishtirma o'lchangan chiqish summasi belgilangan satxdan T katta bo'lsa, aks holda u nolga teng. Sathning qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$NET_j = \sum_{i=j} \omega_{ij} OUT_i + IN_j$$

$$OUT_j = \begin{cases} 1, \text{ agar } NET_j > T_j \\ 1, \text{ agar } NET_j < T_j \\ \text{o'zgarmaydi, agar, } NET_j = T_j \end{cases}$$

**To'ring holati** – bu barcha neyronlardan keladigan *OUT* joriy signallarning qiymatlari to'plami. Xopfieldning dastlabki to'rida har bir neyronning holati tasodifiy diskret vaqt momentlarida o'zgarib turadi, keyinchalik esa – neyronlarning holati bir vaqtda o'zgaradigan bo'ladi. Chunki binar neyronning chiqishi faqat bir yoki nol bo'lishi mumkin (oraliq daraja yo'q), bunday holatda to'ring joriy holati ikkilik sistemasi bilan belgilanadi, har bir bit birorta neyronning *OUT* signali bo'ladi.

Bunday to'rdagi yechiladigan masala qoida bo'yicha quyidagicha rasmiylashtiriladi. Ikkilik signallarning namuna deb hisoblanuvchi birorta to'plami ma'lum (tasvir, raqamlashtirilgan tovush, raqamlashtirilgan boshqa ma'lumotlar). To'r o'zining kirishiga berilgan har qanday noideal signaldan mos namunani (agar shunday bo'lsa) ajratib olishi (ozgina axborotlar bo'yicha “eslashi”) yoki “xulosa berishi” zarur, ya'ni kirish ma'lumotlari birorta namunaga mos kelmaydi deb. Umumiy holatda har qanday signal vektor ko'rinishida  $X = \{x_i; i=0..n-1\}$  tavsiflanishi mumkin,  $n$  – to'rdagi neyronlar soni, kirish va chiqish vektorlarini o'lchami. To'ring har bir elementi  $x_i$  yoki 1 yoki 0 ga teng.  $k$ -chi namunani tavsiflaydigan vektorni belgilaymiz  $X^k$  orqali, uning komponentalarini mos ravishda  $x_i^k$   $k=0, \dots, m-1$ -komponentalar soni. To'r unga berilgan ma'lumotlar asosida birorta namunani anglab yetsa (yoki “eslasa”), uning chiqishida aynan o'sha namuna bo'ladi, ya'ni  $Y = X^k$ , bu yerda  $Y$  – to'ring chiqish vektorlarini qiymati:  $Y = \{y_i; i=0..n-1\}$ . Aks holda chiqish vektori hech qaysi namuna bilan mos tushmaydi.

Masalan signallar birorta tasvirni ifodalasa, u holda to'ring chiqishida ma'lumotlarni grafik ko'rinishida akslantirilgan kartinkani ko'rish mumkin, namuna bilan to'liq mos tushadigan (to'g'ri yechim, ya'ni muvaffaqiyatli holatida) yoki “xoxlagancha erkin tasvirlangan kartinkani” (muvaffaqiyatsiz holatida).

To'rni initsializatsiya qilish bosqichida sinapslarning vazn koeffitsiyentlari quyidagicha o'rnatiladi:

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, \text{ agar } i \neq j \\ 0, \text{ agar } i = j \end{cases}$$



Bu yerda  $i$  va  $j$  – mos ravishda, sinaptikgacha va sinaptikdan keyingi neyronlarni indekslari;

Bu yerda  $i$  va  $j$  – mos ravishda sinaptik neyrongacha va sinaptik neyrondan keyingi neyronlarning indekslari;  $x_i^k$ ,  $x_i^k$ ,  $k$ - chi namuna vektorini  $i$ -chi va  $j$ -chi elementlari.

To‘rning faoliyat algoritmi quyidagicha ( $p$  — iteratsiyani nomeri):

1. To‘rning kirishiga noaniq signal beriladi. Amalda kirish signali aksonlarning qiymatlarini o‘rnatish bilan amalga oshiriladi:  $y_i(0) = x_i$ ,  $i = 0, \dots, n-1$  shu boisdan ham to‘rning sxemasida tasvirlangan kirish sinapslari odatda shartli xarakterga ega. Qavs ichida  $Y_i$  dan o‘ng tomondagi nol, to‘rning ishlash siklidagi nolinchi iteratsiyani bildiradi.

2. Neyronlarning yangi holatlari hisoblanadi  $s_j(p+1) \sum_{i=0}^{n-1} \omega_{ij} y_i(p)$ ,  $j = 0, \dots, n-1$  va aksonlarning yangi qiymatlari  $y_j(p+1) = f[s_j(p+1)]$  bu yerda  $f$  – sakrash ko‘rinishidagi faollashtirish funksiyasi.

3. Tekshirish, oxirgi iteratsiyada aksonlarning chiqish qiymatlari o‘zgardimi yo‘qmi. Agar xa bo‘lsa 2 bandga o‘tiladi, aks holda (agar chiqishlar stabillashgan bo‘lsa) – protsedura yakunlanadi. Bunda chiqish vektori kirish ma‘lumotlari bilan juda yaxshi kelishilgan namunani tasvirlaydi.

Yuqorida aytilganidek, ayrim hollarda to‘r namunalarni anglab yetmasligi mumkin va chiqishida mavjud bo‘lmagan namunani berishi mumkin. Bu to‘rning imkoniyatlarini cheklanganlik muammosi bilan bog‘liq. Xopfild to‘ri uchun namunalarlarni eslash soni  $m$  taxminan 0,15n miqdordan oshib ketmasligi zarur. Bundan tashqari, agar ikkita namuna A va B bir-biriga juda o‘xshash bo‘lsa, to‘rning chiqishida bir-biri bilan kesishadigan assotsiativ holat bo‘lishi mumkin, ya‘ni A namuna chiqishda B deb yoki B namuna chiqishda A deb tasvirlanishi mumkin.

### **Takrorlash va mustahkamlash uchun savollar .**

1. Teskari aloqalar qanday holatlarni keltirib chiqarishi mumkin ?
2. Neyronlar holatining iteratsion bo‘lmagan dinamikasi, odatda qanday holatda ?

## 10-MAVZU: XEMMING NEYRON TO'RI .

### Reja :

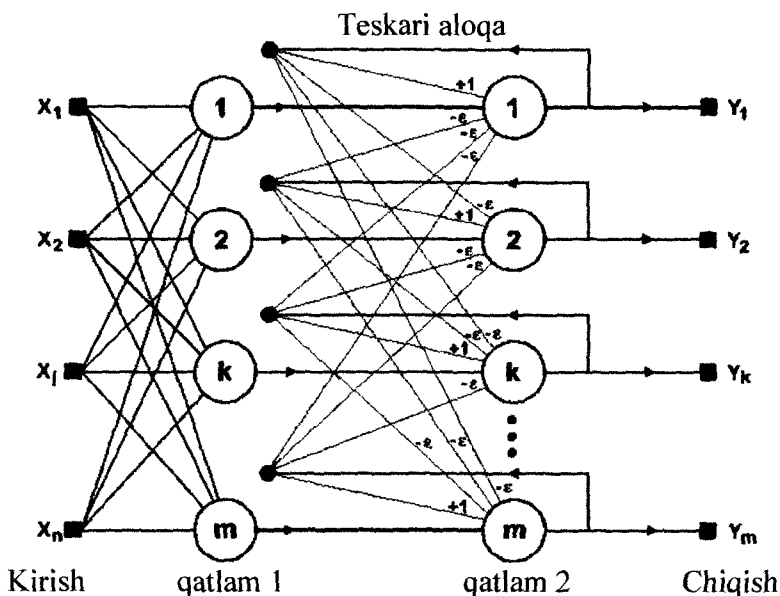
1. Xemming neyron to'ri .
2. Xemming neyron to'ri ishlash algoritmi .
3. Turg'unlik.

### Xemming neyron to'ri .

To'r namunasi ochiq oydin ko'rinishda berishini zarurati bo'lmagan taqdirda Xemming to'ri assotsiativ xotirani juda yaxshi amalga oshiradi. Bu to'r Xopfild to'ri bilan solishtirilganda xotiradan foydalanishni iqtisod qilish va hisoblashlar hajmining kamayishi bilan xarakterlanadi, bu to'rning strukturasi ochiq oydin ko'rib turibdi , to'r ikki qatlamdan tashkil topgan .

Birinchi va ikkinchi qatlam har biri  $m$  ta neyronidan iborat, bu yerda  $m$  – namunalar soni. Birinchi qatlamning neyronlari  $n$  tadan sinapsga ega, to'rning kirishi bilan bog'langan (bular fiktiv nolinch qatlamni tashkil qiladi). Ikkinchi qatlamning neyronlari ingibitor (teskari manfiy bog'lanish) tipidagi sinaptik bog'lanishlar bilan o'zaro bog'langan. Musbat tekari aloqali bittagina sinaps har bir neyron uchun uning aksoni bilan bog'langan

To'rning ishlash g'oyasi testlanayotgan namunadan barcha namunalargacha bo'lgan Xemming masofani topishdan iborat. Xemming masofasi deb ikkita binar vektorning bir - biridan bitlar bilan farqlanadigan soniga aytiladi. To'r namunani shunday tanlashi kerakki, namunadan noma'lum kirish signaligacha bo'lgan Xemming masofasi minimal bo'lsin, natijada to'rning bittagina chiqishi faollashadi, ya'ni aynan shu namunaga mos kelgan.



2.24-Rasm. Xemming neyron to'ri

Birinchi qatlamdagi vazn koeffitsiyentlarini initsializatsiya qilish bosqichida va faollashtirish funksiyasining sathiga quyidagi qiymatlar beriladi:

$$\omega_{ik} = \frac{x_i^k}{2}, \quad i=0, \dots, n-1, \quad k=0, \dots, m-1$$

$$T_k = \frac{n}{2}, \quad k=0, \dots, m-1.$$

Bu yerda  $x_i^k$   $k$  - chi namunani  $i$  - chi elementi.

Ikkinchi qatlamda tormozlashtiradigan sinapslarning vazn koeffitsiyentlari birorta miqdorga teng qilib olinadi, ya'ni  $0 < \epsilon < 1/m$ . O'zining aksoni bilan bog'langan neyronning sinapsini vazni  $+1$  bo'ladi.

Xemming to'riining faoliyat qilish algoritmi quyidagicha:

1. To'ring kirishiga noma'lum vektor  $X = \{x_i | i=0, \dots, n\}$  beriladi, buning natijasida birinchi qatlamdagi neyronlarning holati hisoblanadi (qavsdagi yuqori indeks qatlamni nomerini ko'rsatadi)

$$y_j^{(1)} = s_j^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} \omega_{ij} x_i + T_j \quad j = 0, \dots, m-1$$

Bundan keyin olingan natijalar bilan ikkinchi qatlamdagi aksonlarning qiymatlari initsializatsiya qilinadi:

$$y_j^{(2)} = y_j^1 \quad j = 0, \dots, m-1.$$

2. Ikkinchi qatlamdagi neyronlarning yangi holati hisoblanadi:

$$s_j^2(p+1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{k=0}^{m-1} y_k^{(2)}, \quad k \neq j, \\ j = 0, \dots, m-1$$

va aksonlarning yangi qiymatlari

$$s_j^2(p+1) = f \left[ s_j^2(p+1) \right], \quad j = 0, \dots, m-1$$

Faollashtirish funksiyasi  $f$  ning sathi,  $F$  ning miqdori yetarlicha katta bo'lishi zarur, chunki argumentning har qanday mumkin bo'lgan qiymatlari to'yinishga olib kelmasligi kerak.

3. Tekshirish, oxirgi iteratsiyada ikkinchi qatlamdagi neyronlarning chiqishlarida o'zgarish bo'ldimi, agar xa bo'lsa 2 bandga o'tiladi, aks holda (agar chiqishlar stabillashgan bo'lsa) – protsedura yakunlanadi.

Algoritmni taxlil qilish natijasida ko'rinib turibdiki birinchi qatlamning roli biroz shartli: birinchi qadamda birinchi qatlamning vazn koeffitsiyentlaridan bir marta foydalanadi, undan keyingi qadamlarda unga murojaat qilmaydi, shu boisdan ham birinchi qatlamni to'rdan umuman olib tashlasa ham bo'ladi.

**Turg'unlik.** Xuddi boshqa to'rlardagi kabi, bu to'rdagi qatlamlar orasidagi vaznlar matritsa  $W$  ko'rinishida qaralishi mumkin. Teskari aloqali to'r turg'un hisoblanadi, agar uning matritsasi simmetrik va asosiy dioganali nullardan iborat bo'lsa, ya'ni  $W_{ij} = W_{ji}$  va  $W_{ii} = 0$ .

Bunday to'rning turg'unligi matematik metodlar yordamida isbotlanishi mumkin. Aytaylik, shunday funksiya topilganki, to'rning holatini o'zgarishiga qarab doimo kamayib boradi. Biror vaqtdan keyin funksiya minimum qiymatga yetishi va keyinchalik funksiya o'z qiymatini o'zgartirmasligini, natijada to'rning turg'unligini kafolatlaydi. Bunday funksiya Lyapunov funksiyasi deb nomlanadi, qaralayotgan teskari aloqali to'r uchun bu funksiya quyidagicha kiritilishi mumkin:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} OUT_i OUT_j - \sum_j I_j OUT_j + \sum_j T_j OUT_j,$$

$$\delta E = j \left[ \sum_{i \neq j} (w_{ij} OUT_i) + I_j - T_j \right] \delta OUT_j = -[NET_j - T_j] \delta OUT_j, ph(S, S_0)$$

bu yerda E — to‘rning sun‘iy energiyasi;

$w_{ij}$  — i-chi neyronni chiqishdan j neyronni kirishiga berilayotgan

vazn;

$OUT_i$  — j-chi neyronni chiqishi;

$I_j$  — j-chi neyronni tashqi kirishi;

$T_j$  — j-chi neyronni sathi.

Energiya YE ning o‘zgarishi, j-chi neyronni holatini o‘zgarishiga mos bo‘ladigan miqdor quyidagicha bo‘ladi

$$\delta E = j \left[ \sum_{i \neq j} (w_{ij} OUT_i) + I_j - T_j \right] \delta OUT_j = -[NET_j - T_j] \delta OUT_j,$$

bu yerda  $\delta OUT_j$  - j-chi neyronni chiqishidagi o‘zgarish.

Aytaylik, j-chi neyronni NET qiymati sathning qiymatidan katta. U holda qavs ichidagi ifodani qiymati musbat bo‘ladi, mazkur tenglamaga binoan, j-chi neyronni chiqishi musbat tomonga o‘zgarishi zarur (yoki o‘zgarishsiz qolishi kerak). Bu shundan dalolat beradiki,  $\delta OUT_j$  faqat musbat yoki nol bo‘lishi mumkin va  $\delta E$  manfiy bo‘lishi zarur. Demak, to‘rning energiyasi yoki kamayishi, yoki o‘zgarmasdan qolishi zarur.

Endi aytaylik, NET ning qiymati sath dan kichik. Unda  $\delta OUT_j$  ning miqdori faqat manfiy yoki nol bo‘lishi mumkin. Demak, bu holda ham to‘rning energiyasi kamayishi yoki o‘zgarmay qolishi zarur.

Yakuniy holatda, NET ni qiymati sathni qiymatiga teng, unda  $\delta OUT_j$  ning qiymati nol va energiya o‘zgarmay qoladi.

Ko‘rib chiqdikki, neyronning holatini har qanday o‘zgarishi to‘rning energiyasini yoki ko‘paytiradi, yoki o‘zgartirmaydi, bunday ketma-ket to‘rning energiyasini kamaytirishga bo‘lgan intilishlar oxir oqibatda minimumga erishishi zarur va energiyani o‘zgarishi to‘xtaydi. Faoliyatiga ko‘ra bunday to‘rlar turg‘un hisoblanadi.

Sistemaning turg'unligi uchun to'rni matritsasini simmetrikligi yetarli hisoblanadi, biroq zaruriy shart deb hisoblanmaydi. Juda ko'p turg'un sistemalar mavjud (masalan, to'g'ri harakatdagi barcha to'rlar), ular yuqoridagi shartni qanoatlantirmaydi. Shunday misollarni keltirish mumkin, ularda simmetriyani ozgina miqdorga o'zgartirish to'xtovsiz ossillyatsiyalarga olib keladi. Biroq taxminiy simmetriklik odatda sistemani turg'unligi uchun yetarli.

#### **Mustahkamlash uchun savollar .**

1. To'r nechta qatlamdan tashkil topgan ?
2. Xemming masofa nima va u qanday hisoblanadi ?
3. Sistemaning turg'unligi uchun to'rni nimasi yetarli hisoblanadi ?
4. Turg'unlik nima ?
5. To'rning ishlash g'oyasi qanday ?

## 11– MAVZU: AVTOASSOTSIATIV TO‘RLAR

### Reja:

1. Assotsiativ xotira va obrazlarni anglash masalasi.
2. Xopfild to‘rining assotsiativ xarakterli xotirasi.

**Assotsiativ xotira va obrazlarni anglash masalasi.** Xopfild to‘rining neyronlarining holatlarini ketma-ket o‘zgarish jarayoni dinamikasi birorta statsionar holatga borib to‘xtaydi, bu holat energetik funksiyaning  $E(S)$  lokal minimumi bo‘lishi mumkin. Dinamik jarayonda energiyaning o‘smasligi birorta  $S$  lokal minimumni tanlashga olib keladi, ya’ni basseynning tortishiga boshlang‘ich holat kelib tushadi (to‘rga berilayotgan dastlabki namuna)  $S_0$ . Bunday holatni sistemani funksiyaning  $S$  minimum kosasidagi holat deb ham atashadi.

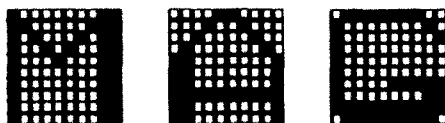
To‘rning ketma-ketilik dinamikasida statsionar holat sifatida shunday bir  $S$  namunani tanlash kerakki, u alohida neyronlarning holatini o‘zgartirish sonini minimallashtirishni talab qilsin. Ma’lumki ikkita ikkilik sistemasidagi vektorlar uchun bitta vektorni ikkinchi vektor holatiga o‘tkazish uchun komponentalarini o‘zgartirishning minimum soni Xemming masofasi  $ph(S, S_0)$  hisoblanadi, u holda xulosa qilish mumkinki, to‘rning dinamikasi Xemming bo‘yicha energiyaning yaqin lokal minimumida to‘xtaydi.

Aytaylik  $S$  ning holati xotiraning ideal namunasiga mos keladi. U holda  $S$  ning  $S_0$  holatdan ikkinchi  $S$  holatga o‘tishini  $S$  namunaning buzilgan (shovqinli, buzilgan yoki to‘liq bo‘lmagan)  $S_0$  nusxasini ketma-ket ideal nusxagacha qayta tiklash protsedurasi bilan solishtirish mumkin. Bunday xossalari xotirani axborotlarni o‘qish jarayoni assotsiativ xotira hisoblanadi. Namunaning buzilgan qismlarini izlash va ideal namuna bo‘yicha uni qayta tiklash ular orasidagi assotsiativ bog‘lanishlar orqali amalga oshiriladi.

**Xopfild to‘rining assotsiativ xarakterli xotirasi** odatdagi adresli, kompyuterli xotiradan sifat jihatdan farq qiladi. Kompyuterda kerakli axborotni chiqarib olish boshlang‘ich nuqtadagi adresi bo‘yicha bajariladi (xotira yacheykasi). Adresni yo‘qotish (yoki adresdagi bitta bitni yo‘qotish) bir butun axborot fragmentiga bo‘lgan murojaatni yo‘q qiladi. Assotsiativ xotiradan

foydalanilganda esa axborotga bo'lgan murojaat to'g'ridan-to'g'ri uning tarkibi bo'yicha amalga oshadi, ya'ni qisman buzilgan fragmentlari bo'yicha. Bu yerda axborotni bir qismini buzilganligi axborotga bo'lgan murojaatni katastrofik tarzda cheklamaydi, agar qolgan axborotlar ideal namunani tiklashga yetarlicha bo'lsa. Namunaning buzilgan, qisman yo'qolgan, shovqinlangan namunasi bo'yicha ideal namunani izlash, qayta tiklash masalasi **obrazlarni (namunalarni) anglash** masalasi deb nomlanadi. Bu masalani yechishning ayrim xususiyatlarini Xopfieldning neyron to'rida misollar bilan namoyish qilamiz, ular to'rning modelidan foydalangan holda shaxsiy kompyuter yordamida amalga oshirilgan.

Qaralayotgan to'rning modeli 100 ta neyronidan iborat, 10x10 matritsa bo'yicha tartiblangan. To'r Xebbnning qoidasi bo'yicha o'qitildi 3 ta ideal namuna bo'yicha - M, A va G lotin harflarning shriftli ko'rinishi bo'yicha (2.25-rasm). Neyron to'ri o'qitilgandan keyin neyronlarning dastlabki holati sifatida namunalarning turlicha buzilgan, shovqinlangan namunalari berildi, bular keyinchalik ketma-ketlik dinamikasi yordamida evolyutsiyalanib statsionar holatga intildi.



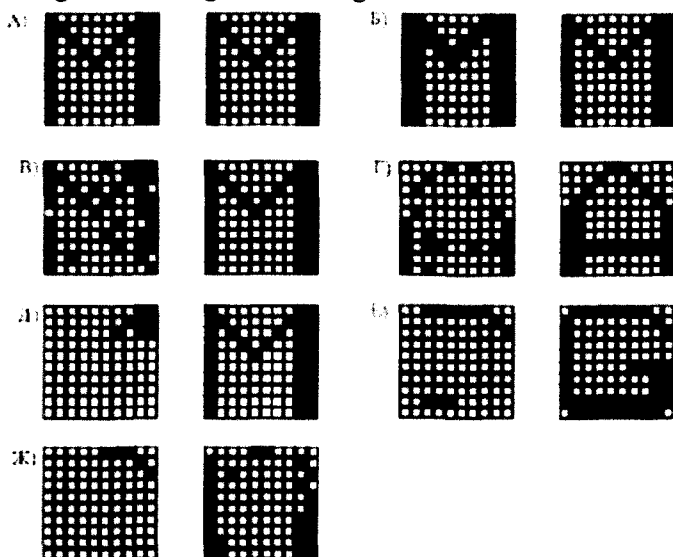
2.25-Rasm. M, A, G harflarning namunasi

2.26-Rasmda har bir juftlik uchun, chapdagi namuna boshlang'ich holat, o'ngdagisi – to'rning ishlashi natijasi, to'rning statsionar holatga o'tishi natijasida. 2.26 (A) rasmdagi namuna ideal masala ko'rinishida to'rning faoiyatini adekvat testlash uchun tanlandi, bunda beriladigan tasvir xotiradagi axborot bilan to'liq mos qilib olindi. Bunday holatda bitta qadamda to'r statsionar holatga o'tdi. 2.26 (B) rasmdagi namuna shriftning tipiga bog'liq bo'lmagan holda tekstdagi harfni anglash masalasini xarakterlaydi. Boshlang'ich va oxirgi tasvir so'zsiz bir biriga o'xshaydi, buni kompyuterga qanday tushuntirish mumkin ?

2.26(V,G) rasmdagi topshiriq amaliy ilovalar uchun xarakterli. Neyron to'rli sistema amaliy jihatdan to'liq buzilgan,



shovqinlashgan namunalarni anglash xususiyatiga ega. 2.26(D, YE) rasmdagiga mos keladigan masala, Xopfield to'ring juda ajoyib xossasini namoyish etadi: u namunaning qisman fragmentiga asoslanib ideal namunani assotsiativ anglash, bilish xususiyatiga ega. To'ring faoliyatidagi muhim xususiyatlaridan bittasi yolg'on namunalarni generatsiya qilishdir. Yolg'on namunani assotsiatsiyalash misoli 2.26(J) rasmda ko'rsatilgan. Yolg'on namuna energiyaning turg'un lokal ekstremumi hisoblanadi, biroq hech qanday ideal namunaga mos kelmaydi. U qandaydir bir ma'noda jamlangan, yig'ilgan namuna hisoblanadi, o'zining ideal qarindoshlarining xarakterli xususiyatlarini meros qilib olgan. Yolg'on namunali holat insonlar muloqotidagi "Qayerdadir men buni ko'rganman" degan axborotga ekvivalent.



2.26-Rasm. M, A, G harflarini juftliklari tasviri

Ko'rib chiqilgan oddiy masalada yolg'on namuna "noto'g'ri" yechim hisoblanadi va shu boisdan ham zararlidir. Biroq ko'tish mumkinki, to'ring umumlashtirishga bo'lgan bunday yondashuvidan qandaydir bir holatlarda ishlatish mumkindir. Shunisi xarakterliki, foydali axborotlarni hajmini oshirish natijasida (2.26(YE) va (J) rasmlarni solishtiring) dastlabki holat talab

qilinayotgan statsionar holatni tortish sohasiga tushadi va namuna anglanadi, topiladi.

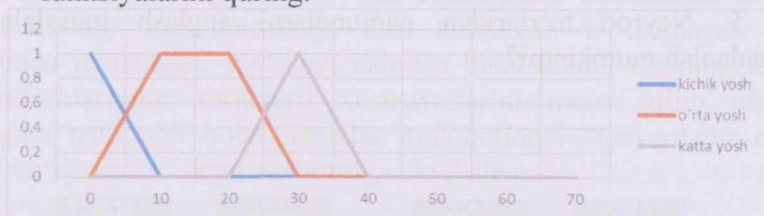
**Materialni takrorlash va mustahkamlash uchun savollar**

1. Teskari aloqali neyron to'ri qanday ko'rinishda?
2. To'rning turg'unligi nimani anglatadi?
3. Assotsiativ xotira nima?
4. Neyron to'rlaridan foydalanib assotsiativ xotira qanday amalga oshiriladi?
5. Neyron to'rlaridan namunalarni anglash masalalarida foydalanish mumkinmi?

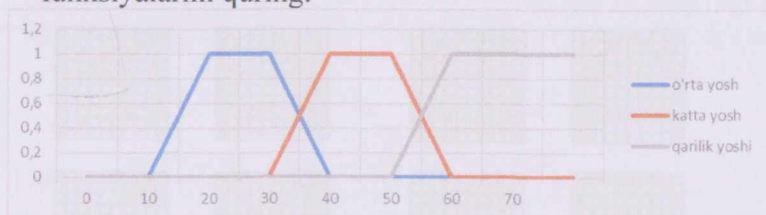
## AMALIY MASHG'ULOT MAVZULARI

### 1- Amaliy mashg'ulot LINGVISTIK O'ZGARUVCHILAR. A'ZOLIK FUNKSIYALARI.

1. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



2. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



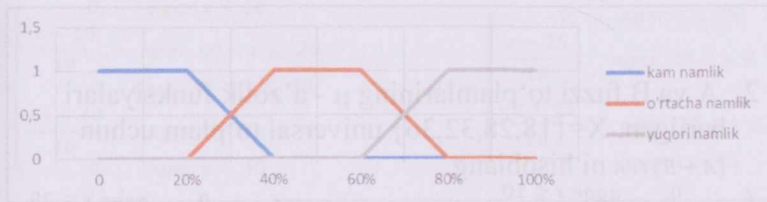
3. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



4. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



5. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



6. Berilgan lingvistik o'zgaruvchilar uchun  $\mu$  - a'zolik funksiyalarini quring.



## 2- Amaliy mashg'ulot

### FUZZY TOPLAMLARI USTIDA AMALLAR.

1. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  
 $X = \{22, 26, 31, 38\}$  universal to'plam uchun  $(A + B) \cap A$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

2. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X = \{18, 28, 32, 36\}$  universal to'plam uchun  $(A + B) \cap A$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

3. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  
 $X = \{18, 28, 32, 36\}$  universal to'plam uchun  $\overline{(A + B)}$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

4. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X = \{22, 26, 31, 38\}$  universal to'plam uchun  $\overline{(A+B)}$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases} \quad \mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

5. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X = \{18, 28, 32, 36\}$  universal to'plam uchun  $(\overline{A-B}) \cup A$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases} \quad \mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

6. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X = \{22, 26, 31, 38\}$  universal to'plam uchun  $(A-B) \cup \overline{B}$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases} \quad \mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

7. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X = \{22, 26, 31, 38\}$  universal to'plam uchun  $(\overline{A-B}) \cup A$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases} \quad \mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

8. A va B fuzzy to'plamlarining  $\mu$  - a'zolik funksiyalari berilgan.  $X=\{22,26,31,38\}$  universal to'plam uchun  $(\bar{A} + B) \cup A$  ni hisoblang.

$$\mu_A = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 10 \\ \frac{x-10}{10}, & \text{agar } 10 < x \leq 20 \\ 1, & \text{agar } 20 < x \leq 30 \\ \frac{-x+40}{10}, & \text{agar } 30 < x \leq 40 \\ 0, & \text{agar } x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_B = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & \text{agar } 25 < x \leq 35 \\ \frac{-x+45}{10}, & \text{agar } 35 < x \leq 45 \\ 0, & \text{agar } x > 45 \end{cases}$$

### 3- Amaliy mashg'ulot

#### XEMMING NEYRON TO'RIGA OID MASALALAR YECHISH.

1. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilayotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanini aniqlang. Bu yerda  $p=[\text{shakli, sirti tuzilishi, og'irligi}]^T$

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{olma}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (?)$$

2. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilayotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p=[\text{shakli}(1\text{- dumaloq, } -1\text{- ellips); sirti tuzilishi}(1\text{-silliq, } -1\text{-g'adir-budir); og'irligi}(1 - 0.5\text{kg dan og'ir, } -1 - 0.5\text{kg dan yengil})]^T$

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{banan}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (?)$$

3. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilayotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p=[\text{shakli}(1\text{- dumaloq, } -1\text{- ellips); sirti tuzilishi}(1\text{-silliq, } -1\text{-g'adir-budir); og'irligi}(1 - 0.5\text{kg dan og'ir, } -1 - 0.5\text{kg dan yengil})]^T$

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{olma}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} (?)$$

4. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilyotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p$ =[shakli(1- dumaloq, -1 - ellips); sirti tuzilishi(1 -silliq, -1 -g'adir-budir); og'irligi(1 - 0.5kg dan og'ir, -1 - 0.5kg dan yengil)]<sup>T</sup>

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{banan}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{olma}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} (?)$$

5. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilyotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p$ =[shakli(1- dumaloq, -1 - ellips); sirti tuzilishi(1 -silliq, -1 -g'adir-budir); og'irligi(1 - 0.5kg dan og'ir, -1 - 0.5kg dan yengil)]<sup>T</sup>

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{banan}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} (?)$$

6. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilyotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p$ =[shakli(1- dumaloq, -1 - ellips); sirti tuzilishi(1 -silliq, -1 -g'adir-budir); og'irligi(1 - 0.5kg dan og'ir, -1 - 0.5kg dan yengil)]<sup>T</sup>

$$p_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{mandarin}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{limon}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (?)$$

7. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to'rini quring va ko'rilyotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p$ =[shakli(1- dumaloq, -1 - ellips); sirti tuzilishi(1 -silliq, -1 -g'adir-budir); og'irligi(1 - 0.5kg dan og'ir, -1 - 0.5kg dan yengil)]<sup>T</sup>

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{banan}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (?)$$



8. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to‘rini quring va ko‘rilayotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p=[\text{shakli}(1\text{- dumaloq, } -1\text{ - ellips)}; \text{sirti tuzilishi}(1\text{ -silliq, } -1\text{ -g'adir-budir}); \text{og'irligi}(1\text{ - }0.5\text{kg dan og'ir, } -1\text{ - }0.5\text{kg dan yengil})]^T$

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{qovun}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (\text{olma}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (?)$$

9. Berilgan namunalarga mos Hemming neyron to‘rini quring va ko‘rilayotgan tanlanma qaysi guruhga tegishli ekanligini aniqlang. Bu yerda  $p=[\text{shakli}(1\text{- dumaloq, } -1\text{ - ellips)}; \text{sirti tuzilishi}(1\text{ -silliq, } -1\text{ -g'adir-budir}); \text{og'irligi}(1\text{ - }0.5\text{kg dan og'ir, } -1\text{ - }0.5\text{kg dan yengil})]^T$

$$p_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{qovun}), \quad p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} (\text{ananas}), \quad p_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} (?)$$

#### 4-Amaliy mashg‘ulot

### DESICION TREE (QARORLAR DARAXTI) ALGORITMI

#### NOMINAL ATTRIBUT UCHUN MISOLLAR YECHISH .

**Information Before Split (IBS) klasslar sonidan kelib chiqib hisoblanadi .**

**Misol uchun Yes-9 , No-5 bo‘ladigan bo‘lsa unda IBS quyidagicha hisoblanadi :**

$$\text{Info}(\{5, 9\}) = \text{Entropy}(5/14, 9/14) = -5/14 * \log_2(5/14) - 9/14 * \log_2(9/14) = 0.940$$

**Misollarda ko‘p uchraydigan logarifmik ifodalarni (Entropy)ni Wolfram alpha saytidan yechish mumkin.**

N%	A- atribut	B- atribut	C- atribut	D- atribut	E- atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No

3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

**C-atribut ustuni bo'yicha Gini index hisoblash jarayoni quyidagicha :**

C (ustun nomi)	Class (Yes)	Class (No)	P(Yes)	P(No)	Entropy	Probability
A	2	2	2/4	2/4	1	4/10
B	2	1	2/3	1/3	0.918	3/10
C	2	1	2/3	1/3	0.918	3/10

Classlar soni bo'yicha IBS hisonlanadi . Yes- 6, No- 4.

$IBS=Entropy(4,6)=-4/10*\log_2(4/10)-6/10*\log_2(6/10)=0.971$

$Entropy(2/4, 2/4)=1$

$Entropy(2/3, 1/3)=-2/3*\log_2(2/3)-1/3*\log_2(1/3)=0.918$

$Entropy(2/3, 1/3)=-2/3*\log_2(2/3)-1/3*\log_2(1/3)=0.918$

$Info("C")=Info ([2,2], [2,1])$

$,[2,1])=1*4/10+0.918*3/10+0.918*3/10 =0.9508$

$InfoGain("C")=IBS-Info("C")=0.971-0.9508=0.0202$

**Mustaqil yechish uchun masalalar.**

**1. Quyidagi data setdan foydalangan holda E-atribut ustuni bo'yicha decision tree (Gini Index) algoritmiga asosan yeching .**

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	D-atribut	E-atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes

6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

2. Quyidagi data setdan foydalangan holda C-attribut ustuni bo'yicha decision tree (Gini Index) algoritmiga asosan yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	Class
1	46	5	A	Yes
2	68	26	B	No
3	71	9	C	Yes
4	74	24	A	Yes
5	72	11	C	Yes
6	75	22	A	Yes
7	75	10	A	No
8	70	7	B	No
9	69	5	C	No
10	65	19	B	No

3. Berilgan ketma- ketlikning decision tree ( Gini Index) algoritmiga oid yeching . Bu yerda K,L,M lar atribut va A,Blar esa class .

L -> A  
K-> A  
M-> B  
M-> B  
L-> A  
K-> B  
K-> B  
M-> A  
L-> B  
K-> A  
M-> A

**K-> B**

**M-> A**

**K-> B**

**L-> A**

4. Quyidagi data setdan foydalangan holda decision tree (Gini Index) algoritmi bo'yicha berilgan masalani barcha nominal atributlar ( Outlook , Temperature, Humidity, Windy) uchun yeching.

N%	Outlook	Temperature	Humidity	Windy	Class
1	Sunny	Hot	High	False	No
2	Sunny	Hot	High	True	No
3	Overcast	Hot	High	False	Yes
4	Rainy	Mild	High	False	Yes
5	Rainy	Cool	Normal	False	Yes
6	Rainy	Cool	Normal	True	No
7	Overcast	Cool	Normal	True	Yes
8	Sunny	Mild	High	False	No
9	Sunny	Cool	Normal	False	Yes
10	Rainy	Mild	Normal	False	Yes
11	Sunny	Mild	Normal	True	Yes
12	Overcast	Mild	High	True	Yes
13	Overcast	Hot	Normal	False	Yes
14	Rainy	Mild	High	True	No

## 5-AMALIY MASHG'ULOT

### DESICION TREE (QARORLAR DARAXTI) ALGORITMI

#### NUMERIC ATTRIBUT UCHUN MISOLLAR YECHISH .

##### Qaraladigan asosiy shartlar:

1. Berilgan data set numeric attribut saralanadi o'sish tartibi bo'yicha .
2. Saralangan data set classi o'zgarmagan holda saralanadi .
3. Classlari har xil bo'lgan joydan bo'laklarga ajratib ishlaymiz.

Misollarda ko'p uchraydigan Entropyni Wolfram alpha saytidan yechish mumkin logarifmik ifodalarni .

$$IBS = \text{info}(7,7) = \text{entropy}(1/2,1/2) = 1$$

46	65	68	69	70	71	72	74	75	75	80	81	83	85
a	b	b	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b

55.5
70.5
80.5
IBS = 1

T	a	b	P(a)	P(b)
< 55.5	1	0	1	0
> 55.5	6	7	6/13	7/13

$$\text{entropy}(1,0) = 0$$

$$\text{entropy}(6/13,7/13) = -6/13 * \log(6/13) - 7/13 * \log(7/13) = 0.996$$

T	Entropy	Probability
< 55.5	0	1/14
> 55.5	0.996	13/14

$$\text{Info}(T, 55.5) = 0 * 1/14 + 0.996 * 13/14 = 0.925$$

$$\text{InfoGain}(T, 55.5) = 1 - 0.925 = 0.075$$

T	a	b	P(a)	P(b)
< 70.5	1	4	1/5	4/5
> 70.5	6	3	6/9	3/9

$$\text{entropy}(1/5,4/5) = -1/5 * \log(1/5) - 4/5 * \log(4/5) = 0.722$$

$$\text{entropy}(6/9,3/9) = -6/9 * \log(6/9) - 3/9 * \log(3/9) = 0.918$$

T	Entropy	Probability
< 70.5	0.722	5/14
> 70.5	0.918	9/14

$$\text{Info}(T, 70.5) = 0.722 * 5/14 + 0.918 * 9/14 = 0.831$$

$$\text{InfoGain}(T, 70.5) = 1 - 0.831 = 0.169$$

T	a	b	P(a)	P(b)
< 80.5	7	4	7/11	4/11
> 80.5	0	3	0	1

$$\text{entropy}(7/11,4/11) = -7/11 * \log(7/11) - 4/11 * \log(4/11) = 0.946$$

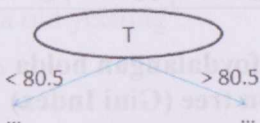
$$\text{entropy}(0,1) = 0$$

T	Entropy	Probability
< 80.5	0.946	11/14
> 80.5	0	3/14

$$\text{Info}(T, 80.5) = 0.946 * 11/14 + 0 * 3/14 = 0.743$$

$$\text{InfoGain}(T, 80.5) = 1 - 0.743 = 0.257$$

Hisoblangan InfoGain larning eng kattasi natija sifatida qaraladi va undan keyin quyidagi chizma chiziladi .



### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR.

1. Quyidagi data setdan foydalangan holda D-attribut ustuni bo'yicha decision tree (Gini Index) algoritmiga asosan yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	D-atribut	E-atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

2. Quyidagi data setdan foydalangan holda B-attribut ustuni bo'yicha decision tree (Gini Index) algoritmiga asosan yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	D-atribut	E-atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No

8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

3. Quyidagi data setdan foydalangan holda A-attribut ustuni bo'yicha decision tree (Gini Index) algoritmiga asosan yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	Class
1	46	5	A	Yes
2	68	26	B	No
3	71	9	C	Yes
4	74	24	A	Yes
5	72	11	C	Yes
6	75	22	A	Yes
7	75	10	A	No
8	70	7	B	No
9	69	5	C	No
10	65	19	B	No

4. Berilgan ketma- ketlikning decision tree ( Gini Index) algoritmiga oid yeching .

45 -> A

24-> A

14-> B

84-> B

23-> A

41-> B

71-> B

55-> B

46-> A

13-> A

58-> A

18-> B

19-> B

24-> B

15-> A

5. Berilgan ketma- ketlikning decision tree ( Gini Index) algoritmiga oid yeching .

24 -> Yes

48-> No

52-> Yes

63-> Yes

17-> No

18-> Yes

12-> No

23-> No

16-> Yes

29-> Yes

43-> No

65-> No

19-> Yes

29-> No

37-> Yes

№	A	B	C
1	2	28	9
2	30	15	19
3	A	C	24
4	A	C	11
5	28	23	10
6	10	7	19
7	27	3	19
8	12	19	10



**6- Amaliy mashg'ulot**  
**KLASSIFIKATSIYA. K-YAQIN QO'SHNI**  
**ALGORITMIGA OID MISOLLAR YECHISH .**

**K=5** . K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda berilgan masalani yeching .

N%	A- atribut	B- atribut	C- atribut	D- atribut	E- atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

**Savol: A-18 , B-9 , C-A, D-13, E-B , Class=?**

**Masala yechimi .**

Masofani hisoblashda agar atribut numeric bo'lsa Evklid metrikasidan foydalanamiz. Nominal atribut uchun eslatma :

Agar nominal atributimiz qiymatlari bir xil bo'lsa 0 , har xil bo'lsa 1 bilan belgilaymiz hisoblash jarayonida .

1. Berilgan savoldagi ketma- ketlik bo'yicha hisoblashlarni amalga oshiramiz :

$$D1 = \sqrt{(18-17) \cdot (18-17) + (9-5) \cdot (9-5) + 0 + (13-9) \cdot (13-9) + 0} = \sqrt{34}$$

$$D2 = \sqrt{(18-3) \cdot (18-3) + (9-26) \cdot (9-26) + 1 + (13-30) \cdot (13-30) + 1} = \sqrt{805}$$

$$D3 = \sqrt{(18-15) \cdot (18-15) + (9-9) \cdot (9-9) + 1 + (13-15) \cdot (13-15) + 0} = \sqrt{14}$$

$$D4 = \sqrt{(18-7) \cdot (18-7) + (9-24) \cdot (9-24) + 0 + (13-19) \cdot (13-19) + 1} = \sqrt{383}$$

$$D5 = \sqrt{(18-8) \cdot (18-8) + (9-11) \cdot (9-11) + 1 + (13-22) \cdot (13-22) + 1} = \sqrt{186}$$

$$D6 = \sqrt{(18-28) \cdot (18-28) + (9-22) \cdot (9-22) + 0 + (13-12) \cdot (13-12) + 0} = \sqrt{270}$$

$$D7 = \sqrt{(18-10) \cdot (18-10) + (9-10) \cdot (9-10) + 0 + (13-11) \cdot (13-11) + 1} = \sqrt{70}$$

$$D8 = \sqrt{(18-19) \cdot (18-19) + (9-7) \cdot (9-7) + 1 + (13-7) \cdot (13-7) + 1} = \sqrt{43}$$

$$D9 = \sqrt{(18-27) \cdot (18-27) + (9-5) \cdot (9-5) + 1 + (13-5) \cdot (13-5) + 0} = \sqrt{162}$$

$$D10 = \sqrt{(18-12) \cdot (18-12) + (9-19) \cdot (9-19) + 1 + (13-10) \cdot (13-10) + 1} = \sqrt{147}$$

Undan keyin olingan natijalarga asoslanib ularni o'rish tartibida saralaymiz. Classi o'zgaragan holda .

D3- Yes

D1- Yes

D8- Yes

D7- No

D10- Yes

D9- No

D5- Yes

D6- No

D4- Yes

D2- Yes

Bizga K berilgani uchun **D3** dan **D10** gacha'ya'ni 5 tasini belgilab olamiz . Ularning classini e'tiborga olamiz . Bu yerda **Classi Yes** bo'lganlar **4 ta** , **No** bo'lganlar esa **1 ta** . **Javob : 80 %** ehtimollik bilan **Class=" Yes "**.

### Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda berilgan masalani yeching .

N%	A- atribut	B- atribut	C- atribut	D- atribut	E (Class)
1	7	A	3	A	Yes
2	18	C	9	B	No
3	13	C	7	B	Yes
4	9	B	12	C	Yes
5	2	A	5	A	No
6	15	A	16	B	No
7	4	B	1	C	Yes

Savol: **A-15, B-B, C-2, D-C, class=?** Classni aniqlang

2.  $k=5$ . K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda berilgan masalani yeching .

N%	A- atribut	B- atribut	C- atribut	D- atribut	E- atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

Savol: **A-15, B-9, C-B, D-12, E-A, Class=?**

3. K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda eng optimal K ni topgan holda berilgan masalani yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	D-atribut	E (Class)
1	7	A	3	A	Yes
2	18	C	9	B	No
3	13	C	7	B	Yes
4	9	B	12	C	Yes
5	2	A	5	A	No
6	15	A	16	B	No
7	4	B	1	C	Yes

Savol : A-10, B-A, C-2, D-A , class=?, K=?.

4.  $k=3$  . K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda berilgan masalani yeching .

N%	A-atribut	B-atribut	C-atribut	D-atribut	E-atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

Savol: A-25 , B-12 , C-B, D-14, E-A , Class=?

5. K yaqin qo'shni algoritmi bo'yicha quyidagi data setdan foydalangan holda eng optimal K ni topgan holda berilgan masalani yeching .

N%	A- atribut	B- atribut	C- atribut	D- atribut	E- atribut	Class
1	17	5	A	9	A	Yes
2	3	26	B	30	A	No
3	15	9	C	15	B	Yes
4	7	24	A	19	A	Yes
5	8	11	C	22	C	Yes
6	28	22	A	12	B	No
7	10	10	A	11	A	No
8	19	7	B	7	C	Yes
9	27	5	C	5	B	No
10	12	19	B	10	C	Yes

Savol: A-21, B-4, C-A, D-18, E-B, Class=?, K=?

### 7-Amaliy mashg'ulot

## KLASTERLASH. K-O'RTACHA ALGORITMIGA OID MISOLLAR YECHISH

1. Berilgan data setdan foydalangan holda  $k=5$  bo'yicha klasterlarga ajrating .

N%	X koordinata	Y koordinata	class
1	4	5	
2	5	6	
3	6	5	
4	5	4	
5	5	5	
6	9	15	
7	10	16	
8	11	15	
9	10	14	
10	10	15	

11	19	1	
12	20	3	
13	21	1	
14	20	4	
15	20	1	

2. Berilgan data setdan foydalangan holda  $k=5$  bo'yicha klasterlarga ajrating .

N%	X koordinata	Y koordinata	class
1	4	5	
2	5	6	
3	16	5	
4	5	4	
5	5	5	
6	9	15	
7	10	16	
8	7	15	
9	10	14	
10	10	15	
11	19	1	
12	12	3	
13	18	1	
14	15	4	
15	9	1	

3. Berilgan data setdan foydalangan holda  $k=3$  bo'yicha klasterlarga ajrating .

N%	X koordinata	Y koordinata	class
1	5	4	
2	8	6	
3	7	5	
4	5	3	
5	5	7	
6	8	3	

4. Berilgan data setdan foydalangan holda  $k=3$  bo'yicha klasterlarga ajrating .

N%	X koordinata	Y koordinata	class
1	14	6	
2	12	7	
3	6	4	
4	5	8	
5	4	2	
6	9	5	
7	13	12	
8	9	12	
9	3	1	
10	1	10	

5. Berilgan data setdan foydalangan holda  $k=2$  bo'yicha klasterlarga ajrating .

N%	X koordinata	Y koordinata	class
1	9	6	
2	19	7	
3	6	4	
4	15	8	
5	14	8	
6	9	5	
7	13	6	
8	9	12	
9	10	8	
10	15	10	

## Xulosa

Pedagogika fanining tajribalarini umumlashtirish Sun'iy intellektli tizimlarni, neyron to'rlarini, o'qitish nazariyasining ilmiy-metodologik apparatini yanada, juda ko'p boyitishi mumkin. Bundan tashqari Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish protseduralarini shakllantirishda o'quvchining psixologik-pedagogik jihatlarini mantiq tamoyillari asosida detallashtirish masalalarini qayta ko'rib chiqish, takomillashtirish zarur.

Yangi kompyuterlashgan, neyrotexnologiyaga asoslangan axborot texnologiyalaridan foydalanish natijasida o'quv jarayoni individuallasadi, informatika fanini (boshqa fanlarda ham) o'zlashtirishda o'quvchilarda yangi motivlar paydo bo'ladi, o'quvchi-o'qituvchi tizimida teskari bog'lanish kuchli rol o'ynaydi, bilimlarni baholashning obyektivligi ortadi, statistik ma'lumotlarni yig'ish yengillashadi, o'quvchilarda bilimlarni o'zlashtirishning ayrim jihatlarini (yaxshi, past) yaqqol namoyon bo'ladi, o'qituvchida mashg'ulot strukturasi o'zgartirish imkoniyati (o'quvchilarning dastlabki tayyorgarlik darajasiga mos ravishda) paydo bo'ladi, o'quv jarayonini differensiallashga imkon yaratadi, mavzuni, fanni o'zlashtirish darajasini oshiradi, unga bo'lgan qiziqishni orttiradi. O'quv jarayonida kompyuterlashgan zamonaviy neyro texnologiyalaridan foydalanish o'qituvchini texnikaviy va texnologik jihatdan qo'llab quvvatlaydi, o'quvchilar bilan jonli muloqot qilishi uchun anchagina vaqtni tejashga erishiladi, natijada o'quvchilar bilan bo'ladigan muloqot insoniy hamda individual tarzda, o'zaro yaqin munosabatda, usta-shogird ko'rinishida bo'ladi.

Pedagogning samarali faoliyat ko'rsatishiga yana bitta juda murakkab masala ta'sir qiladi, ya'ni, pedagog yangi sharoitlarda "g'oyaviy yo'l ko'rsatuvchi", "bilimlar dunyosining darg'asi", ulug' inson va beg'araz maslahatchilik rolini o'zida saqlab qolishi zarur. Endi pedagog quyidagi faktlar bilan kelishishga majbur: o'quvchilar kompyuter kommunikatsiyalarining imkoniyatlaridan foydalangan holda dars jarayonida berilgan vazifalarnigina emas, balki undan ham ko'p axborotlarni o'zlashtirib olishlari mumkin, hattoki, o'quvchining olgan ayrim axborotlari bo'yicha o'qituvchida tasavvur ham bo'lmasligi mumkin. Bu – yangi, zamonaviy



kompyuterlashgan o'qitish pedagogikada normal, tabiiy holat bo'lib kompyuterlashtirish va o'qitishning yangi qirralarini xarakterlovchi paradigmalarning bevosita natijasidir. Bunday sharoitlarda pedagogdan fanni absolyut "har tomonlama bilish" (buning iloji yo'q!) talab qilinmaydi, balki hodisalarning bog'lanishlarini ongli ravishda tushuna bilishi, ularning ilmiy va hayotiy qiymatini baholay olishi zarur.

O'quv jarayonida kompyuterlashgan o'qitish texnologiyasidan foydalanishning xarakterli tomoni shundaki, o'qituvchi bunday mashg'ulotga ma'suliyatli tayyorlanishi, mavzuni tizimli tarzda tahlil qilib, strukturalashtirib, o'rganiladigan elementlarning tabiatiga mos keladigan texnikaviy va dasturiy vositalarni oldindan tuzilgan reja (ssenariy) asosida namoyish qilish va tushuntirish uchun sozlab, taxlab qo'yishi zarur.

Shunday qilib, mashg'ulotlarda kompyuterlashgan neyrotexnologiyalaridan foydalanish barcha fanlarni, chunonchi informatika fanini o'qitishni, o'zlashtirishni anglab yetishning yangi qirralarini ochib beradi va o'qituvchida dars mashg'ulotlarini olib borishda yangi sifat darajalariga erishishiga ko'maklashadi.

Neyrotarmoq texnologiyasi asosida ko'rib chiqilgan subyektlarni o'qitish modelidan quyidagi masalalarni yechish uchun foydalanish mumkin:

- O'qituvchi va nazorat qiluvchi kompyuterlashgan moslashuvchan tizimlarni qurish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlarini yanada chuqurroq o'rganish va nazariyasini rivojlantirish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlari texnologisini oliy ta'lim muasasalari faoliyatiga keng joriy qilish, xususan, talabalarning olgan bilimlarini darajasini konkret predmet sohalari, ta'lim yo'nalishlari bo'yicha baholash, bu esa o'z navbatida mos ravishda o'qitish metodikalariga tuzatishlar kiritishga asos bo'ladi.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Shavkat Miromonovich. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash - yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganining 24 yilligiga bag'ishlangan marosimdagi ma'ruza. 2016- yil 7 -dekabr /Sh.M.Mirziyoyev. Toshkent: "O'zbekiston", 2017. 48 b.

2. Mirziyoyev Shavkat Miromonovich. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. Mazkur kitobdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2016 -yil 1- noyabrdan 24 -noyabrga qadar Qoraqalpog'iston Respublikasi, viloyatlar va Toshkent shahri saylovchilari vakillari bilan o'tkazilgan saylovoldi uchrashuvlarida so'zlagan nutqlari o'rin olgan. /Sh.M.Mirziyoyev.- Toshkent: "O'zbekiston"? 2017.-488 b.

3. Mirziyoyev Shavkat Miromonovich. Yangi O'zbekiston strategiyasi. –Toshkent, 2021. -458 b. 19. Niyozov G'., Axmedova M.E. Pedagogika tarixidan seminar mashg'ulotlari. T.: Noshir, 2011.

4. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. «Искусственный интеллект: современный подход».

5. Материалы лекций курса «Искусственный интеллект и его индустриальные приложения» Национального института науки и технологии Тайваня.

6. <https://idtm.uz/suniy-intellekt/> А.Атабеков.

7. <https://loginom.ru/blog/ga-math>

8. <https://www.brainz.org/15-real-world-applications-genetic-algorithms/>

9. Buontempo, Frances. Genetic algorithms and machine learning for programmers: create AI models and evolve solutions. Pragmatic Bookshelf, 2019.

10. Джон Х. Холланд. Генетические алгоритмы. "В мире науки", 1992

11. Hornby, Gregory, et al. "Automated antenna design with evolutionary algorithms." Space 2006. 2006. 7242.

12. Darrel Whitley "A Genetic Algorithm Tutorial", 1993.

13.F.Herrera, M.Losano, A.M.Sanches. *"Hybrid Crossover Operators for Real-Coded Genetic Algorithms: An Experimental Study"*.

14.Guennoun, Z., and F. Hamza. "Stocks portfolio optimization using classification and genetic algorithms." *Applied Mathematical Sciences* 6.94 (2012): 4673-4684.

15.Блок-схема: [intuit.ru](http://intuit.ru)

16.<https://xabar.uz/439s> тараккиет стратегияси маркази материаллари

17.<https://strategy.uz/index.php?news=1198> тараккиет стратегияси маркази материаллари

18.<https://mininnovation.uz/uz/news/2471> Инновацион ривожланиш вазирлиги. Таълим тизимини ривожлантириш бўлими материаллари.

19.Yusupov F., Ashirova A.I., Xo'jayev O. Ta'limda intellektual tizimlarning neyrotarmoq texnologiyasi metodlarining asoslarini yaratish haqida // «Visokiye texnologii i perspektivi integratsii obrazovaniya, nauki i proizvodstva»: Materiali mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii. – Tashkent, TXTI, 2006. –B.52-54.

20.Kallan, Robert. Osnovniye konsepsii neyronnix setey.: Per.s angl. – M.: Izdatelskiy dom Vilyams, 2001. – 286 S.

21.Krisilov V.A., Kondratyuk A.V. Preobrazovaniye vxodnix dannix neyroseti s selyu uluchsheniya ix razlichimosti. <http://neuroshool.narod.ru/>

22.Krisilov V.A., Chumichkin K.V. Uskorennoye obucheniye neyronnix setey za schet adaptivnogo uprosheniya obuchayushey viborki. <http://neuroshool.narod.ru/>

23.Anikeyev M.V., Babenko L.K., Makarevich O.B. Obzor sovremennix tipov neyronnix setey.- Kiyev: Radioelektronika, informatika, upravleniya, № 1, 2001. – S. 48-56

24.Gorban A., Rossiyeв D. Neyronniye seti na personalnom kompyutere.//Novosibirsk: Nauka, 1996.

25.Terexov S.A. Texnologicheskiye aspekti obucheniya neyrosetevix mashin.//Leksii dlya VIII Vserossiyskoy nauchno-texnicheskoy konferensii «Neyroinformatika – 2006» / <http://neuroschool.narod.ru/>.

26. Metodi neyrouinformatiki/Pod red. A.N. Gorbanya, KGTU, Krasnoyarsk, 1998. – 205 S.

27. Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin *Artificial Neural Networks: A Tutorial*, Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44. (Per.rus.)

28. Dubrovin V.I., Subbotin S.A. Algoritm uskorenogo obucheniya perseptronov// VIII Vserossiyskoy nauchno-*texnicheskoy konferensii «Neyrouinformatika – 2002»/ <http://neuroschool.narod.ru/>*

29. Krug P.G. Neyronniye seti i neyrokompyuteri: Uchebnoye posobiye po kursu «Mikroprotssessori». – M.: Izdatelstvo MEI, 2002. – 176 s.

30. Sarayev, P.V. Neyroseteviye metodi iskusstvennogo intellekta: uchebnoye posobiye/ P.V. Sarayev.– Lipetsk: LGTU, 2007.– 64 s.

31. Voronsov K. V. Matematicheskiye metodi obucheniya po pretседentam (teoriya obucheniya mashin)/[www.MachineLearning.ru](http://www.MachineLearning.ru).

32. Barskiy A. B. Neyronniye seti: raspoznavaniye, upravleniye, prinyatiye resheniy. — M.: Finansi i statistika, 2004. — 176 s

33. Neyronniye seti: Istoriya razvitiya teorii / Pod red. A.I. Galushkina, Y.Z. Sipkina. Nauch. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 5. – M.: IPRJR, 2001.

34. Galushkin A.I. Teoriya neyronnix setey. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 1. – M.: IPRJR, 2000.

35. Komashinskiy V.I., Smirnov D.A. Vvedeniye v neyrouinformatsionniye texnologii. — SPb.: Tema, 1999.

36. Krugloye V.V., Borisov V.V. Iskusstvenniye neyronniye seti. Teoriya i praktika. — M.: Goryachaya liniya — Telekom, 2001.

37. Kolsov Y. V. Dobrovolskaya N. Y. Neyroseteviye modeli v adaptivnom kompyuternom obuchenii/ *Educational Technology & Society* 5(2) 2002.

38. Barskiy A.B. Obucheniye neyroseti metodom trassirovki//Trudi VIII Vseross. Konf. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye», 2002.

39. Golovko VL. Neyronniye seti: obucheniye, organizatsiya i

primeneniye / Pod red. A.I. Galushkina. Nauch. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 4. – M.: IPRJR, 2001.

40. Vasenkov D.A. Metodi obucheniya iskusstvennix neyronnix setey/ Kompyuterniye instrumenti v obrazovanii. № 1, 2007. – s. 20-29.

41. Bogdanov V.I., Nesterov YE.P., Pak A.P. Energeticheskiy podxod k modelirovaniyu neyronov rekurrentnoy seti: Sb. dokl. V Vserossiyskoy konferentsii «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». – M.: Radio i svyaz, 1999. – 361 s.

42. V.I. Alekseyev, A.V. Maksimov. Ispolzovaniye neyronnix setey s dvuxmernimi slojami dlya raspoznavaniya graficheskix obrazov // VIII Vserossiyskaya konferentsiya «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Sbornik dokladov. M.: 21-22 marta 2002g. S.69-72.

43. Ignatushenko V.V. Organizatsiya struktur upravlyayushix mnogoprotsessornix vichislitelnix sistem. — M.: Energoatomizdat, 1984.

44. Barskiy A.B. Parallelniye protsessi v vichislitelnix sistemax: Planirovaniye i organizatsiya. — M.: Radioisvyaz, 1990.

45. Barskiy A.B. Parallelniye tehnologi i resheniya optimizatsionnix zadach. — Prilojeniya k jurnalnu «Informatsionniye tehnologii». -2001.-№2.

46. Komashinskiy V.I., Smirnov D.A. Neyronniye seti i ix primeneniye v sistemax upravleniya svyazi. – M.: Goryachaya liniya. – Telekom, 2002. – 94 s.

47. Komarsova L.G., Maksimov A.V. Neyrokompyuteri: Ucheb.posobiye dlya vuzov. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana, 2002. – 320 s.

48. Sigankov V.D. Neyrokompyuter i mozg. Uchebnoye posobiye. Seriya «Informatizatsiya Rossii v XXI vek». – M.: SINTEG, 2001. – 248 s.

49. Atanov G.A., Loktyushin V.V. Freymovaya organizatsiya znaniy v intellektualnoy obuchayushey sisteme // Educational Technology & Society 4(1) 2000, pp. 137-149.

50. Bepalko V.P. Pedagogika i progressivniye tehnologii obucheniya. – M.: Izd. Instituta prof. Obr. Rossii, 1995. – 336s.

51. Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskusstvenniye neyronniye seti. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2009.

52.Frolov Y.V. Intellektualniye sistemi i upravlencheskiye resheniY. – M., 2006. – 293s.

53.Galushkin A.I. Neyrokompyuteri. Kn.3: Ucheb.posobiye dlya vuzov/Obshaya red.A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2000. – 528. –s.

54.Neyromatematika. Ucheb.posobiye dlya vuzov/Ageyev A.D., Baluxto A.N., Bichkov A.V. i dr.: Obshaya red. A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2002. – 448 s.

55.Korneyev V.V. Parallelniye vichislitelniye sistemi. – M.: «Nolidj», 199. – 320 s.

56.Kompyuterniye sistemi i seti: Ucheb.posobiye/V.P.Kosarev i dr./Pod red.V.P.Kosareva i L.V.Yeremina. – M.: Finansi i statistika, 1999. – 464 s.

57.Sigeru Omatu. Neyroupravleniya i yego prilojeniY. Kn.2./Sigeru Omatu, Marzuki Xalid, Rubin Yusuf; Per. s angl. N.V.Batina; Pod red. A.I.Galushkina, V.A.Ptichkina. – M.: IPRJR, 2000. – 272 s.

58.Galushkina A.I. Teoriya neyronnix setey. Kn.1: Ucheb.posobiye dlya vuzov/Obshaya red.A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2000. – 416 s.

59.Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskustvenniye neyronniye seti. Teoriya i praktika. – M.: Goryachaya liniY. – Telekom, 2001. – 382 s.

60.Kallan, Robert. Osnovniye konsepsii neyronnix setey.: Per.s angl. – M.: Izdatelskiy dom «Vilyams», 2001. – 286 s.

61.Kolsov Y.V., Dobrovolskaya N.Y., Podkolzin V.V. Metamodel kompyuternoy sistemi obucheniY. //Sovremenniye problemi shkolnoy i vuzovskoy pedagogiki. Krasnodar, KubGU, 1998.

62.Rudkovskaya D., Pilinskiy M., Rudkovskiy L. Neyronniye seti, geneticheskiye algoritmi i nechetkiye sistemi: Per. s polsk. I.D. Rudinskogo. – M.: Goryachaya liniY. – Telekom, 2006. – 452 s.

63.A.I.Ashirova. Elektron darslikning nazorat tizimi uchun test tayyorlovchi dasturiy qobiq yaratish // Fizika, matematika va informatika. – Toshkent, 2008. –№ 6. – B.88-91

64.Ashirova A.I., Yusupov D. Kompyuter texnologiyalari o‘qitishning shakl va metodlari sifatida // “Axborot-kommunikatsiya

texnologiyalari” ilmiy-texnik konferensiya ma’ruzalari to‘plami. – Toshkent, TATU, 2008. –B.103.

65.Юсупов Д.Ф. Компьютерное обучение предмета строительных материалов на основе нейросетевых технологии//Вестник Киргизского ГУСТА. – Бишкек, 2013. – №3(41). – С. 49-53.

66.Razzakov. B. “Informatika va AT” fanini “Algoritm lash asoslari va dasturlashtirish” bo‘limini o‘qitishda mantiqiy-sxemadan foydalanish metodikasi” Informatika va axborot texnologiyalari fanidan o‘quv-uslubiy qo‘llanma. – Urganch, UrDU, 2011. – 84 B.

67.Razzakov. B., Yusupov D,F Talabaniing mustaqil bilim olish jarayonini fanning grafsemantik modeli asosida faollashtirish (informatika fani misolida). Arxitektura va qurilish ta’limi muammolari. I ilmiy-uslubiy seminar to‘plami.- Toshkent, TAQI, 2011 28-aprel. 90-95 B.

68.Yusupov D.F. Kompyuternaya texnologiya obucheniya i operejayushaya podgotovka studentov i prepodavateley na osnove logicheskoy graf-semanticheskoy modeli dissiplini/ «fan, ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyasini axborot kommunikatsiya texnologiyalari asosida rivojlantirish muammolari» respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari. TATU Qarshi filiali, 2012 yil 14-15 mart.

69.Ashirova A.I., Yusupov D.F. Kasbiy ta’lim (axborot texnologiyalari) bakalavrlarini tayyorlashda neyrotarmoq texnologiyasi metodlaridan foydalanish./”Raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga innovatsion yondashuv” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to‘plami. Namangan: NamMPI, 2012 yil, 1 qism, 268 b. (227-229 b.)

70.Ashirova A.I., Yusupov D.F. Ta’limda neyrotarmoq texnologiyasi metodlaridan foydalanish./ «Arxitektura va qurilish sohasi uchun kadrlar tayyorlash muammolari» respublika ilmiy-amaliy konferensiya to‘plami – Nukus, QDU, 2012 yil -287b. (30-31 b.)

71.Yusupov D.F., Ashirova A.I., Yusupov F. Fanni tarkibini mantiqli strukturalashtirish asosida intellektli integrallashgan o‘qitish tizimini ilmiy-uslubiy asoslarini yaratish/«Arxitektura va qurilish sohasi uchun kadrlar tayyorlash muammolari» respublika

ilmiy-amaliy konferensiya to'plami – Nukus, QDU, 2012-287b. (123-125 b.)

72.Yusupov F., Yusupov D.F., Razzakov B. Povisheniye effektivnosti izucheniya kursa informatika na osnove strukturalno-logicheskoy graf sxemi dissiplini/ Vissheye obrazovaniye segodnY. – M.: 2011, №11. – S. 46 – 49.

73.Lebedev I.A. Metodika otbora sodержaniya obucheniya budushix uchiteley informatiki konstruktirovaniyu kompilyatorov: Avtoref.dis. ... kand.ped.nauk. – SPb., 1996. – 19 S.

74.Yusupov D.F. Adaptivnoe obuchenie predmeta informatika na osnove neyrosetevix texnologii//“XXI asr – intellektual-innovatsion g'oyalar asri”, Respublika ilmiy-amaliy seminar materiallari. – Toshkent: O'zMU, 2014. – B. 10-14.

75.Yusupov D.F. Adaptivnoe obuchenie predmeta osnovi programmirovaniya na osnove neyronnyx setey//“Perspektivi effektivnogo razvitiya informatsionnyx texnologiy i telekommunikatsionnix sistem”. Respublikanskaya nauchno-texnicheskaya konferentsiya. – Tashkent, TUIT, 2014. – Chast 4. – S. 167-169.

76.Yusupov D.F. Neyron to'rlari va undan o'quv jarayonida foydalanish muammolari. Monografiya. – Urganch: “UrDU”, 2018. – 126 B.

77.Yusupov D.F. Neyrosetevie texnologii adaptivnogo obucheniya i kontrolya znaniy studentov po kursu osnovi programmirovaniya//Molodoy ucheniy. – Rossiya, 2014. – №5(64). – S. 779-783.

78.Yusupov D.F. Oliy ta'lim muassasida ta'lim sifatini baholash bo'yicha axborot-analitik tizimni yaratishda suniy neyron to'rlarini qo'llash//“Ilmiy va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash-yuksak bilimli va intellektual rivojlangan avlodni tarbiyalashning eng muhim asosi” Respublika ilmiy amaliy konferentsiyasi materiallari. – Urganch, 2015. – B. 70-73.

79.Yusupov D.F. Neyron to'rlari va undan o'quv jarayonida foydalanish muammolari. Monografiya. – Urganch: “UrDU”, 2018. – 126 B.



80. Yusupov D.F. Talabanning bilimini nazorat qilishda neyron to'rlaridan foydalanish//Molodoy uchyoniy. – Rossiya, 2016. – № 29.3(133.3). – S. 68-71.



81. Yusupov D.F. Ta'lim sifatini tahlil qilishning axborotlashgan tizimini yaratishda sun'iy neyron to'rlarini qo'llash// Ilm sarchashmalari. – Urganch, 2018. - № 2. – B. 73-76. (13.00.00 № 31 (2019)).

82. Yusupov D.F. O'quvchining bilimini nazorat qilishni avtomatlashtirishda neyrotarmoq texnologiyasining roli//”Abu Rayxon Beruniyning jahon ilm-fani taraqqiyotiga qo'shgan hissasi. Beruniy izdoshdarining zamonaviy tadqiqotlari”, Respublika ilmiy-amaliy anjumani. – Urganch, UrDU, 2013. – B. 130-133.

## MUNDARIJA

1	Soʻz boshi.....	3
2	Maʼruza mashgʻulotlari.....	6
3	Amaliy mashgʻulotlar.....	98
4	Xulosa.....	119
5	Foydalanilgan adabiyotlar.....	121

Adadi 50 nusxa. Hajmi 8,2 b/t. Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
«Times New Roman» garniturasida. ofset usulida bosildi.  
OOO «BOOKMANY PRINT» bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent shahri, Uchtepa tumani, 22 mavze, 17-b.

E-mail: [bookmany\\_print@mail.ru](mailto:bookmany_print@mail.ru)  
 [t.me/ Bookmanyprint](https://t.me/Bookmanyprint)  +998 99 180 97 10



