

26 - MAVZU. NEYRON TO'RLARNING BOSHQA MODELLARI

Sun'iy neyron to'rlari haqida ma'lumot

Sun'iy neyron to'rining tuzilishi

Sun'iy neyron to'rlari biologiyadan yuzaga kelgan, chunki ularni tashkil qiluvchi elementlarning funksional imkoniyati biologik neyronlar bajaruvchi aksariyat sodda vazifalariga o'xshashdir. Bu elementlar miya anatomiyasiga mos keluvchi (yoki mos kelmaydigan) usullar bilan birlashib tuzilmalar tashkil qiladi. Bunday yuzaki o'xshashlikka qaramasdan, sun'iy neyron to'rlari hayratlanarli darajada miyaga xos xususiyatlarni namoyon qilmoqda. Masalan, ular tajriba asosida o'rganadi, oldingi holatlarni yangi holat uchun umumlashtiradi va ortiqcha berilganlarni o'z ichiga olgan ma'lumotlardan kerakli xususiyatlarni (qonuniyatlarni) ajratib oladi.

Ikkinchi tomondan, har qanday optimistik ruhdagi mutaxassis ham yaqin kelajakda sun'iy neyron to'ri inson miyasi funksiyalarini to'liq ma'noda takrorlay oladi deb ayta olmaydi. Eng murakkab neyron to'rlari tomonidan namoyon qilinayotgan haqiqiy «tafakkur» yomg'ir chuvalchangining ongi darajasidadir va bu boradagi tashabbuslar hozirgi zamon realligi bilan chegirilishi kerak. Shu bilan birgalikda, bugungi kundagi cheklanishlar qanday bo'lishidan qat'iy nazar, sun'iy neyron to'rlar ishlashidagi hayratlanarli darajada inson miyasi bilan o'xshashliklarni inkor qilmagan holda, inson tafakkuriga chuqurroq kirib borish jarayoni muvofaqiyatli rivojlanmoqda deb aytish mumkin.

O'rganish. Sun'iy neyron to'rlari tashqi muhitga bog'liq ravishda o'zgarishi mumkin. Bu holat, boshqalarga nisbatan, neyron to'rlariga bo'lgan qiziqishlarning asosiy sababchisidir. Kiruvchi signallar (ayrim hollarda talab qilingan chiquvchilar qiymatlar bilan) qabul qilgandan keyin neyron to'ri talab qilingan aks ta'sirni ta'minlash uchun o'zini moslashtiradi. Lekin neyron to'ri nimaga o'rganishi 8 mumkin va o'rganish qanday olib borilishi kerakligi muammosi sun'iy neyron to'rlari bo'yicha tadqiqotlar ichida eng dolzarbdir.

Umumlashtirish. O'rgangan neyron to'rlari kiruvchi signallardagi katta bo'lmagan o'zgarishlariga nisbatan u darajada ta'sirlanmasligi mumkin. Bu shovqin va xiralashish (buzilish) orqasidan obrazni ko'ra olishning ichki qobiliyati real dunyodagi obrazlarni anglash uchun juda muhimdir. Bu kompyuterga xos qat'iy aniqlikni talab qilishni cheklab o'tish imkoniyatini beradi va biz yashayotgan, takomillashmagan dunyo bilan ishlovchi tizimga yo'l ochadi. Shuni qayd qilish kerakki, sun'iy neyron to'ri umumlashtirishni kompyuter programmalari ko'rinishida yozilgan «inson tafakkuri» yordamida emas, balki o'z tuzilishidan (strukturasidan) kelib chiqqan holda avtomatik ravishda amalga oshiradi.

Abstraktlash. Ayrim sun'iy neyron to'rlari kiruvchi berilganlardan mohiyatni ajratib olish qobiliyatiga ega. Masalan, agar to'r «A» harfining buzilgan ko'rinishlari ketma-ketligida o'rgatilsa, u mukammal shakldagi harfni hosil qilishi mumkin. Qaysidir ma'noda neyron to'ri o'zi oldin «kirmagan» obrazlarni hosil qilishga o'rganishi mumkin.

Qo'llanishi. Sun'iy neyron to'rlari hisob ishlari bilan bog'liq masalalarda masalan, oylik maoshni hisoblashda qo'llash uchun yaramaydi. Lekin shunday masalalarni ko'rsatib o'tish mumkinki, ularda sun'iy neyron to'rlari muvafaqqiyatli qo'llanilmoqda va mutaxassislar uchun katta qiziqish sohalari bo'lib qolmoqda. Obrazlarni sinflarga ajratish. Masala, alomatlar vektori orqali berilgan kiruvchi obrazni (masalan, ovoz signali yoki qo'lyozmalarni belgisini) oldindan berilgan bir yoki bir nechta sinflarga tegishligini ko'rsatishdan iborat. Bu toifa masalalarga harflarni anglash, nutqni anglash, elektrodiagramma signallarini sinflarga ajratish, qon kataklarini sinflarga ajratish masalalarini misol keltirish mumkin.

Klasterlash/kategoriyalash. Klasterlash masalalarini yechishda obrazlarni sinflarga ta'lluqligini beruvchi o'rgatuvchi tanlov bo'lmaydi. Bu hol obrazlarni «o'rgatuvchisiz» sinflarga ajratish nomi bilan ham ma'lum. Klasterlash algoritmi obrazlar o'xshashligiga asoslanadi va bir-biriga yaqin obrazlarni bir sinfga joylashtiradi. Klasterlashni bilimlarni ajratib olishda, berilganlarni zichlashtirishda va berilganlar xususiyatlarini tadqiq qilishda qo'llanilgan hollari mavjud. **Funksiyalar aproksimatsiyasi.** Faraz qilaylik, $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ ko'rinishidagi o'rgatuvchi tanlov (kirish-chiqish berilganlar juftliklari) orqali «shovqin» bilan buzilgan noma'lum $F(x)$ funksiya ifodalangan bo'lsin. Aproksimatsiya masalasi noma'lum $F(x)$ funksiya bahosini topishdan iborat. Funksiya aproksimatsiyasi ko'p sondagi model qurishning injenerlik va ilmiy masalalarida qo'llaniladi.

Bashorat/prognoz. Aytaylik n ta t_1, t_2, \dots, t_n vaqt momentlari ketmaligida $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$ diskret hisoblar berilgan bo'lsin. Masala mohiyati kelajakdagi qandaydir t_{n+1} vaqt momentidagi $y(t_{n+1})$ qiymatni oldindan aytib berishdir. Bashorat/prognoz biznesda, fan va texnikada katta ahamiyatga ega. Fond birjasida qimmatli qog'oz bahosini bashorat qilish va ob-havoni oldindan aytish bu sohaga xos masalalar hisoblanadi.

Optimallashtirish. Matematikadagi, statistikadagi, texnika, fan, meditsina va iqtisodagi aksariyat muammolar optimallashtirish masalalaridir. Optimallashtirish algoritmining masalasi shunday yechimlar topishki, ular cheklanishlar sistemasini qanoatlantirgan holda maqsad funksiyani maksimalashtiradi yoki minimallashtiradi. Kommivoyajer masalasi (sayohatchini ma'lum bir shartlar ostida n ta shaharga borish masalasi) optimallashtirish masalalarining klassik namunasi. Mazmun bo'yicha adreslanuvchi xotira. Fon Neyman hisoblash modelidagi

kompyuterlarda (hozirgi an'anaviy kompyuterlar) xotiraga murojaat faqat adres orqali amalga oshiriladi. Bu jarayon adreslanuvchi xotiradagi qiymatga bog'liq emas. Agar adresni aniqlashda xatolikka yo'l qo'yilgan bo'lsa, xotiradan umuman boshqa ma'lumot olinadi. Assotsiativ xotira yoki mazmun bo'yicha adreslanuvchi xotira, faqat ko'rsatilgan mazmun bo'yicha murojaatga yo'l qo'yadi. Xotiradagi ma'lumot qisman kiruvchi berilganlar yoki qisman mazmun buzilgan murojaat bo'yicha olinishi mumkin. Assotsiativ xotira multmediyali informatsion berilgan bazasini yaratishda qo'llash juda ham samaralidir.

Boshqaruv. Quyidagi $\{u(t), y(t)\}$ juftliklar orqali berilgan dinamik sistemani ko'raylik. Bu yerda $u(t)$ -kiruvchi boshqaruv ta'siri, $y(t)$ – t vaqtdagi sistemaning chiqishi. Etalon modeli boshqaruv sistemalarida boshqaruv maqsadi shunday $u(t)$ kiruvchi ta'sirni hisoblab topishki, uning ta'sirida sistema etalon tomonidan talab qilingan trayektoriya bo'yicha harakatlansin. Bunday masalalarga misol sifatida dvigatelni optimal boshqarish masalasini ko'rsatish mumkin. Fikrlash jarayoni. Inson ongida yuz beruvchi fikrlash jarayoni juda ham murakkabdir. Inson ko'zining bitta yacheykasi 10 ms da 100 noma'lumli 500 ta chiziqli bo'lmagan differensial tenglamalar sistemasini yechishga ekvivalent ish bajaradi. Bu ishni GRAY-1 superkompyuteri bir necha minutda bajarishi mumkin. Agar inson ko'zi 10 mln. yacheykadan iborat ekanligini xisobga olsak, u holda inson ko'zini 1 sek.da bajaradigan ishini GRAY-1 mashinasi 100 yilda bajargan bo'lar edi. Ma'lumki inson tashqi dunyodan ma'lumotlarni beshta sezgi organlari orqali qabul qiladi va uni tahlil uchun qisqa muddatli xotiraga joylashtiradi. Xotiraning boshqa qismida esa (uzoq muddatli) belgilar va ular orasidagi bog'lanish joylashgan bo'lib, ular qisqa muddatli xotirada yangi qabul qilingan ma'lumotni tushunib olish uchun xizmat qiladi. Uzoq muddatli xotirada ma'lumotlarga murojaat qilish juda qisqa vaqtda amalga oshiriladi. Amalda ixtiyoriy ma'lumot olinib va qayta ishlanish uchun 70 ms vaqt kerak bo'lar ekan. Bunga misol sifatida qo'lni issiq narsadan tezda tortib olish, yo'l xavfi tug'ilganda shofyorning tormoz bosishi va rulni burishi kiradi.

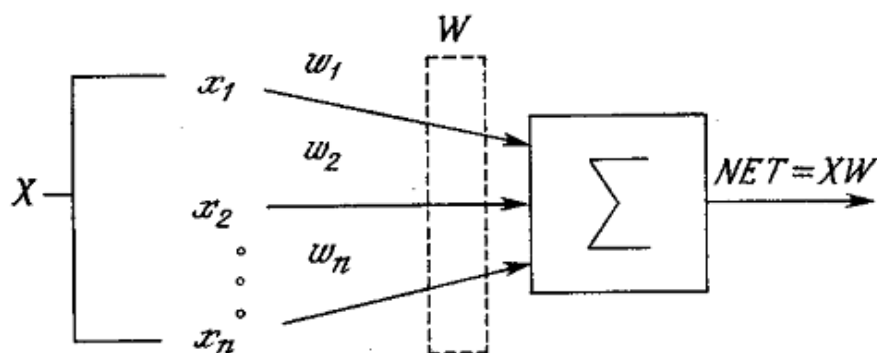
Qisqa muddatli xotiradan bitta obrazni uzoq muddatli xotiraga yozish taxminan 7 s vaqtda amalga oshar ekan. Qisqa muddatli xotiradagi barcha 11 ma'lumotlarni uzoq muddatli xotiraga ko'chirish uchun 15-20 minut vaqt kerak bo'ladi. Agar odam qattiq miya jarohatini olsa, uzoq muddatli xotira tiklanishi va jarohatdan oldingi 15-20 minut ichida qabul qilingan ma'lumotlar butunlay yo'qolishi mumkin.

Sun'iy neyron to'rining tuzilishi

Sun'iy neyron. Sun'iy neyron birinchi yaqinlashda biologik neyron xossalari imitatsiya qiladi. Har bir sun'iy neyronga boshqa neyronlar chiqishi bo'lgan qandaydir signallar to'plami kiradi. Har bir kiruvchi signal sinaptik kuchga mos vaznga ko'paytiriladi va ularning yig'indisi neyronning aktivlik darajasini

aniqlaydi. Bu g'oyani amalga oshiruvchi model 1.2-rasmda keltirilgan. Garchi sun'iy neyron to'rlari turli-tuman, lekin ularning barchasining asosida ushbu konfiguratsiya yotadi. Bu yerda x_1, x_2, \dots, x_n bilan belgilangan kiruvchi signallar sun'iy neyronlarga kiradi. Bu kiruvchi signallar majmuasi X vektori bilan belgilanadi va ular biologik neyron sinapsisiga keluvchi signallarga mos keladi. Har bir signal o'ziga mos keluvchi w_1, w_2, \dots, w_n vaznlarga ko'paytiriladi va Σ bilan belgilangan yig'uvchi blokka kelib tushadi. Har bir vazn bitta biologik sinapsis «kuchiga» mos keladi. (Vaznlar to'plami W vektori orqali belgilanadi). Biologik element tanasiga mos keluvchi yig'uvchi blok, mos vaznlarga ko'paytirilgan kiruvchi qiymatlarni algebraik tarzda yig'adi va neyron chiqishini shakllantiradi. Bu miqdor NET bilan belgilanadi. Yuqoridagi fikrlar vektor ko'rinishda quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$NET = XW.$$



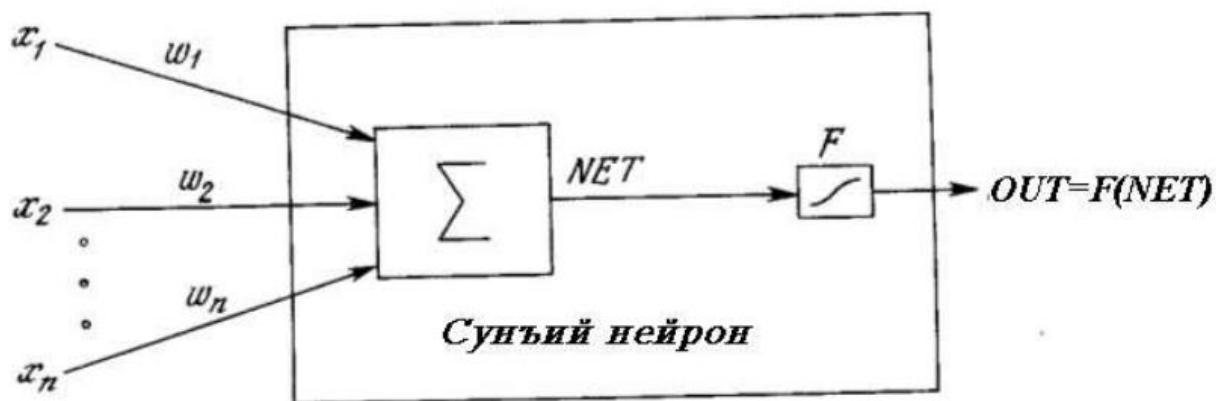
Sun'iy neyron

Aktivlash funksiyalari. Keyingi qadamda NET signali, odatda F aktivlash funksiyasi orqali hisoblanib, neyronning OUT chiqish signalini hosil qiladi. Aktivlash funksiyasi oddiy chiziqli funksiya bo'lishi mumkin. $OUT = K(NET)$,

bu yerda K – quyidagicha aniqlangan chegara funksiyasi doimiysi $OUT = 1$, agar $NET > T$,

$OUT = 0$,

boshqa holatlar uchun, bu yerda T – qandaydir chegaraviy doimiy qiymat. Aktivlash funksiyasi biologik neyron chiziqsiz o'tkazuvchanlik xususiyatini yanada to'liq ifodalovchi funksiyabo'lishi va neyron to'ri uchun keng imkoniyatlar berishi mumkin.



Aktivlash funksiyali sun'iy neyron

Yuqoridagi rasmdagi F bilan belgilangan blok NET signallarini qabul qiladi va OUT signalini chiqaradi. Agar F blok NET kattaligining o'zgarish diapazonini siqsa, ya'ni NET kattalikning har qanday qiymatida OUT qandaydir chekli oraliqqa tegishli bo'lsa, u holda F «siquvchi» funksiya deb nomlanadi. Ko'p hollarda «siquvchi» funksiya sifatida rasmda ko'rsatilgan logistik yoki «sigmoidal» (S shakldagi) funksiya ishlatiladi. Bu funksiya matematik ko'rinishi $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ Shunday qilib,

$$OUT = \frac{1}{1 + e^{-NET}}$$

Elektron sistemalar bilan o'xshashlik nuqtai-nazaridan aktivlash funksiyasini sun'iy neyronning chiziqsiz kuchaytirgich xossasi deb qarash mumkin. Kuchaytirgich koeffitsienti OUT kattaligi ortirmasini, uni keltirib chiqargan NET kattaligining nisbatan katta bo'lmagan ortirmasiga nisbati sifatida hisoblanadi. Katta kuchaytirish koeffitsentli logistik funksiyaning markazidagi sohalarda kichik signallarni qayta-ishlash muammosini yechilsa, musbat va manfiy chekkadagi sohalardagi pasayadigan kuchaytirgichlar esa juda katta ta'sirlarni qayta-ishlashga mos keladi. Shunday qilib, neyron kiruvchi signalning keng diapazonida katta kuchaytirgich bilan amal qiladi, ya'ni past signallar kuchaytiriladi va aksincha, katta signallar pasaytiriladi.

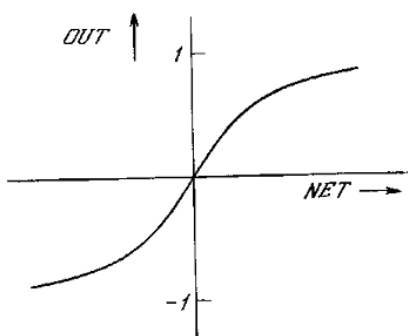
$$OUT = \frac{1}{1 + e^{-NET}} = F(NET)$$



Sigmoidal logistik funksiya

Boshqa keng qo'llaniladigan aktivlash funksiyalardan biri giperbolik tangens. Shakli bo'yicha u logistik funksiyaga o'xshash va biologlar tomonidan nerv katagining aktivlashuvining matematik modeli sifatida ishlatiladi. Sun'iy neyron to'ringing aktivlash funksiyasi ko'rinishida u quyidagicha yoziladi:

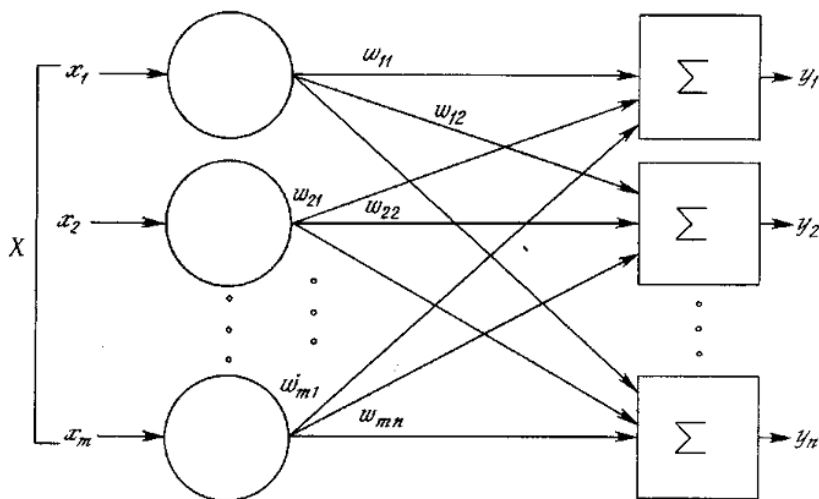
$$OUT = th(x).$$



Giperbolik tangens funksiyasi

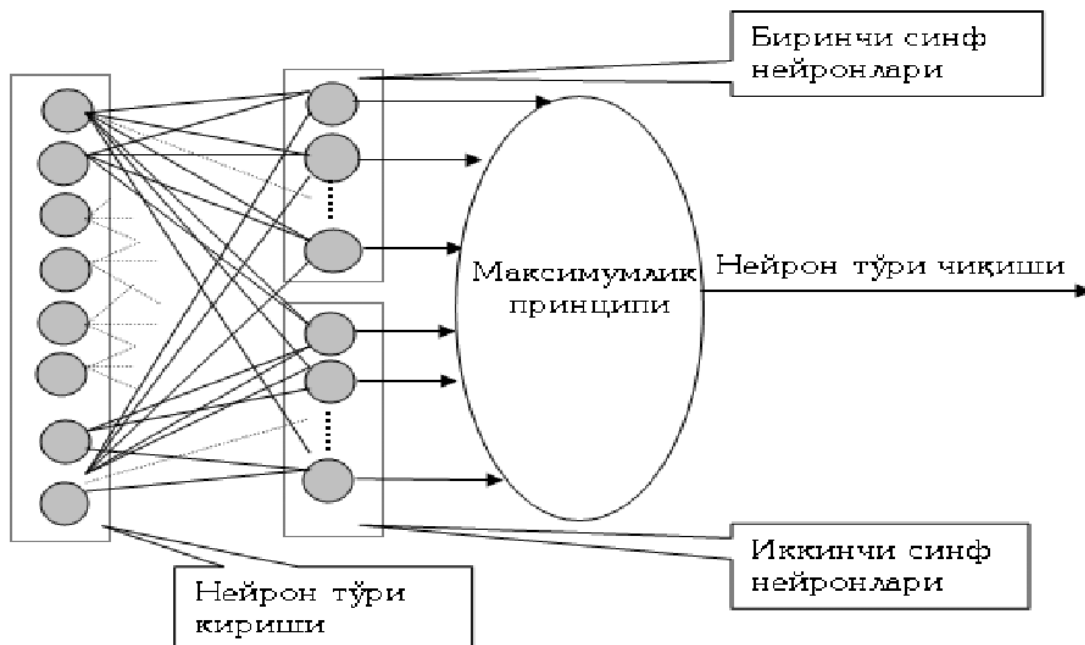
Giberbolik tangens funksiyasi logistik funksiyalardek S shaklidagi funksiyadir, lekin u koordinata boshiga nisbatan simmetrik va $NET = 0$ nuqtada OUT chiquvchi signal qiymati nolga teng. Logistik funksiyadan farqli ravishda giperbolik tangens turli ishoradagi qiymatlarni qabul qiladi va bu hol bir qator to'rlar uchun qo'l keladi. Sodda sun'iy neyron modeli biologik neyronning ayrim xossalari inkor qiladi. Masalan, u sistema dinamikasiga ta'sir qiluvchi vaqt bo'yicha to'xtashlarni inobatga olmaydi. Kiruvchi signallar darhol chiquvchi signallarni yuzaga keltiradi. Va, juda muhim bo'lgan chastotali modulyatsiya funksiyasi ta'siri yoki biologik neyronning sinxronlashtiruvchi funksiyasi hisobga olinmaydi, garchi bu xossalarni bir qator tadqiqotchilar hal qiluvchi deb hisoblashadi. Bu cheklanishlarga qaramasdan, bunday neyronlardan hosil bo'lgan neyronlar biologik sistemani eslatuvchi ko'p xossalarni namoyon qiladi. Qatlamli neyron to'rlari. Garchi bitta neyron oddiy anglash protsedurasini ham amalga oshira olmaydi, lekin bir qancha neyronlarni neyron to'riga

birlashtirishda neyron hisoblarning kuchi yuzaga keladi. Neyron guruhi qatlam hosil qiluvchi sodda neyron to'ri 1.6-rasmda ko'rsatilgan. Izohlab o'tish kerakki, chap tomondagi qirra-aylanalar faqat kiruvchi signallarni taqsimlash uchun xizmat qiladi. Ular birorta hisoblash amallarini bajarmaydi va shu sababli qatlam hisoblanmaydi. Hisoblash amallarini bajaruvchi neyronlar to'rtburchaklar bilan belgilangan. X kiruvchi to'plamdagi har bir element alohida vazn bilan har bir 15 neyron bilan bog'langan. O'z navbatida har bir neyron kiruvchi qiymatlar «sozlangan» yig'indisini chiqaradi.



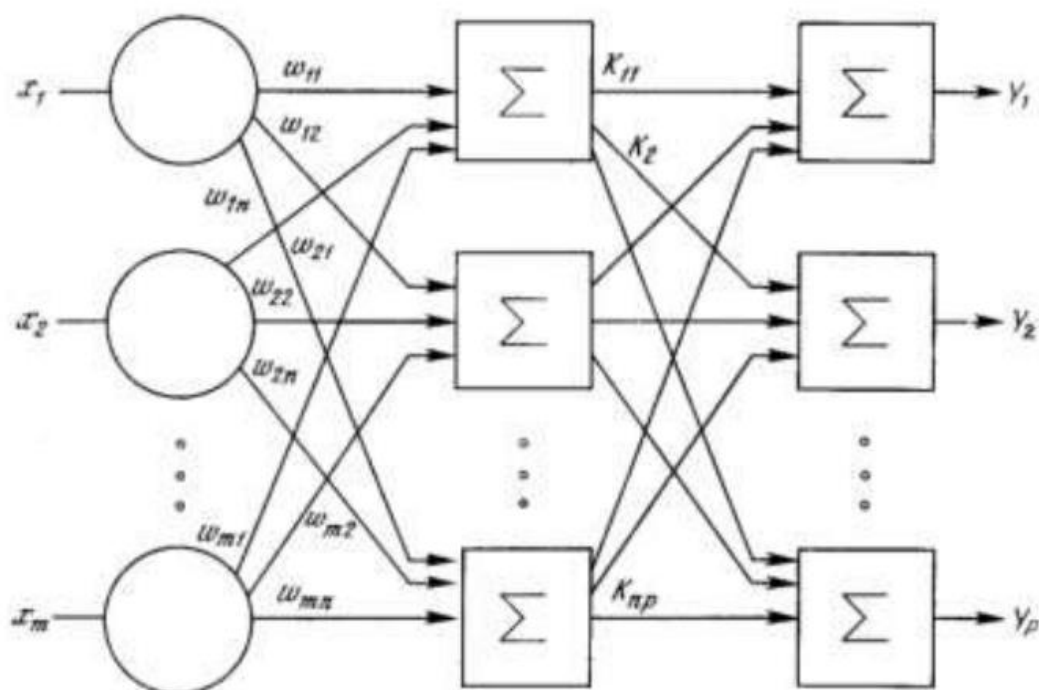
Bir qatlamli neyron to'ri.

Vaznlarni W matritsa elementlari sifatida qarash o'ng'aydir. Matritsa m satr va n ustunga ega bo'lib, m –kirishlar soni, n –neyronlar soni. Masalan, $w_{i,j}$ – bu uchinchi kirishni ikkinchi neyron bilan bog'lovchi vazndir. Shunday qilib, komponentalari neyronlarning *OUT* bo'lgan chiquvchi N vektorni hisoblashni matritsali ko'paytma $N = XW$ sifatida keltirish mumkin, N va X –satr-vektorlar. Bir qatlamli neyron to'rlari masala yechimi sifatida «g'olib barchasiga ega» prinsipi keng qo'llaniladi. Bu prinsip mohiyati quyidagicha: kiruvchi X uchun birinchi qatlamdagi qaysi neyron maksimum (minimum) qiymat qabul qilsa, o'sha neyron qayta-ishlanayotgan ob'ektni o'ziga «tortgan» hisoblanadi. Mazkur neyronning barcha xossalari ayni shu ob'ektga ham tegishli bo'ladi, masalan qatlam neyronlari sinflar vakillari sifatida qaralsa, o'ziga tortgan neyron (ob'ekt) qaysi sinfga tegishli bo'lsa, noma'lum (yangi) ob'ekt ham shu sinfga tegishli bo'ladi va hakoza. Maksimumlik prinsipi bo'yicha amal qiladigan bir qatlamli sun'iy neyron to'ri 1.7-rasmda keltirilgan.



Максимумлик принцида амал қилувчи бир қатламли сун'ий нейрон то'ри

Ҳажм жиҳатдан катта ва мураккаб нейрон то'рлари, одатда, мос равишда катта ҳисоблаш имкониятларига эга. Гарчи нейроннинг жуда кўп тuzilishlari yaratilgan bo'lsa ham кўп қатламли нейрон то'рлари миyaning айрим қатламли bo'laklarini nusxasidir. Bunday to'rlar bir қатламли нейронларга nisbatan o'rganish sig'imi kengroq hisoblanadi va hozirda uch қатламли to'rlarni o'rgatish algoritmlarining bir qancha turlari yaratilgan. Shu o'rinda, qayd etib o'tish zarurki, hozirda soha olimlari tomonidan bir va кўп қатламли нейрон to'rlarining o'zaro ekvivalentligi matematik tarzda isbot qilingan.



Ikki қатламли нейрон то'ри.

Ko'p qatlamli neyron to'rlari qatlamlar kaskadi bilan hosil bo'lishi mumkin. Bir qatlam chiqishi keyingi qatlam uchun kirish bo'ladi.

Teskari bog'lanishli to'rlar. Yuqorida ko'rilgan to'rlarda teskari bog'lanishlar yo'q edi, ya'ni qandaydir qatlamning chiqishidan chiqib, xuddi shu qatlam yoki oldingi qatlamlar kirishiga boruvchi bog'lanishlar yo'q edi. Bunday to'rlar to'g'ri tarqaluvchi to'rlar sinfini tashkil qiladi va ular katta qiziqish uyg'otadi va juda keng ravishda qo'llaniladi. Chiqishlarida kirishlariga bog'lanish bo'lgan to'rlar teskari bog'lanishli to'rlar deyiladi. Teskari bog'lanishlari bo'lmagan to'rlarda xotira yo'q, ularning chiqishi faqat ayni paytdagi kirishlar va vaznlar bilan aniqlanadi. Ayrim ko'rinishdagi teskari bog'lanishli neyron to'rlarida chiqish qiymatlari kirishga qaytariladi, oqibatda chiqish ayni paytdagi kirish va oldingi chiqish bilan aniqlanadi. Shu sababli teskari bog'lanishli to'rlar inson miyasining qisqa muddatli xotirasi xossalari o'xshash xossalarga ega bo'ladi. To'r chiqishlari qisman oldingi kirishlarga bog'liq bo'ladi.