



NEYRON TARMOG'IDA FAOLLASHTIRISH FUNKTSIYALARINING TAHLILI

Jurayev Umidjon Sayfullayevich
Guliston davlat universiteti katta o'qituvchisi
Qudratov Alijon Normamatovich
Guliston davlat universiteti katta o'qituvchisi
Bahodirov Muzrob Doniyor o'g'li
Guliston davlat universiteti o'qituvchisi
Rajabov Jahongir G'olib o'g'li
Guliston davlat universiteti talabasi
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10718373>

ARTICLE INFO

Received: 20th February 2024
Accepted: 24th February 2024
Published: 26th February 2024

KEYWORDS

Neyron tarmoq, faollashtirish funksiyasi, og'irliklar, Sigmoid, Softmax, Tanh, ReLU, LeakyReLU

ABSTRACT

Faollashtirish funksiyalari neyron tarmoqning chiqishini aniqlash uchun ishlatiladi. U model tayyorlashning aniqligini hamda hisoblash samaradorligini aniqlash uchun ishlatiladi. Ular, shuningdek, neyron tarmoqlar qanday o'zgarishiga va konvergentsiya qanchalik tez bo'lishiga chuqur ta'sir qiladi. Ba'zi hollarda faollashtirish funksiyalari neyron tarmoqlarning konvergentsiyasini ham oldini oladi.

Ushbu maqolada eng ko'p ishlatiladigan faollashtirish funksiyalari turlari, ahamiyati va o'zaro taxlili haqida to'xtalib o'tiladi.

Kirish.

Odatda "neyron tarmoqlari" deb ataladigan sun'iy neyron tarmoqlar ustida ishlash inson miyasi an'anaviy raqamli kompyuterdan butunlay boshqacha tarzda hisoblashini tan olish bilan boshlanganidan keyin juda tez suratlarda rivojlanib bordi. Miya juda murakkab, chiziqli bo'lmagan va parallel kompyuter (axborotni qayta ishlash tizimi)dir. U neyronlar deb nomlanuvchi strukturaviy tarkibiy qismlarni tashkil qilish imkoniyatiga ega bo'lib, muayyan hisob-kitoblarni (masalan, timsolni aniqlash, idrok etish va motorni boshqarish) bugungi kunda mavjud bo'lgan eng tezkor raqamli kompyuterga qaraganda bir necha baravar tezroq amalga oshiradi. Masalan, axborotni qayta ishlash vazifasi bo'lgan insonning ko'rish qobiliyatini ko'rib chiqaylik. Vizual tizimning vazifasi atrofimizdagi muhitning tasvirini ta'minlash va eng muhimi, atrof-muhit bilan o'zaro ta'sir qilish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni taqdim etishdir.

Asosiy

Faollashtirish funksiyasi neyron tarmoqning ajralmas qismidir. Faollashtirish funksiyasiz neyron tarmoq, oddiy chiziqli regressiya modelidir. Bu shuni anglatadiki, faollashtirish funksiyasi neyron tarmoqni chiziqli bo'lmagan qiladi.

Faollashtirish funksiyalari neyron tarmog'ida har bir neyronga biriktirilgan va har bir neyronning kirishi modelning bashoratiga mos kelishiga qarab, uni faollashtirish kerakmi yoki yo'qligini aniqlaydi.

Faollashtirish funksiyasi, shuningdek, har bir neyronning chiqishini 0 dan 1 gacha yoki -1 dan 1 gacha normallashtirishga yordam beradi.

Ma'lumki, ba'zida neyron tarmoq millionlab ma'lumotlar nuqtalarida o'qitiladi, shuning uchun hisoblash vaqtini qisqartirish uchun faollashtirish funksiyasi yetarli darajada samarali bo'lishi kerak.

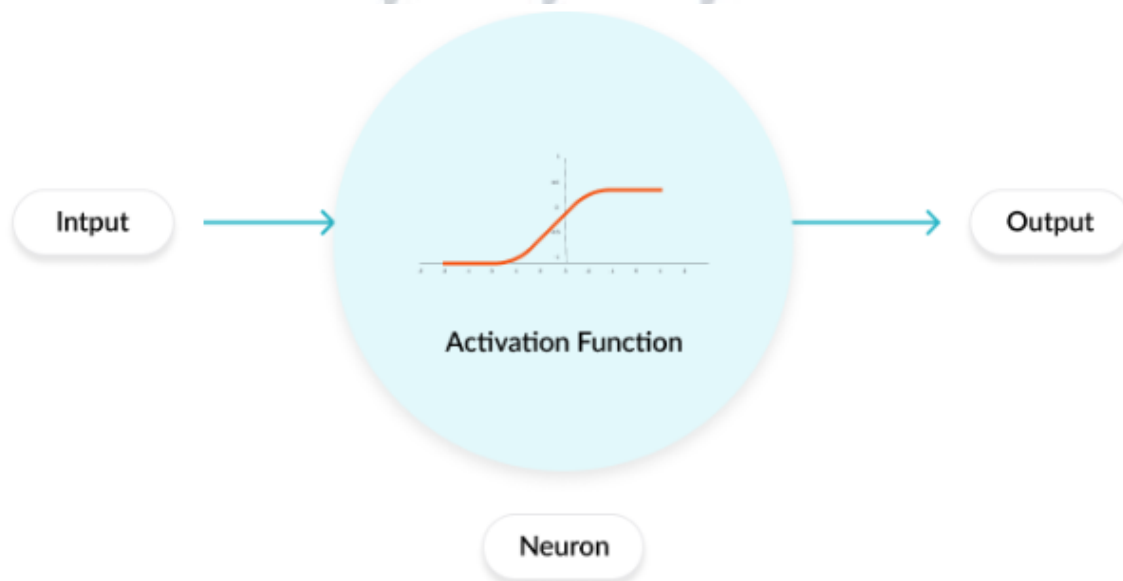
Neyron tarmog'ida kirish, kirish qatlamidagi neyronga beriladi. Har bir neyronning vazni bo'lgan joyda va kirish raqamini har bir neyronning og'irligiga ko'paytirish neyronlarning chiqishini beradi, keyinchalik u keyingi qatlamga o'tkaziladi va bu jarayon davom etadi. Chiqish quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$Y = \sum (\text{og'irliklar} * \text{kirish} + \text{moyillik})$$

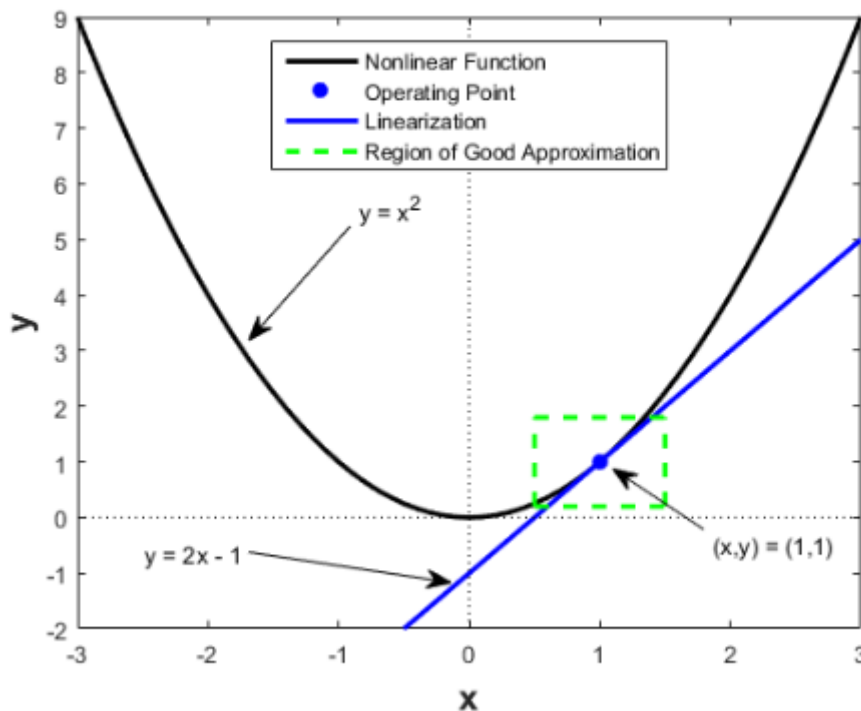
Eslatma. Y qiymati $-\infty$ dan $+\infty$ gacha bo'lishi mumkin. Shunday qilib, natijani kerakli bashorat yoki umumlashtirilgan natijalarga yetkazish uchun biz ushbu qiymatni faollashtirish funksiyasidan o'tkazishimiz kerak.

Faollashtirish funksiyasi joriy neyronni oziqlantiradigan kirish va keyingi qatlamga o'tadigan uning chiqishi o'rtasidagi o'ziga xos matematik "shlyuz" dir. Bu ma'lum bir qoida yoki chegaraga qarab neyron chiqishini yoqadigan va o'chiradigan qadam funksiyasi kabi oddiy bo'lishi mumkin. Yakuniy natija quyidagicha ko'rsatilishi mumkin:

$$Y = \text{faollashtirish funksiyasi (yig'indi (og'irliklar * kirish + moyillik))}$$



Har qanday faollashtirish funksiyalarini qo'llashning asosiy g'oyasi chuqur o'rganish modellarimizga chiziqli bo'lmaganlikni kiritishdir. Chiziqli bo'lmagan funksiyalar darajasi birdan katta bo'lgan va biz ularni quyida ko'rsatilgandek chizganimizda egrilikka ega bo'lgan funksiyalardir.



Biz faollashtirish funksiyasini qo'llaymiz, shunda biz yanada murakkab va murakkab ma'lumotlarni modellashtirish va yanada kuchliroq bo'lish imkoniyatini qo'shamiz. Shuningdek, u kirish va chiqishlar orasidagi chiziqli bo'lmagan murakkab ixtiyoriy funktsional xaritalarni ko'rsatishga yordam beradi. Chiziqli bo'lmagan faollashtirishni qo'llash orqali biz kirish va chiqish o'rtasida chiziqli bo'lmagan aloqalarni o'rnatishimiz mumkin. Faollashtirish funksiyasining yana bir muhim xususiyati shundaki, u differentsiallanuvchi bo'lishi kerak.

Biz buni farqlashimiz kerak, chunki orqaga tarqalishni optimallashtirish strategiyasini amalga oshirayotganda tarmoqda orqaga tarqalish paytida og'irliklarga nisbatan xato (yo'qotish) gradientlarini hisoblash va shuning uchun xatoni kamaytirish uchun gradient tushishi yoki boshqa optimallashtirish usullaridan foydalangan holda og'irliklarni optimallashtirish.

Quyida chuqur o'rganishda qo'llaniladigan faollashtirish funktsiyalarining ba'zi turlari keltirilgan:

Ikkilik qadam

Chiziqli

Sigmoid

Softmax

Tanh

ReLU

LeakyReLU

PRELU

ELU (eksponensial chiziqli birliklar)

Swish

Maxout

Softplus

Eng ko'p ishlatiladigan chiziqli va chiziqli bo'lmagan faollashtirish funktsiyalari quyidagilardir:

Ikkilik qadam

Chiziqli
Sigmoid
Softmax
Tanh
ReLU
LeakyReLU

1) Ikkilik qadamli faollashtirish funksiyasi

Bu foydalanish uchun mavjud bo'lgan eng asosiy faollashtirish funktsiyalaridan biri bo'lib, biz chiqishni cheklamoqchi bo'lganimizda ko'pincha bu esga tushadi. Asosan, bu chegara bazasini faollashtirish funktsiyasi, bu yerda biz neyronni faollashtirish yoki o'chirish kerakligini hal qilish uchun ba'zi chegara qiymatini o'rnatamiz.

Matematik jihatdan ikkilik qadamli faollashtirish funktsiyasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$f(x) = 1, \text{ agar } x > 0 \text{ bo'lsa, aks holda } 0, \text{ agar } x < 0 \text{ bo'lsa}$$

Funktsiya grafigini quyidagicha ifodalash mumkin.



Yuqoridagi rasmda ko'rsatilganidek biz chegara qiymatini 0 deb qaror qildik. Ikkilik vazifalarni yoki klassifikatorni tasniflashni xohlaganimizda ikkilik faollashtirish funktsiyasi juda oddiy va ulardan foydalanish oson.

Ikkilik qadam funktsiyasi bilan bog'liq muammolardan biri shundaki, u ko'p qiymatli chiqishga ruxsat bermaydi - masalan, kirishni bir nechta toifalardan biriga tasniflashni qo'llab-quvvatlamaydi.

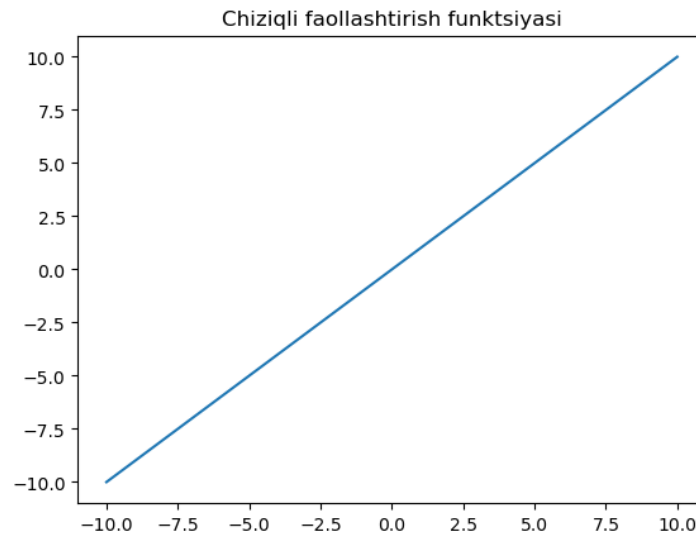
2) Chiziqli faollashtirish funktsiyalari

Chiziqli faollashtirish funktsiyasi oddiy to'g'ri chiziq faollashtirish funktsiyasi bo'lib, unda funktsiya kirishlar yoki neyronlarning vaznli yig'indisiga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir.

Chiziqli faollashtirish funktsiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$f(x) = x$$

Uning grafigi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



Ushbu faollashtirish funksiyasi kirish ma'lumotlarini qabul qiladi, uni har bir neyronning og'irligiga ko'paytiradi va kirish ma'lumotlariga proporsional bo'lgan chiqishni ishlab chiqaradi.

Chiziqli faollashtirish qadamba-qadam faollashtirishdan yaxshiroqdir, chunki u bizga bir nechta chiqish ma'lumotlarni olish imkonini beradi.

Chiziqli faollashtirish bilan bog'liq asosiy muammolardan ba'zilari:

- Modelni o'rgatish uchun teskari (gradient tushish) dan foydalanish mumkin emas, chunki bu funktsiyaning hosilasi doimiy va kirish bilan bog'liq emas.
- Ushbu faollashtirish funksiyasi bilan neyron tarmoqning barcha qatlamlari bittaga birlashtiriladi.

Shunday qilib, chiziqli faollashtirish funksiyasiga ega neyron tarmoq shunchaki chiziqli regressiya modeli deb aytishimiz mumkin. U cheklangan kuchga ega va kirish ma'lumotlari parametrlarini o'zgartirish bilan bog'liq murakkab muammolarni hal qilish qobiliyatiga ega.

Zamonaviy neyron tarmoq modellarida modelning murakkabligi ortib borishi bilan chiziqli bo'lmagan faollashtirish funksiyalaridan foydalanadi. Ushbu nochiziqli faollashtirish funksiyasi modelga neyron tarmoqning kirish va chiqishlari o'rtasida kompleks xaritalarini yaratish imkonini beradi, ular kompleks ma'lumotlarini o'rganish va modellashtirish uchun zarur bo'lgan tasvirlar, videolar, audiolar va chiziqli bo'lmagan ma'lumotlar to'plamlari juda yuqori o'lchamga ega.

Chiziqli bo'lmagan funksiyalar yordamida biz chiziqli faollashtirish funksiyasi muammolarini hal qilishimiz mumkin:

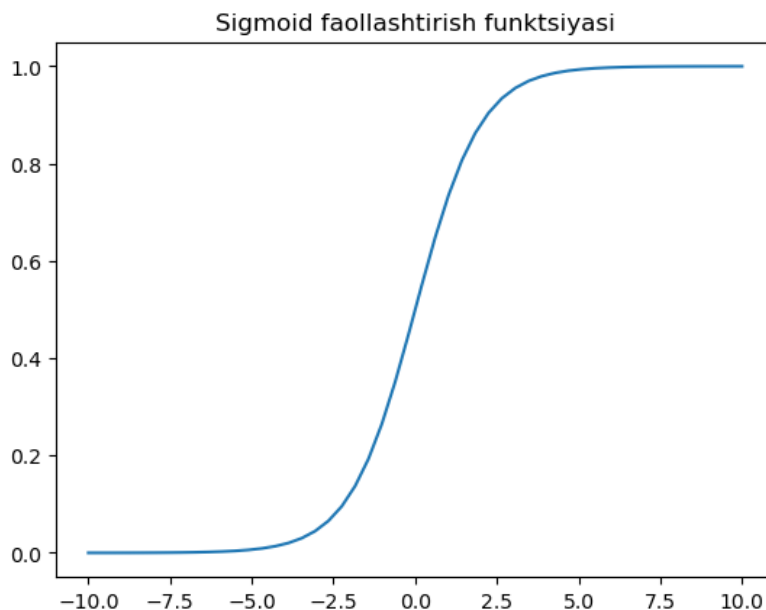
- Ular bizga teskari hisoblashni amalga oshirishga imkon beradi, chunki ular kiritilgan ma'lumotlarga tegishli bo'lgan hosila funksiyasiga ega.
- Shuningdek, ular bizga neyronlarning bir nechta qatlamlarini "yig'ish" imkonini beradi, bu esa chuqur neyron tarmoqni yaratishga yordam beradi. Chunki murakkab ma'lumotlar to'plamini yuqori darajadagi aniqlik va yaxshi natijalar bilan o'rganish uchun bizga bir nechta yashirin neyron qatlamlari kerak.

3) Sigmoid faollashtirish funksiyasi

Sigmoid faollashtirish funksiyasi eng ko'p qo'llaniladigan faollashtirish funksiyalaridan biridir. Ushbu funktsiya asosan o'z vazifasini katta samaradorlik bilan bajarganligi uchun

ishlatiladi. Bu asosan, qaror qabul qilish yo'lidagi rrobabilist yondashuv bo'lib, uning qiymati 0 va 1 oralig'ida bo'ladi.

Sigmoid funksiyasi



Agar biz qaror qabul qilishimiz yoki chiqishni qayta ko'rib chiqishimiz kerak bo'lsa, biz ushbu faollashtirish funksiyasidan foydalanamiz, chunki uning diapazoni minimal bo'lib, bu qarorni tasdiqlash uchun yordam beradi.

Sigmoid funktsiya tenglamasi quyidagicha berilishi mumkin:

$$f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$$

Sigmoid faollashtirish funksiyasi bilan bog'liq muammolar

Sigmoid funktsiya bilan bog'liq eng keng tarqalgan muammolar shundaki, u muammoni asosan yo'olib ketadigan gradient nuqtai nazaridan keltirib chiqaradi, bu 0 dan 1 gacha bo'lgan diapazondagi katta kirishlarni o'zgartirganimizdan kelib chiqadi va shuning uchun ularning hosilalari ancha kichik bo'ladi.

Ushbu faollashtirish funksiyasi bilan bog'liq yana bir muammo - bu katta hisoblashlarni talab qilishidir.

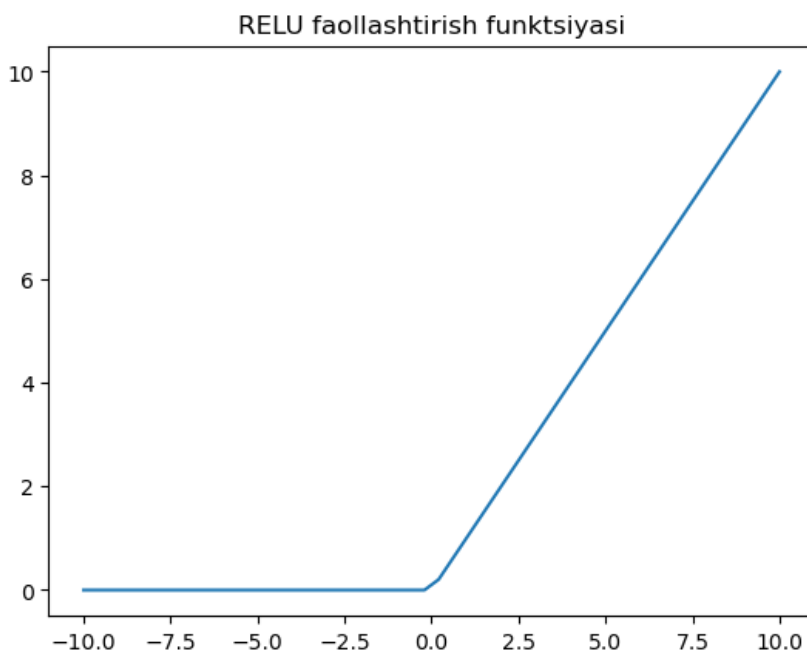
Sigmoid faollashtirish muammosini hal qilish uchun ReLU kabi boshqa faollashtirish funksiyasi qo'llaniladi, bu erda bizda kichik hosilalar muammosi yo'q.

4) ReLU faollashtirish funksiyasi (to'z'rilangan chiziqli birlik)

ReLU yoki to'g'rilangan chiziqli birlik hozirgi kunda eng ko'p qo'llaniladigan baholash funksiyalaridan biridir. U 0 dan cheksizgacha o'zgaradi. U asosan neyron tarmoqning yashirin qatlamlarida joylashgan. Barcha salbiy qiymatlar nolga aylantiriladi. Agar x musbat bo'lsa, x ni, aks holda 0 ni beradi. Bu funktsiyaning tenglamasi:

$$f(x) = \max(0, x)$$

Ushbu funktsiyaning grafigi quyidagicha:



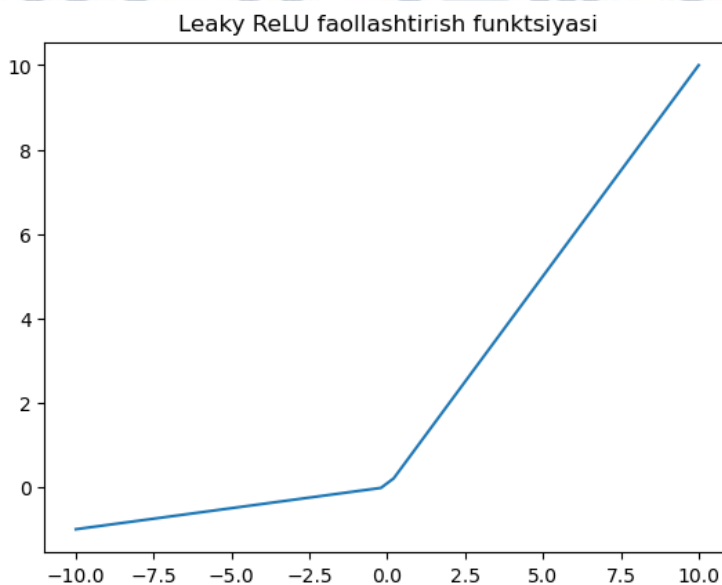
ReLU faollashtirish funktsiyasi bilan bog'liq muammolar

Dying ReLU muammosi: agar kirishlar nolga teng bo'lsa yoki manfiy qiymatga ega bo'lsa, funktsiyaning gradienti nolga aylanadi, shuning uchun tarmoq qayta ishlay olmaydi va xatolikni o'rgana olmaydi. Bu muammo ReLU muammosi sifatida tanilgan.

Shunday qilib, bu muammoning oldini olish uchun biz ReLU o'rniga Leaky ReLU faollashtirish funktsiyasidan foydalanamiz. Leaky ReLU-da uning diapazoni kengaytirilgan, bu bizga model ish faoliyatini yaxshilashga yordam beradi.

5) Leaky ReLU faollashtirish funktsiyasi

ReLU da muhokama qilinganidek, "Dying ReLU" muammosini hal qilish uchun bizga Leaky ReLU faollashtirish funktsiyasi kerak edi. Biz barcha salbiy kirish qiymatlari juda tez nolga aylanayotganini kuzatamiz va Leaky ReLU holatida biz barcha salbiy inrutlarni nolga keltirmaymiz, aksincha, modelni qayta ishlashda bizni qiziqtirgan qiymatga ega bo'lamiz.



6) Giperbolik tangens faollashtirish funktsiyasi (Tanh)

Aksariyat hollarda Tanh faollashtirish funktsiyasi har doim sigmoid funktsiyaga qaraganda yaxshiroq ishlaydi. Tanh Giperbolik tangens funktsiyasini anglatadi. Bu aslida sigmoid funktsiyaning o'zgartirilgan versiyasidir. Ularning ikkalasi ham bir-biridan kelib chiqishi mumkin. Uning qiymatlari -1 dan 1 gacha.

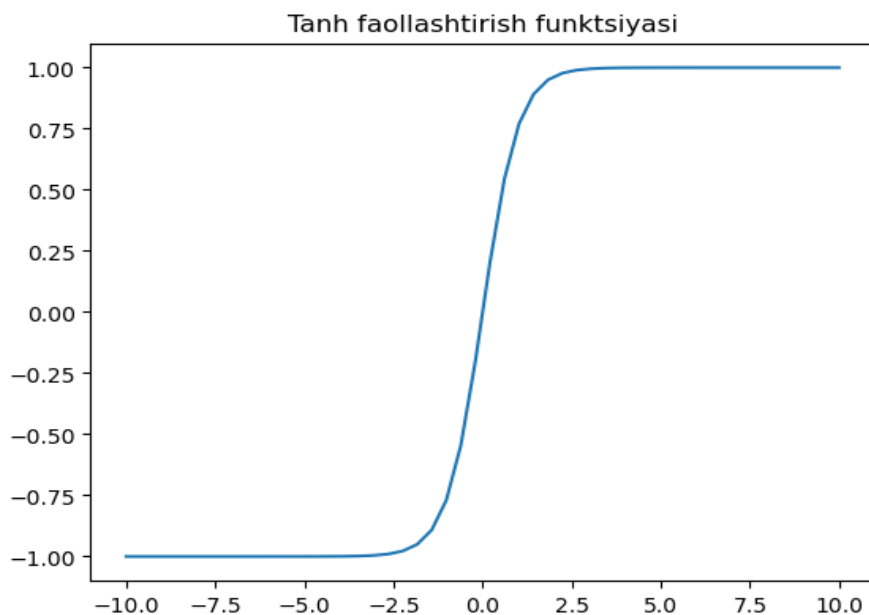
Tanh faollashtirish funktsiyasi tenglamasi quyidagicha berilgan:

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$$

yoki

$$\tanh(x) = 2 * \text{sigmoid}(2x) - 1$$

Tanh grafigi quyidagicha ko'rsatilishi mumkin:



7) Softmax faollashtirish funktsiyasi

Softmax faollashtirish funktsiyasi ham sigmoid funktsiyaning bir turi, lekin biz tasniflash muammolari bilan shug'ullanganimizda juda foydali. Ushbu funktsiya odatda ko'p sinflarni boshqarishga harakat qilganda ishlatiladi.

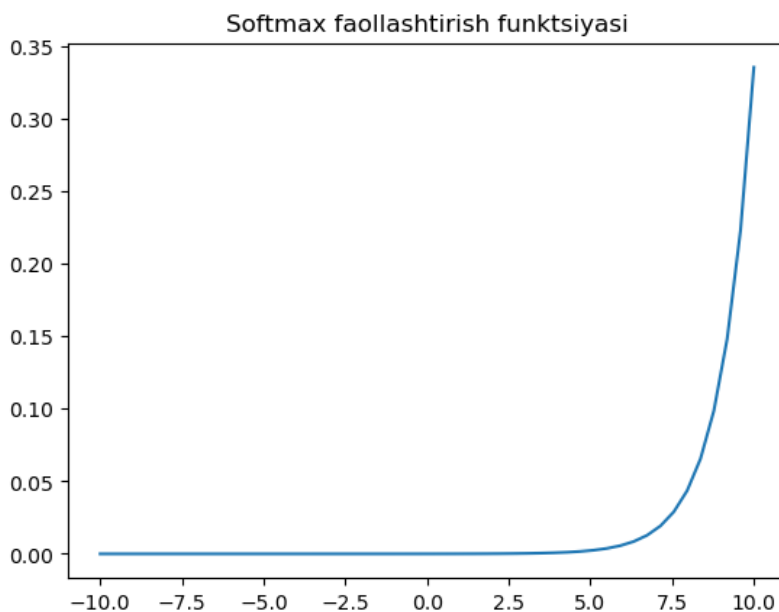
U har bir sinf uchun natijalarni 0 dan 1 gacha olib keladi va shuningdek, natijalar yig'indisiga bo'linadi.

Softmax funktsiyasi klassifikator modelining chiqish qatlamida ideal tarzda qo'llaniladi, bu yerda biz aslida har bir kirish sinfini aniqlash uchun imkoniyatlarga erishishga harakat qilamiz. Ikkilik tasniflash uchun biz sigmoiddan, shuningdek, bir xil darajada xatoga yo'l qo'yadigan yumshoq Softmax faollashtirish funktsiyasidan foydalanishimiz mumkin. Ammo bizda ko'p toifali tasniflash muammosi mavjud bo'lganda, biz odatda u bilan birga Softmax va kross-entrory dan foydalanamiz.

Softmax faollashtirish funktsiyasi tenglamasi:

$$\delta(z) = e^{-\frac{z^2}{2}} e^{i\omega t}$$

Uning grafigi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



Eng ko'p ishlatiladigan faollashtirish funktsiyalari bilan tanishishimiz mumkin. Bu o'z navbatida turli xil masalalarni yechishda mos faollashtirish funktsiyalarni tanlash natijasida xatoliklarni kamaytirish va aniqlikni oshirish imkonini beradi.

8) SoftPlus faollashtirish funktsiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$f(x) = \log_e(1 + e^x)$$

Uning grafigi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



Faollashtirish funktsiyalari va ularning hosilalari

	Nomi	Funktsiyasi	Hosilasi
1	Chiziqli	$f(x) = x$	$f'(x) = 1$
2	Ikkilik qadam	$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{agar } x < 0 \\ 1 & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{agar } x \neq 0 \\ ? & \text{agar } x = 0 \end{cases}$

3	Sigmoid/Logistic	$f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$	$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$
4	Tanh (Giperbolik tangens)	$f(x) = \tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$	$f'(x) = 1 - f(x)^2$
5	ArcTan	$f(x) = \tan^{-1}(x)$	$f'(x) = \frac{1}{x^2 + 1}$
6	ReLU	$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{agar } x < 0 \\ x & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{agar } x < 0 \\ 1 & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$
7	PReLU	$f(x) = \begin{cases} ax & \text{agar } x < 0 \\ x & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} a & \text{agar } x < 0 \\ 1 & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$
8	ELU	$f(x) = \begin{cases} a(e^x - 1) & \text{agar } x < 0 \\ x & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} f(x) + a & \text{agar } x < 0 \\ 1 & \text{agar } x \geq 0 \end{cases}$
9	SoftPlus	$f(x) = \log_e(1 + e^x)$	$f'(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$

Xulosa

Ushbu maqolada sun'iy intellekt tizimlarida qo'llanilayotgan neyron tarmoqlarda faollashtirish funktsiyalari va ularning turlari, ahamiyati hamda taxlili keltirib o'tilgan. Timsollarni tasniflash, signallarni qayta ishlash va boshqarish ilovalari uchun neyron tarmoqning tabiiy arxitekturasi tarmoqning moslashish qobiliyati bilan birgalikda uni adaptiv timsollarni tasniflash, moslashtirilgan signallarni qayta ishlash va adaptiv boshqaruvda foydali vositaga aylantiradi. Umumiy qoida sifatida, aytish mumkinki, biz tizimni qanchalik moslashuvchi qilib yaratsak, har doim tizim barqaror bo'lishini ta'minlasak, tizim nostatsionar muhitda ishlashi kerak bo'lganda uning ishlashi shunchalik mustahkam bo'ladi.

Takidlash kerakki keltirilgan ma'lumotlar ayni paytda jadal rivojlanayotgan sun'iy intellekt hamjamiyatini yanada kuchliroq qilish uchun o'z hissasini qo'shadi deb o'ylaymiz. Shu bilan birgalikda qo'yilgan masalani yechish uchun mos faollashtirish funktsiyalarni tanlash va samaradorlikni oshirish imkoniyatini beradi.

Adabiyotlar:

1. Abduraximov, D., & Baxodirov, M. (2022). TA'LIMNI AXBOROTLASHTIRISHDA ZAMONAVIY AXBOROT TEXNOLOGIYALARI IMKONIYATLARIDAN FOYDALANISH. Science and innovation, 1(B7), 1529-1534.
2. Abduraximov, D., Adilov, A., & Baxodirov, M. (2023). RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR IMKONIYATLARIDAN TA'LIMDA SAMARALI FOYDALANISH. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(6), 41-45.
3. Ziyadullaev, D., Mukhamedieva, D., Teshaboyev, M., Abdurakhimov, D., Bakhodirov, M., Ziyodullaeva, G., & Abduraimov, D. (2023). Application of the neuro-fuzzy approach to solving problems of soil phases evaluation. In BIO Web of Conferences (Vol. 67, p. 02009). EDP Sciences.

4. Abduraximov, D., & Baxodirov, M. (2022). USING THE CAPABILITIES OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN INFORMATIZATION OF EDUCATION. *Science and Innovation*, 1(7), 1529-1534.
5. Абдурахимов, Д. Б., Монасипова, Р. Ф., & Баҳодиров, М. Д. (2024). ТАЛАБАЛАРНИ ЎҚИТИШ ВА БИЛИМИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДА ИЛФОР ПЕДАГОГИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРГА АСОСЛАНГАН ЎРГАТУВЧИ ТИЗИМ ДБ Абдурахимов. *Евразийский журнал технологий и инноваций*, 2(1), 183-187.
6. Muxamadخان, K., Umid, J., Zayniddin, K., & Umidjon, S. (2018). Reduction of mineralization of collector-drainage water by the biological method and use of them in the irrigated agriculture. *European science review*, 1(11-12), 55-57.
7. Zaynidinov, H., Juraev, J., & Juraev, U. (2020). Digital image processing with two-dimensional haar wavelets. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(3).
8. Vafokulova, M., & Juraev, U. (2022). Marketing strategy and failure of Forever 21.(What is the reason behind Forever 21's failure?). *Eurasian Research Bulletin*, 4, 67-75.
9. Khamidov, M., Juraev, U., Juraev, A., Khamraev, K., & Khamidova, S. (2021). Technology for mitigating negative consequences of water scarcity and salination in arid regions by phytomelioration measures. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 5117-5136.
10. Zaynidinov, H., Sayfiddin, B., Bunyod, A., & Umidjon, J. (2021, November). Parallel Processing of Signals in Local Spline Methods. In *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-3). IEEE.
11. Абдурахимов, Д. Б., Жураев, У. С., Адиллов, А. Н., & Баҳодиров, М. Д. (2024). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ WOLFRAM MATHEMATICA В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ. *Центральноазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления*, 1(2), 94-99.
12. Saidov, J. D. O. G. L., Allayorov, S. P., & Islikov, S. X. (2021). MA'LUMOTLAR OMBORINI YARATISH BO 'YICHA KASBIY KOMPETENTLIGINI BAHOLASH MEZONLARI. *Scientific progress*, 2(1), 1804-1807.
13. Normamatovich, Q. A. (2023). UZLUKSIZ TA'LIM TIZIMIDA MA'LUMOTLAR OMBORINI YARATISHNI O 'RGANISHNING HOLATI VA ISTIQBOLLARI. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, 3(3), 68-71.
14. Qudratov, A. (2023). PROBLEMS OF DEVELOPING STUDENTS'KNOWLEDGE. *Modern Science and Research*, 2(4), 729-733.
15. Qudratov, A. (2023). AXBOROT XAVFSIZLIGI FANINI QIZIQTIRUVCHI VA IJODIY TOPSHIRIQLAR ASOSIDA TASHKIL QILISH. *Евразийский журнал технологий и инноваций*, 1(5), 55-58.
16. Qudratov, A., & Allayorov, S. (2024). SUN'IY INTELLEKTNING RIVOJLANISH DAVRI. *Евразийский журнал технологий и инноваций*, 2(1), 71-75.