

## SUN'IY NEYRON TARMOQLARIDA FAOLLASHTIRISH FUNKSIYALARINING TURLARI

*Farg'ona davlat universiteti*

*Amaliy matematika kafedrasi katta o'qituvchisi*

**Israil Tojimamatov Nurmamatovich**

E-mail: [israiltojimatov@gmail.com](mailto:israiltojimatov@gmail.com)

*Farg'ona davlat universiteti talabasi*

**Xurshida Nabiyeva Iqboljon qizi**

E-mail: [iqboljonovna2005@gmail.com](mailto:iqboljonovna2005@gmail.com)

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada sun'iy neyron tarmoqlarida qo'llaniladigan faollashtirish funksiyalarining turlari va ularning xususiyatlari tahlil qilinadi. Faollashtirish funksiyalari neyron tarmoqlarning chiziqli bo'lmagan bog'lanishlarni o'rganishida muhim rol o'ynaydi hamda modelning aniqligi va samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Maqolada Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, ELU va Softmax kabi keng tarqalgan faollashtirish funksiyalarining ishlash tamoyillari, afzalliklari va kamchiliklari yoritib beriladi. Shuningdek, ularning turli masalalarda qo'llanilishi va tanlash mezonlari ko'rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari sun'iy neyron tarmoqlarini loyihalashda to'g'ri faollashtirish funksiyasini tanlash muhimligini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** Sun'iy neyron tarmoqlari, faollashtirish funksiyalari, mashinani o'rganish, chuqur o'rganish, ReLU, Sigmoid, Softmax.

**Annotation.** This article analyzes the types of activation functions used in artificial neural networks and examines their main characteristics. Activation functions play a crucial role in enabling neural networks to learn non-linear relationships and directly affect the accuracy and efficiency of models. The paper discusses the working principles, advantages, and disadvantages of widely used activation functions such as Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, ELU, and Softmax. In addition, the features of their application in various tasks and selection criteria are considered. The results of the study highlight the importance of choosing an appropriate activation function when designing artificial neural networks.

**Keywords:** Artificial neural networks, activation functions, machine learning, deep learning, ReLU, Sigmoid, Softmax.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются виды функций активации, используемых в искусственных нейронных сетях, а также анализируются их основные характеристики. Функции активации играют важную роль в обучении нейронных сетей нелинейным зависимостям и напрямую влияют на точность и эффективность моделей. В статье подробно описываются принципы работы,

преимущества и недостатки таких широко распространённых функций активации, как Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, ELU и Softmax. Также рассматриваются особенности их применения в различных задачах и критерии выбора. Результаты исследования подчёркивают важность корректного выбора функции активации при проектировании искусственных нейронных сетей.

**Ключевые слова.** Искусственные нейронные сети, функции активации, машинное обучение, глубокое обучение, ReLU, Sigmoid, Softmax.

### Kirish

Zamonaviy sun'iy intellekt texnologiyalarining yuragi bo'lgan sun'iy neyron tarmoqlar (SNT) bugungi kunda ko'plab ilmiy va amaliy sohalarda ulkan yutuqlarga erishmoqda. Tasvir va video tahlili, tabiiy tilni qayta ishlash, ovozni aniqlash, tibbiy diagnostika, iqtisodiy prognozlash kabi murakkab jarayonlar aynan neyron tarmoqlar orqali yanada aniq va samarali bajarilmoqda. Neyron tarmoqlarning bunday yuqori darajadagi imkoniyatlarini ta'minlaydigan asosiy omillardan biri — bu **faollashtirish funksiyalaridir**.

Faollashtirish funksiyalari sun'iy neyronning kirish signallarini qayta ishlab, uni chiziqli bo'lmagan (nolinear) shaklga keltiradi. Aynan shu nolinearlik tarmoqni murakkab naqshlar, o'zaro bog'liqliklar va yashirin qonuniyatlarni o'rganishga imkon beradi. Agar faollashtirish funksiyalari bo'lmaganida, neyron tarmoq oddiy chiziqli modeldan nariga o'tolmagan bo'lardi va biz bugun ko'rayotgan ko'plab intellektual tizimlar mavjud bo'lmas edi.

So'nggi yillarda ilmiy izlanishlar natijasida turli matematik xususiyatlarga ega bo'lgan ko'plab faollashtirish funksiyalari taklif qilindi. Ulardan ba'zilari — Sigmoid, Tanh kabi klassik funksiyalar bo'lsa, boshqalari — ReLU, Leaky ReLU, ELU, GELU kabi zamonaviy va chuqur o'rganishda keng qo'llaniladigan funksiyalardir. Har bir tur o'zining afzalliklari, cheklovlari va qo'llanilish sohasi bilan ajralib turadi. Masalan, ayrim funksiyalar o'quv jarayonini tezlashtirsa, boshqalari tarmoqning barqarorligini oshiradi yoki gradient yo'qolishi muammosini kamaytiradi. Shu bois, sun'iy neyron tarmoqlarni loyihalashda faollashtirish funksiyasini to'g'ri tanlash jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu maqolada SNTda qo'llaniladigan asosiy faollashtirish funksiyalari, ularning matematik mohiyati, afzallik va kamchiliklari hamda amaliyotdagi qo'llanishlari batafsil yoritiladi.

### ASOSIY QISM

Sun'iy neyron tarmoqlari va faollashtirish funksiyalarining o'rni.

**Sun'iy neyron tarmoqlari biologik neyronlar faoliyatidan ilhomlangan matematik modellar bo'lib, ular kirish ma'lumotlarini qayta ishlash, vazn koeffitsiyentlari yordamida yig'ish va chiqish signalini hosil qilish tamoyiliga asoslanadi. Har bir neyronning chiqish qiymati faollashtirish funksiyasi orqali**

aniqlanadi. Agar faollashtirish funksiyasi bo'lmasa, neyron tarmog'i faqat chiziqli model sifatida ishlaydi va murakkab masalalarni yechish imkoniyatiga ega bo'lmaydi.

Faollashtirish funksiyalari neyron tarmoqlarga **chiziqli bo'lmaganlik (non-linearity)** xususiyatini beradi. Aynan shu xususiyat sun'iy neyron tarmoqlariga real dunyodagi murakkab jarayonlarni, jumladan, tasvir, matn va signal ma'lumotlarini samarali o'rganish imkonini yaratadi. Ilmiy adabiyotlarda faollashtirish funksiyalari neyron tarmoqlarining eng muhim elementlaridan biri sifatida e'tirof etiladi.

### **Sigmoid faollashtirish funksiyasi**

Sigmoid funksiyasi sun'iy neyron tarmoqlarida qo'llanilgan ilk faollashtirish funksiyalaridan biridir. Ushbu funksiya kirish qiymatlarini 0 va 1 oralig'iga o'tkazadi. Matematik ifodasi quyidagicha aniqlanadi:

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

Sigmoid funksiyasi asosan ehtimollikni ifodalash talab qilinadigan masalalarda, xususan, ikkilik klassifikatsiya muammolarida ishlatiladi. Uning asosiy afzalligi — silliq va uzluksiz bo'lishidir. Biroq, adabiyotlarda sigmoid funksiyasining asosiy kamchiligi sifatida **gradientning yo'qolishi (vanishing gradient)** muammosi qayd etiladi. Katta musbat yoki manfiy qiymatlarda gradient juda kichik bo'lib qoladi va bu chuqur neyron tarmoqlarini samarali o'qitishni qiyinlashtiradi.

### **Tanh (giperbolik tangens) funksiyasi**

Tanh funksiyasi sigmoid funksiyasining takomillashtirilgan shakli bo'lib, chiqish qiymatlari -1 va 1 oralig'ida joylashadi:

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

Tanh funksiyasi chiqish qiymatlarining nol atrofida simmetrik bo'lishi bilan sigmoid funksiyasidan ustun turadi. Bu xususiyat neyron tarmoqlarning o'qitilish jarayonini tezlashtiradi. Shunga qaramay, Tanh funksiyasi ham gradientning yo'qolishi muammosidan to'liq xoli emas. Shu sababli, zamonaviy chuqur neyron tarmoqlarida ushbu funksiya cheklangan holatlarda qo'llaniladi.

### **ReLU (Rectified Linear Unit) funksiyasi**

ReLU funksiyasi hozirgi kunda eng keng tarqalgan faollashtirish funksiyalaridan biri hisoblanadi. U quyidagi ko'rinishga ega:

$$\text{ReLU}(x) = \max(0, x)$$

ReLU funksiyasining asosiy afzalligi — hisoblash jihatidan sodda va samarali bo'lishidir. Ushbu funksiya gradientning yo'qolishi muammosini sezilarli darajada kamaytiradi va chuqur neyron tarmoqlarni tez o'qitish imkonini beradi. Ilmiy manbalarda ReLU funksiyasi tasvirni aniqlash va chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlarda keng qo'llanilishi ta'kidlanadi. Biroq, ReLU funksiyasining kamchiligi

sifatida “**o‘lik neyronlar**” (**dying ReLU**) muammosi ko‘rsatiladi. Agar neyron doimiy ravishda manfiy qiymatlar qabul qilsa, u o‘rganish jarayonida faol bo‘lmay qoladi.

Leaky ReLU va ELU funksiyalari

ReLU funksiyasining kamchiliklarini bartaraf etish maqsadida Leaky ReLU funksiyasi taklif etilgan. Ushbu funksiya manfiy qiymatlar uchun kichik nishabga ega:

$$\text{LeakyReLU}(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ \alpha x, & x \leq 0 \end{cases}$$

Bu yondashuv neyronlarning butunlay “o‘lib qolishi”ning oldini oladi. ELU (Exponential Linear Unit) funksiyasi esa manfiy qiymatlar uchun eksponensial shaklga ega bo‘lib, o‘rganish jarayonining barqarorligini oshiradi. Ilmiy tadqiqotlarda ELU funksiyasi ayrim holatlarda ReLU va Leaky ReLU ga nisbatan yaxshiroq natijalar berishi qayd etilgan.

### **Softmax funksiyasi**

Softmax funksiyasi asosan neyron tarmoqlarining chiqish qatlamida qo‘llaniladi. U chiqish qiymatlarini ehtimolliklar ko‘rinishiga keltirib, ularning yig‘indisini 1 ga teng qiladi:

$$\text{Softmax}(x_i) = \frac{e^{x_i}}{\sum_j e^{x_j}}$$

Softmax funksiyasi ko‘p sinfli klassifikatsiya masalalarida keng qo‘llaniladi. U modelning har bir sinfga tegishli bo‘lish ehtimolini aniq ifodalab beradi. Kitob va ilmiy manbalarda Softmax funksiyasi tasniflash masalalari uchun eng maqbul yechimlardan biri sifatida e‘tirof etiladi.

### **Faollashtirish funksiyalarini tanlash mezonlari**

Ilmiy adabiyotlarga ko‘ra, faollashtirish funksiyasini tanlash quyidagi omillarga bog‘liq:

- masalaning turi (klassifikatsiya yoki regressiya);
- neyron tarmog‘ining chuqurligi;
- o‘qitish tezligi va barqarorligi;
- gradientning yo‘qolishi yoki portlashi muammolari.

To‘g‘ri tanlangan faollashtirish funksiyasi modelning aniqligi va umumlashtirish qobiliyatini sezilarli darajada oshiradi.

### **XULOSA**

Ushbu maqolada sun‘iy neyron tarmoqlarida qo‘llaniladigan faollashtirish funksiyalarining turlari, ularning ishlash tamoyillari hamda afzallik va kamchiliklari atroflicha tahlil qilindi. Tadqiqot davomida faollashtirish funksiyalarining neyron tarmoqlarga chiziqli bo‘lmaganlik xususiyatini berishi va murakkab bog‘lanishlarni o‘rganishda hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Sigmoid va Tanh kabi an‘anaviy faollashtirish funksiyalari silliq va tushunarli bo‘lishiga qaramay, chuqur neyron tarmoqlarida gradientning yo‘qolishi muammosi tufayli cheklangan imkoniyatlarga ega. ReLU va uning modifikatsiyalari — Leaky

ReLU hamda ELU funksiyalari esa o'qitish jarayonini tezlashtirishi, hisoblash jihatidan samarali bo'lishi va chuqur modellar uchun qulayligi bilan ajralib turadi. Softmax funksiyasi esa ko'p sinfli klassifikatsiya masalalarida chiqish ehtimolliklarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, faollashtirish funksiyasini tanlash masalaning turi, neyron tarmog'ining arxitekturasi va o'qitish jarayonining barqarorligiga bevosita bog'liq ekani asoslab berildi. Noto'g'ri tanlangan faollashtirish funksiyasi model samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkinligi ta'kidlandi.

Xulosa qilib aytganda, sun'iy neyron tarmoqlarini loyihalash va amaliy masalalarda qo'llash jarayonida faollashtirish funksiyalarini chuqur tahlil qilish va ularni to'g'ri tanlash yuqori aniqlikdagi va barqaror ishlovchi sun'iy intellekt tizimlarini yaratishning muhim sharti hisoblanadi. Ushbu tadqiqot natijalari sun'iy neyron tarmoqlari bilan ishlovchi tadqiqotchilar va mutaxassislar uchun amaliy ahamiyatga ega.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
2. Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
3. Bottou, L. (2010). *Large-Scale Machine Learning with Stochastic Gradient Descent*. Proceedings of COMPSTAT.
4. Géron, A. (2019). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow*. O'Reilly Media.
5. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson Education.
6. Muhammadjonov A., Karimov S. (2021). *Sun'iy intellekt asoslari*. Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.
7. Abduvaliyev O. (2022). *Mashinali o'qitishning stoxastik usullari*. Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy to'plami.
8. Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). *Adam: A Method for Stochastic Optimization*. International Conference on Learning Representations (ICLR).