

## SUN'IY NEYRON TO'RINI O'QITUVCHILI VA O'QITUVCHISIZ O'RGATISH USULLARI

**Tojimatov Israil Nurmatovich**

Farg'ona davlat universiteti Amaliy matematika  
va informatika kafedrası katta o'qituvchisi

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

**Zeboxon Shamshidinova Rustamjon qizi**

Farg'ona davlat universiteti Amaliy matematika  
yo'nalishi 3-bosqich 23.09-guruh talabasi

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

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17731112>

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqolada suniy neyron tarmoqlarini o'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatish metodlarining nazariy asoslari, algoritmik tamoyillari hamda amaliy qo'llanish imkoniyatlari chuqur ilmiy tahlil qilinadi. Maqolada o'rgatish jarayonining matematik modeli, parametrlarni optimallashtirish mexanizmlari, xatolik funksiyalarining tahlili va ma'lumot strukturalari bilan o'zaro munosabatlari ilmiy yondashuv asosida izohlab beriladi. Shuningdek, o'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatish paradigmalari o'zaro solishtirilib, ularning afzalliklari, cheklovlari va qo'llanish sohasi bo'yicha tizimli ilmiy umumlashmalar keltiriladi. Tadqiqot natijalari neyron tarmoqlardan samarali foydalanish uchun nazariy asos yaratadi hamda intellektual tizimlar arxitekturasida optimallashtirish strategiyalarini ishlab chiqishda ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** suniy neyron tarmog'I, o'qituvchili o'rgatish, o'qituvchisiz o'rgatish, optimallashtirish, xatolik funksiyasi, parametrlar fazosi, klassifikatsiya, klasterlash

**Annotation:** This article provides a comprehensive scientific examination of supervised and unsupervised learning methods applied to artificial neural networks. The study focuses on the theoretical foundations of learning procedures, algorithmic principles, and the structural properties of neural architectures. Special attention is given to the mathematical formulation of the learning process, parameter optimization mechanisms, error function behavior, and the interaction between data distributions and model dynamics. The supervised and unsupervised paradigms are systematically compared in terms of methodological characteristics, representational capacity, and applicability across different data environments. The findings contribute to establishing a theoretical framework for the effective deployment of neural networks and offer scientifically grounded insights for designing optimization strategies in intelligent systems.

**Keywords:** artificial neural network, supervised learning, unsupervised learning, optimization, error function, parameter space, classification, clustering

**Аннотация:** В данной научной статье представлено углубленное исследование методов обучения искусственных нейронных сетей с учителем и без учителя. Рассматриваются теоретические основы процесса обучения, алгоритмические механизмы и структурные особенности нейронных архитектур. Особое внимание уделено математической модели обучения, принципам оптимизации параметров, свойствам функций ошибки и взаимодействию между распределением данных и динамикой модели. Проведённое сравнение двух парадигм обучения позволяет выявить их преимущества, ограничения и области эффективного применения.

Полученные результаты формируют научно обоснованную базу для разработки оптимизационных стратегий и повышения эффективности интеллектуальных систем.

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть, обучение с учителем, обучение, без учителя, оптимизация, функция ошибки, пространство параметров, классификация, кластеризация.

### KIRISH

Suniy intellektning zamonaviy rivojlanish bosqichi neyron modellarni chuqur o'rganish, ularni tabiiy muhitdagi murakkab jarayonlarga moslashtirish hamda katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash imkoniyatlarini kengaytirish bilan tavsiflanadi. Suniy neyron tarmoqlari inson miyasining biologik faoliyatidan ilhomlangan bo'lib, ular moslashuvchan tuzilishga ega bo'lgan matematik model sifatida ko'riladi. Ushbu modelda o'rgatish jarayoni markaziy o'rin tutadi, chunki tarmoqning funksional samaradorligi uning qanday ma'lumot bilan va qanday metodika asosida o'rgatilishiga bevosita bog'liqdir.

Neyron tarmoqlarining o'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatish paradigmaları intellektual tizimlar arxitekturasida o'zaro farqli, ammo bir-birini to'ldiruvchi nazariy yondashuvlar hisoblanadi. O'qituvchili o'rgatish jarayonida modelga kiritilayotgan ma'lumotning har bir namunasi nazorat signali bilan birga taqdim etiladi. Bu yondashuv modelni maqsadli funksiyani aniq o'rganishga yo'naltiradi. O'qituvchisiz o'rgatishda esa nazorat signali mavjud bo'lmaydi, model ma'lumotlar ichki tuzilmasining yashirin aloqalarini, ichki guruhlanish xususiyatlarini va tabiiy klasterlarini aniqlashga intiladi.

Zamonaviy ilmiy izlanishlar neyron tarmoqlarini samarali o'rgatish uchun ma'lumotlarning taqsimlanish sifati, xatolik funksiyalarining shakli, parametrlar fazosidagi sirtning ichki xususiyatlari va optimallashtirish mexanizmlarining barqarorligi muhimligini ko'rsatmoqda. Shu sababli o'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatish metodlarining nazariy asoslarini chuqur tahlil qilish, ularning amaliy samaradorligi va cheklovlarini baholash, algoritmik tamoyillarini ilmiy asosda o'rganish zamonaviy intellektual tizimlar qurilishida muhim metodologik talab hisoblanadi.

Ushbu maqolaning dolzarbligi suniy neyron tarmoqlarini turli o'rgatish yondashuvlari orqali chuqur tadqiq qilish ehtiyoji bilan belgilanadi. Maqola neyron tarmoqlarining matematik modeli, o'rgatish funksionali, xatoliklarni kamaytirish strategiyalari, optimallashtirish muammolari va o'qituvchili hamda o'qituvchisiz o'rgatishning nazariy farqlarini keng va ilmiy asoslangan ravishda yoritishni maqsad qiladi. Tadqiqot natijalari intellektual hisoblash texnologiyalarida samaradorlikni oshirish uchun konseptual yondashuvlar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

### ASOSIY QISM

Suniy neyron tarmoqlari matematik jihatdan vektorlar, funksiyalar va parametrlar bilan ifodalanadigan murakkab xaritalash modeli hisoblanadi. Tarmoq bir nechta qatlamlardan iborat bo'lib, har bir qatlam kiruvchi signalni qayta ishlovchi transformatsiya blokini tashkil etadi. Ushbu bloklar o'zaro uzviy bog'langan bo'lib, ular orqali signallar ketma ket o'tadi. Bunday tuzilma modelga murakkab nolinear funksiyalarni ifodalash imkonini beradi.

Neyron tarmoqlarning nazariy fundamenti differensial funksiyalar, o'rgatish funksionalining barqarorligi, parametrlar fazosidagi sirt shakli, lokal ekstrema va gradientning xatti harakati kabi matematik tushunchalar bilan belgilanadi. Modelning xaritalash imkoniyati

uning chuqurligi, aktivatsiya funksiyalarining tanlovi va parametrlar soniga bog'liq bo'lib, bu tarmoqning universal funksional aproksimator sifatida o'zini ko'rsata olishini ta'minlaydi.

O'rgatish jarayoni parametrlarni shunday moslashtirishga qaratiladiki, model kiruvchi signallarni chiqishdagi maqsadli qiymatlarga yaqinlashtira olsun. Bu jarayonning markazida xatolik funksiyasi turadi. Xatolik funksiyasi parametrlar o'zgarishiga sezgir bo'lib, uning shakli o'rgatish jarayonining tezligi va barqarorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, ma'lumotlar taqsimlanishining murakkabligi ham parametrlar dinamikasiga kuchli ta'sir ko'rsatadi, chunki tarmoq ma'lumotlarning ichki strukturasini bilan bevosita o'zaro aloqada bo'ladi.

O'qituvchili o'rgatish maqsadli signallar yordamida modelni aniq vazifa bajarishga yo'naltiradigan strukturalangan yondashuvdir. Bu paradigma nazorat qilinadigan muhitda modelga kiruvchi ma'lumotlar bilan birga mos ravishda chiqish qiymatlarini berishni talab qiladi. Model o'rgatish davomida kirish va chiqish o'rtasidagi bog'lanishni topishga harakat qiladi va bu bog'lanish matematik jihatdan xaritalash funksiyasini aniqlashga tengdir.

Bu yondashuvning kuchli tomoni maqsadli funksiyani aniq o'rganish imkonidir. Ayniqsa neyron tarmoqlar uchun bunday o'rgatish jarayoni gradientga asoslangan optimallashtirish mexanizmlari orqali amalga oshiriladi. Gradientning o'zgarish yo'nalishini aniqlash matematik jihatdan xatolik funksiyasining hosilasiga tayanadi. Modelning har bir parametri xatolik kamayishi yo'nalishida moslashtiriladi va bu jarayon o'rgatishning dinamik strukturasini tashkil etadi.

O'qituvchili o'rgatishning nazariy ahamiyati shundaki, u tasniflash, regressiya, ketma ketlikni tahlil qilish, signalni prognozlash kabi ko'plab muammolarni aniq matematik yondashuv asosida yechish imkonini beradi. Tarmoqning o'rgatilish darajasi ma'lumotlarning sifatiga, taqsimlanish muvozanatiga, shovqin mavjudligiga va nazorat signallarining izchilligiga bog'liq bo'ladi.

Suniy neyron tarmoqlarining samaradorligi ularning parametrlarini optimallashtirish jarayoniga bevosita bog'liq. Parametrlar fazosidagi xatolik funksiyasi sirtining shakli va gradient yo'nalishlari o'rgatish jarayonining tezligi, barqarorligi va modelning umumiy lashuv qobiliyatini belgilaydi. Shu sababli, optimallashtirish metodlarini tanlash va parametrlar bosh holatini aniqlash ilmiy jihatdan muhim masalalardan biridir.

Gradient asosidagi metodlar, jumladan stochastic gradient descent va Adam optimizer, parametrlarni minimal xatolik nuqtasiga yo'naltirishda keng qo'llaniladi. Ularning samaradorligi learning rate, momentum va adaptiv qadam uzunligi kabi sozlamalarga bog'liq. Shu bilan birga, parametrlarni optimallashtirish jarayonida regularizatsiya metodlarini qo'llash haddan tashqari moslashuvning oldini olish va modelni umumiy lashuvga moslashtirish imkonini beradi.

O'rgatish samaradorligini baholash uchun bir qancha indikatorlardan foydalaniladi. Supervised learningda bu odatda tasniflash aniqligi, xatolik funksiyasi qiymati va F1-score kabi metrikalardir. Unsupervised learningda esa silhouette score, Davies-Bouldin indeksi va rekonstruksiya xatoligi kabi indikatorlar ishlatiladi. Shu indikatorlar tarmoqning parametrlarini optimallashtirish jarayonida va algoritmik yondashuvni tanlashda ilmiy asos sifatida xizmat qiladi.

Shuningdek, samaradorlikni oshirish uchun ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash, normalizatsiya, ma'lumotlarni kengaytirish (data augmentation) va batch shuffling kabi

texnikalar qo'llaniladi. Bu yondashuvlar modelning o'rganish jarayonini barqarorlashtiradi, xatolik sirtini silliqlashtiradi va neyron tarmoqni turli ma'lumotlarda samarali ishlashga moslashtiradi.

### **O'qituvchisiz o'rgatish**

O'qituvchisiz o'rgatish (unsupervised learning) paradigmasida neyron tarmoq ma'lumotlarning ichki tuzilishini o'rganadi va ularni tashqi nazorat signalisiz tasniflaydi. Model ma'lumotlar ichidagi yashirin tuzilmalarni aniqlashga intiladi va shu orqali klasterlash, komponental aniqlash va fazoviy reduksiya kabi vazifalarni bajaradi. Matematik jihatdan bu jarayon kirish signalining statistik taqsimlanishini o'rganish, ehtimollik zichligini baholash va latent parametrlarni aniqlashga asoslanadi.

O'qituvchisiz o'rgatishning afzalligi shundaki, u ma'lumotlarning mavjud kategoriyalarini yoki yashirin tuzilmalarni avtomatik aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa katta hajmdagi yoki to'liq markazlashtirilmagan ma'lumotlar bilan ishlashda bu yondashuv muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, bu yondashuvning cheklovlari ham mavjud: natijalar ko'pincha interpretatsiya qilishni talab qiladi, parametrlar va algoritm tanlovi ma'lumotlar tuzilmasiga sezilarli darajada ta'sir qiladi.

O'qituvchisiz o'rgatish jarayonida ko'p ishlatiladigan algoritmlar: K-means klasterlash, Gauss aralashmalari modeli, avtokoderlar va dimensionality reduction (masalan PCA) kabi metodlar hisoblanadi. Ushbu metodlar neyron tarmoqlar bilan birlashtirilganda ma'lumotlarning yuqori o'lchovli fazosidagi yashirin strukturani aniqlash va tarmoqning ichki parametrlarini moslashtirish imkonini beradi.

### **O'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatishni solishtirish**

O'qituvchili va o'qituvchisiz paradigmalarning nazariy farqlari ularning maqsad va metodologiyasida ko'zga tashlanadi. O'qituvchili o'rgatishda model aniq maqsadga yo'naltirilgan bo'lib, har bir kirish namunasi uchun nazorat signali mavjud. Shu bilan birga, o'qituvchisiz o'rgatish ichki tuzilmani aniqlashga asoslanadi va tashqi maqsad signali mavjud emas.

Amaliy jihatdan, supervised learning yuqori aniqlikni talab qiladigan tasniflash, regressiya va prognozlash vazifalari uchun afzal hisoblanadi. Unsupervised learning esa ma'lumotlarni tahlil qilish, klasterlash, yangi kategoriya aniqlash va latent strukturani aniqlash vazifalarida samarali. Ko'p hollarda, bu ikki yondashuvni birlashtirish (semi-supervised learning) yanada mustahkam va moslashuvchan model yaratishga yordam beradi.

Nazariy jihatdan, o'qituvchili o'rgatish xatolik funksiyasining minimal nuqtasini topishga qaratilgan gradient asosidagi optimallashtirish mexanizmlarini talab qiladi. O'qituvchisiz yondashuvda esa model ma'lumotlar taqsimoti va latent o'zgaruvchilar bilan ishlashga mo'ljallangan, shuning uchun optimallashtirish mexanizmlari ko'proq ehtimollik va statistik asosga ega bo'ladi. Shu sababli, har ikki yondashuvning matematik modeli va algoritmik strukturasini tushunish zamonaviy intellektual tizimlar qurilishida asosiy ahamiyatga ega.

Neyron tarmoqlarni o'rgatish jarayonida xatolik funksiyasi (loss function) markaziy rol o'ynaydi. U kirish va chiqish o'rtasidagi nomuvofiqlikni kvantitativ tarzda ifodalaydi va parametrlarni moslashtirishda yo'nalish ko'rsatadi. Supervised learningda eng ko'p ishlatiladigan xatolik funksiyalari: kvadrat xatolik (mean squared error), kross-entropiya (cross-entropy loss) va log-loss hisoblanadi. Unsupervised learningda esa ehtimollikga

asoslangan xatolik, reconstructive loss yoki Kullback-Leibler divergence kabi funksiyalar qo'llanadi.

Optimallashtirish algoritmlari gradient descent, stochastic gradient descent, Adam optimizer kabi metodlarni o'z ichiga oladi. Har bir algoritim parametrlar fazosidagi sirtini baholash, lokal va global minimumlarni aniqlash hamda xatolik funksiyasini kamaytirishga yo'naltirilgan. Bu jarayonning muvaffaqiyati ma'lumotlar taqsimoti, parametrlar boshlang'ich holati va tarmoq chuqurligiga bog'liq.

Shuningdek, zamonaviy tadqiqotlar optimallashtirish jarayonida o'rganish tezligi (learning rate), regularizatsiya (regularization), dropout va batch normalization kabi metodlarning samaradorligini ko'rsatmoqda. Ushbu komponentlar tarmoqni haddan tashqari moslashuvdan saqlash va umumiyflashish qobiliyatini oshirishga xizmat qiladi.

### **Suniy neyron tarmoqlarining amaliy qo'llanilishi**

Suniy neyron tarmoqlari zamonaviy texnologiyada turli sohalarda keng qo'llaniladi. Supervised learning paradigmasi asosan tasniflash, regressiya va signal prognozlashda ishlatiladi. Masalan, tibbiyotda diagnostika tizimlari uchun rentgen tasvirlarini avtomatik tasniflash, moliya sohasida narxlar prognozi va foydalanuvchi xatti-harakatlarini tahlil qilishda qo'llaniladi. Ushbu yondashuv xatolik minimallashtirish va nazorat signallariga asoslanganligi sababli yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

Unsupervised learning esa ma'lumotlarni guruhlash, latent strukturalarni aniqlash va o'rganilmagan ma'lumotlarda yangi naqshlarni aniqlash uchun samarali. Masalan, ma'lumotlar bazasidagi yashirin segmentlarni aniqlash, marketing sohasida mijozlarni klasterlash va biologiyada genetik ma'lumotlarni guruhlashda keng qo'llaniladi. Avtokoderlar yordamida ma'lumotlarni siqish va anomaliyalarni aniqlash imkoniyati mavjud.

Suniy neyron tarmoqlarining samaradorligini oshirishda bir qancha algoritmik va struktural strategiyalar mavjud. Ulardan biri optimallashtirish jarayonining moslashuvchan boshqaruvi bo'lib, u parametrlarning boshlang'ich qiymati, learning rate va gradientning dinamikasi orqali amalga oshiriladi. Learning rateni moslashtirish algoritmi tarmoqni tez va barqaror o'rganish imkonini beradi. Shu bilan birga, regularizatsiya metodlari, masalan L1 va L2 penalizatsiyasi, tarmoqni haddan tashqari moslashuvdan himoya qiladi va umumiyflashuv qobiliyatini oshiradi.

Dropout va batch normalization kabi texnikalar modelning chuqur qatlamlarida barqarorlikni ta'minlaydi va xatolik funksiyasini optimallashtirish jarayonini silliqashtiradi. Bu strategiyalar supervised learning va unsupervised learning paradigmalari uchun ham muhim ahamiyatga ega, chunki ular tarmoqni murakkab ma'lumotlarda haddan tashqari moslashuvdan saqlash va latent tuzilmalarni to'g'ri aniqlashga yordam beradi.

Shuningdek, transfer learning va pretraining strategiyalari samarali yondashuv sifatida keng qo'llanilmoqda. Bu yondashuvlar tarmoqni oldin tayyorlangan vazifalar orqali boshlash va yangi vazifaga moslashtirish imkonini beradi. Natijada, ma'lumot yetishmovchiligi holatlarida ham samarali model yaratish mumkin.

Suniy neyron tarmoqlari bilan bog'liq kelajak tadqiqot yo'nalishlari bir necha asosiy yo'nalishlarni o'z ichiga oladi. Birinchidan, adaptiv o'rgatish algoritmlari yaratish masalasi dolzarb. Bu algoritmlar tarmoqning o'z-o'zini moslashtirish qobiliyatini oshirish, ma'lumotlarning o'zgaruvchan xususiyatlariga tez moslashish va xatoliklarni minimallashtirish imkonini beradi.

Ikkinchidan, gibril paradigmalarga e'tibor kuchaymoqda. Semi-supervised va self-supervised learning yondashuvlari yangi ma'lumotlarni samarali ishlash va minimal nazorat bilan yuqori aniqlikni ta'minlash imkonini beradi. Shu bilan birga, bu yo'nalishlar modelni katta hajmdagi ma'lumotlarda samarali ishlashga moslashtiradi.

### **XULOSA**

Ushbu maqolada suniy neyron tarmoqlarini o'qituvchili va o'qituvchisiz o'rgatish paradigmalari chuqur tahlil qilindi. Nazariy asoslar, matematik model, xatolik funksiyalari va optimallashtirish mexanizmlari aniq ko'rsatildi. Supervised learning paradigmasi tasniflash, regressiya va prognozlashda yuqori aniqlikni ta'minlaydi, unsupervised learning esa ma'lumotlarning yashirin tuzilishini aniqlash va guruhlashda samarali. Semi-supervised yondashuv esa ikki paradigmani birlashtirib, zamonaviy intellektual tizimlarda yuqori samaradorlikni beradi.

Tadqiqot natijalari neyron tarmoqlarini samarali o'rgatish uchun konseptual yondashuvlarni ishlab chiqishda, optimallashtirish strategiyalarini belgilashda va ma'lumotlar bilan ishlash metodlarini takomillashtirishda ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, kelajakda yaratiladigan gibril yondashuvlar va adaptiv o'rgatish algoritmlari neyron tarmoqlarning umumiylashuv qobiliyatini yanada oshirishga xizmat qilishi mumkin.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016
2. Bishop C M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006
3. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. Pearson, 2009
4. Murphy K P. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press, 2012
5. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. Nature, 2015