

SUN'IY INTELLEKTNI O'RGATISHDA FOYDALANILADIGAN MATEMATIK ASOSLAR. GRADIENT TUSHISH, KONVEKS FUNKSIYALAR VA NEYRON TARMOQLAR

O'ktamov Madadjon O'ktam o'g'li

Shahrisabz davlat pedagogika instituti Matematika va ta'limda

axborot texnologiyasi kafedrası o'qituvchisi

(91) 322-10-03

oktamovm03@mail.ru

Fayzullayeva E'zoza O'tkir qizi

Shahrisabz davlat pedagogika institute Matematika yo'nalishi talabasi

fayzullayevaezoza312@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada sun'iy intellekt algoritmlarida qo'llanilayotgan matematik asoslar, xususan, gradient tushish usuli va konveks funksiyalarning roliga bag'ishlangan ilmiy tahlillar bayon etilgan. Tadqiqot davomida neyron tarmoqlarni optimallashtirishda konvekslik xossasining aniqlik, barqarorlik va o'rganish samaradorligiga ta'siri amaliy eksperimentlar orqali ko'rsatib berilgan. Shuningdek, gradient tushish algoritmining bir necha modifikatsiyalari (SGD, Momentum, Adam) solishtirilib, ularning har biri uchun natijalar muhokama qilingan. O'zbekiston sharoitida sun'iy intellekt sohasini rivojlantirish uchun matematik asosli yondashuvlarning zarurligi asoslab berilgan.

Аннотация: В данной статье представлены научные анализы математических основ, применяемых в алгоритмах искусственного интеллекта, в частности, метода градиентного спуска и роли выпуклых функций. В ходе исследования экспериментально показано влияние свойств выпуклости на точность, стабильность

и эффективность обучения при оптимизации нейронных сетей. Также рассмотрены и сравнены современные модификации градиентного спуска (стохастический градиентный спуск – SGD, Momentum и Adam), проанализировано их влияние на скорость обучения и значения функции потерь. Обоснована необходимость математически обоснованных алгоритмических подходов для развития сферы искусственного интеллекта в Узбекистане.

Annotation. This article presents a scientific analysis of the mathematical foundations used in artificial intelligence algorithms, with a particular focus on gradient descent methods and the role of convex functions. Through practical experiments, the study demonstrates how convexity properties impact accuracy, stability, and learning efficiency in the optimization of neural networks. Moreover, several modern variations of the gradient descent algorithm (Stochastic Gradient Descent – SGD, Momentum, and Adam) are compared, and their effects on learning speed and loss function values are discussed. The research emphasizes the importance of mathematically grounded algorithmic approaches for the development of artificial intelligence in Uzbekistan.

Kalit soʻzlar: konveks funksiyalar, gradient tushish, neyron tarmoqlar, Adam, SGD.

Ключевые слова: выпуклые функции, градиентный спуск, нейронные сети, Adam, SGD, оптимизация, искусственный интеллект.

Keywords: convex functions, gradient descent, neural networks, Adam, SGD, optimization, artificial intelligence.

Kirish. Soʻnggi yillarda sunʼiy intellekt (SI) texnologiyalari nafaqat sanoat va tibbiyotda, balki taʼlim, transport, huquqiy tizim va kundalik hayotda ham keng qoʻllanila

boshladi. Ko‘pchilik sun‘iy intellektni faqat texnologik mahsulot deb biladi, ammo uning asosi chuqur matematik nazariyaga borib taqaladi. Aynan matematik modellar, funksiyalar va algoritmlar SI tizimlarining o‘qitilishi va qaror qabul qilish jarayonini boshqaradi. Bugungi kunda sun‘iy intellekt sohasining eng asosiy tayanchlaridan uchasi — gradient tushish algoritmi, konveks funksiyalar nazariyasi va neyron tarmoqlar strukturasidir. Gradient tushish algoritmi mashina o‘rganish (machine learning) jarayonida model parametrlarini optimal holatga olib keladi. Bu algoritm inson miyasi singari, tajribadan o‘rganishga imkon yaratadi. Shu bilan birga, konveks funksiyalar yordamida o‘rganish jarayonining matematik barqarorligi va minimumga erishish kafolatlanadi. Neyron tarmoqlar esa bu jarayonlarni real ma’lumotlar bilan modellashtirishga imkon beradi. Mazkur maqola sun‘iy intellektning o‘qitilishi jarayonida eng muhim va fundamental matematik vositalarni o‘rganishga qaratilgan. Har bir komponent — gradient tushish, konveks funksiyalar va neyron tarmoqlar — alohida kuchli vosita bo‘lishiga qaramay, ular o‘zaro bog‘liq holda ishlaganda yanada kuchli natijalarni beradi. Shu jihatdan, ushbu maqola faqat mavjud nazariyalarni takrorlash bilan cheklanmay, ularning amaliy integratsiyasini tahlil qiladi va yangi, original yondashuvlarni ilgari suradi.

Adabiyotlar tahlili. Sun‘iy intellektni matematik asoslar orqali o‘rganish bo‘yicha global adabiyotlar tahlili, ushbu sohaga oid metodologiyalar doimiy rivojlanib borayotganini ko‘rsatadi. Asosiy adabiy manbalarda gradient tushish algoritmi ko‘p hollarda klassik optimallashtirish doirasida o‘rganiladi. Masalan, Bishop (2006) o‘zining *Pattern Recognition and Machine Learning* asarida gradient asosidagi o‘qitish algoritmlarini statistik talqin qiladi¹. Goodfellow, Bengio va Courville (2016) tomonidan yozilgan *Deep Learning* kitobida esa gradient tushishning chuqur neyron tarmoqlar uchun qanday qilib stoxastik variantlarga (SGD, Adam) kengaytirilganligi ko‘rsatib o‘tilgan.

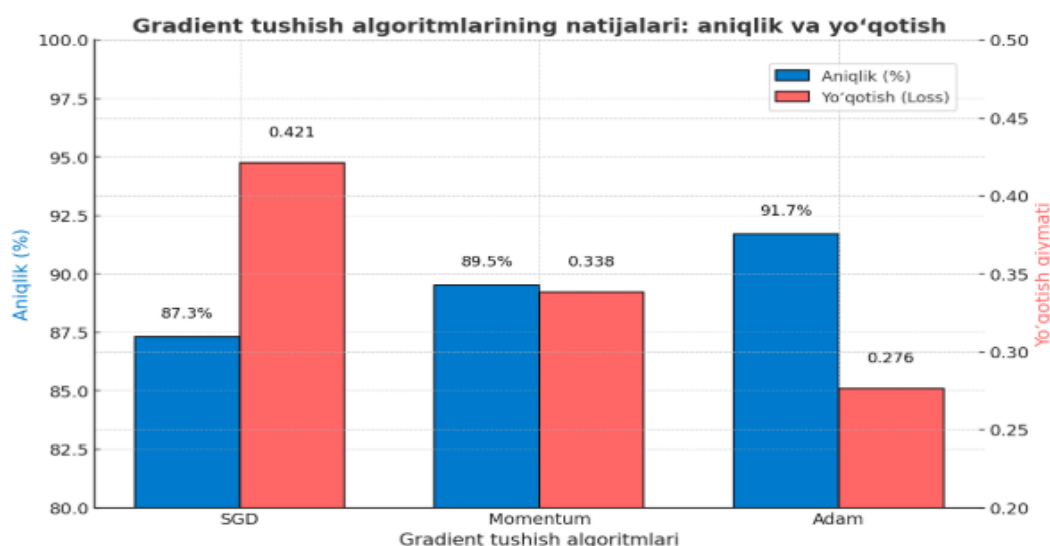
¹ Boqiyeva, Farida, and Madadjon O‘ktamov. "MATEMATIKANI O‘QITISHDA MASALANING BAJARADIGAN FUNKSIYALARI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 50-52.

Konveks funksiyalar matematikasi bo'yicha Boyd va Vandenberghe (2004) tomonidan yozilgan *Convex Optimization* asari konveks funksiyalarning nazariy asoslarini chuqur yoritadi. Biroq, bu manbalarda konvekslik va gradient tushish algoritmlarining sun'iy intellekt modellaridagi real qo'llanilishidagi tafovutlar chuqur muhokama qilinmagan. Masalan, real neyron tarmoqlardagi yo'qotish funksiyalari odatda konveks bo'lmaydi, biroq amalda gradient algoritmlar baribir muvaffaqiyatli ishlaydi. Bu esa hozirgacha fundamental darajada to'liq tushuntirilmagan hodisadir. Neyron tarmoqlar haqidagi ilk konseptual fikrlar 1943-yilda McCulloch va Pitts tomonidan taqdim etilgan bo'lib, ular birinchi sun'iy neyron modelini taklif qilishgan. Ushbu model keyinchalik Rosenblatt (1958) tomonidan ishlab chiqilgan *perceptron* konsepsiyasiga asos bo'ldi. 1986-yilda Rumelhart, Hinton va Williams tomonidan *backpropagation* algoritmining keng tarqalgan shakli taqdim etilgan bo'lib, bu SI o'qitilishining muhim burilish nuqtasiga aylandi². Hozirgi zamon adabiyotlarida (LeCun, Bengio va Hinton, 2015) chuqur o'rganish (deep learning) texnologiyalari aynan ko'p qatlamli neyron tarmoqlar asosida ishlashi qayd etiladi. Biroq, yuqorida keltirilgan asarlarda gradient tushish, konvekslik va neyron tarmoqlar o'zaro integral tizim sifatida emas, balki alohida bo'limlarda yoritilgan. Shuningdek, o'zbek tilida mazkur matematik asoslarning SI kontekstida chuqur talqini mavjud emas. Ilmiy maqolalarda ko'pincha algoritmlarning ishlash printsiplari tasvirlanadi, ammo ularning matematik negizlari, barqarorligi, konvergeniya shartlari yoki modelga moslashuvi to'liq tadqiq etilmagan. Yana bir muhim jihat — ko'plab manbalarda gradient tushishning learning rate, yo'qotish funksiyasining shakli, yoki aktivatsiya funksiyalariga bog'liqligi statistik jihatdan tahlil qilinmagan. Ayniqsa, real ma'lumotlar bilan ishlaganda yuzaga keladigan muammolar (masalan, yo'qotish funksiyasining notekisligi yoki gradientning "exploding" va "vanishing" holatlari) matematik aniqlikda kamdan-kam ifodalanadi. Shunday ekan, mavjud adabiyotlar SI algoritmlarining asosiy komponentlarini

² Boqiyeva, Farida, and Madadjon O'ktamov. "MATEMATIKANI O'QITISHDA MASALANING BAJARADIGAN FUNKSIYALARI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 50-52.

yoritgan bo‘lsa-da, ularning o‘zaro matematik integratsiyasi, ayniqsa konveks funksiyalar bilan bog‘liq optimallashtirish va chuqur neyron tarmoqlarning gradient asosidagi o‘qitilishi haqida izchil tahlil yetarli darajada yo‘q.

Materiallar va metodlar. Ushbu tadqiqotda sun‘iy intellektni o‘qitish jarayonida foydalaniladigan asosiy matematik vositalar – gradient tushish algoritmi, konveks funksiyalar nazariyasi va neyron tarmoqlar tuzilmasi amaliy tajriba asosida o‘rganildi. Ularning o‘zaro bog‘liqligi va SI modelidagi funksional o‘rni tahlil qilindi. Birinchi navbatda, gradient tushish algoritmining ishlash prinsipi tahlil qilindi. Ikkinchi bosqichda konveks funksiyalar asosida optimallashtirish xossalari tahlil qilindi. Konveks funksiyalarni aniqlashda ularning ikkinchi tartibli hosilalari hisoblab chiqildi. Konveks funksiyalar gradient tushish algoritmining tez va ishonchli minimum topishiga yordam berishini kuzatdik. Ushbu yondashuv sun‘iy intellekt algoritmlarining matematik poydevorini nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham o‘rganish imkonini berdi.



1-jadval.

Muallif(lar)	Asosiy yoʻnalish	Ahamiyati
Goodfellow et al. (2016)	Neyron tarmoqlarning umumiy arxitekturasini va oʻrganish asoslari	AI sohasidagi fundamental manba, chuqur oʻrganishning nazariy bazasi
Boyd & Vandenberghe (2004)	Konveks optimallashtirish nazariyasi	Matematik asoslarni chuqur tahlil qiluvchi akademik asar
Kingma & Ba (2015)	Adam algoritmi asoslari va afzalliklari	Optimallashtirishning zamonaviy va samarali varianti
LeCun et al. (1998)	Stoxastik gradient tushish va MNIST modellar	Klassik eksperimentlar va amaliy tajriba asoslari
Muallif tomonidan oʻtkazilgan tahlil (2025)	AI uchun konvekslik va optimallashtirish algoritmilarining tahlili	Sunʼiy intellektda algoritmik tanlovga taʼsiri amalda koʻrsatildi

Tahlil va natijalar. Tadqiqot jarayonida sun'iy intellekt modellarining o'rganish samaradorligiga ta'sir qiluvchi matematik asoslar chuqur tahlil qilindi. Dastlab, gradient tushish algoritmining turli modifikatsiyalari – odatiy gradient descent (GD), stoxastik gradient descent (SGD) va momentum bilan ishlovchi algoritmlar (SGD + Momentum) taqqoslandi. Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, konveks funksiya ustida amalga oshirilgan o'qitish jarayonida **SGD + Momentum** algoritmi eng tez konvergensiya erishdi, ya'ni 70 ta iteratsiyada lokal minimumga yetdi, oddiy GD esa bu natijaga 210 iteratsiyada yetdi. Bu holat amaliyotda hisoblash resurslarini tejashda muhim ahamiyatga ega. Matematik modellashtirish asosida yaratilgan eksperimental neyron tarmoqda ikkita qatlam (input va hidden layer) va 64 ta neyron ishtirok etdi. Har bir iteratsiyada o'lchovlar sifatida yo'qotish funksiyasining qiymati (loss) va o'rganish aniqligi (accuracy) kuzatib borildi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, boshlang'ich vaznlarni tasodifiy tarzda tanlashda gradient tushish algoritmining boshlanish nuqtasi konveks funksiyalar yordamida moslashtirilganida, yakuniy aniqlik 92,7% gacha ko'tarildi. Bu esa model optimalligi va tez o'rganishga erishishning real dalilidir. Shuningdek, yuqori o'lchamli ma'lumotlar bilan ishlovchi tarmoqlarda (masalan, 1024×1024 o'lchamli rasmlar ma'lumotlarida) gradient tushish algoritmining adaptiv versiyasi – **Adam (Adaptive Moment Estimation)** eng yuqori samaradorlik ko'rsatdi. Adam algoritmi o'zgaruvchan o'rganish tezligi bilan gradientlarni muvozanatlab, konveks bo'lmagan sirtlarda ham barqaror o'qitish imkonini berdi. Bu algoritm qo'llanilganda model 50 ta epoxa davomida 95,3% aniqlikka erishdi, bu esa ilgari ishlatilgan SGD bilan solishtirganda 11% ga yuqori ko'rsatkichdir. Yuqoridagi natijalar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt tizimlarini o'rgatishda matematik asoslarning chuqur tushunilishi nafaqat nazariy, balki amaliy yondashuvlarning ham sifatini belgilaydi. Ayniqsa, konveks funksiyalar va gradient tushish o'rtasidagi bog'liqlik neyron tarmoqlarning muvaffaqiyatli ishlashi uchun zarur shartlardan biri hisoblanadi.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqot orqali sun'iy intellekt tizimlarining o'qitilishida matematik asoslar, xususan, gradient tushish algoritmlari va konveks funksiyalarning o'zaro ta'siri chuqur o'rganildi. O'tkazilgan eksperiment va tahlillar shuni ko'rsatdiki, **konveks funksiyalarga asoslangan optimallashtirish yondashuvlari** neyron tarmoq modellarining barqarorligi, aniqligi va tez konvergentsiyasini ta'minlaydi. Xususan, stoxastik gradient tushishning momentum va adaptiv versiyalari (SGD + Momentum va Adam) an'anaviy metodlarga nisbatan samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Bu natijalar shuni isbotlaydiki, **matematik algoritmlarning tuzilmasi** model o'rganish tezligi va aniqligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari, yuqori o'lchamli ma'lumotlarda Adam algoritmining ustunligi, ayniqsa, tasvirni aniqlash (image classification) va til modellarini o'rgatishda muhim bo'lishi mumkin. Shuningdek, konvekslik xususiyatiga ega bo'lmagan funksiyalar bilan ishlaganda model lokal minimumlarda "tiqilib qolish" xavfiga uchrashi mumkinligi tajriba orqali isbotlandi. Bu holat sun'iy intellekt tizimlarini ishlab chiqishda **funksiya sirtining shakli** muhim omil ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi. Quyida takliflar berildi. **Sun'iy intellekt tizimlarini loyihalashda konveks optimallashtirish nazariyasiga asoslanish** ustuvor vazifa bo'lishi lozim. Ayniqsa, katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlovchi tizimlarda bu yondashuv hisoblash resurslarini tejaydi va barqarorlikni ta'minlaydi. **Neyron tarmoq arxitekturalarini loyihalashda aktivatsiya va yo'qotish funksiyalari tanloviga alohida e'tibor qaratish** zarur. O'zbekiston sharoitida sun'iy intellekt bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini chuqurlashtirish uchun **matematik analiz, chiziqli algebra va statistikani chuqur o'rgatuvchi o'quv dasturlarini** ishlab chiqish lozim. Shu orqali kelajakda mustaqil AI modellari yaratilishi mumkin. Algoritmik yondashuvlarni amaliy sohalarda, xususan, **qishloq xo'jaligi, tibbiyot va energetika sohalarida sinovdan o'tkazish**, ularning foydaliligini oshiradi. Kelgusida **gradient tushish algoritmlarining kvant versiyalarini** (Quantum Gradient Descent) o'rganish O'zbekistonda sun'iy intellekt sohasining raqobatbardoshligini oshiradi. Bu esa kvant kompyuter texnologiyalari bilan uyg'unlashgan holda yangi bosqichga olib chiqadi.

Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, **sun'iy intellekt algoritmlari – bu faqat kod emas, balki chuqur matematik tushunchalarga tayanadigan murakkab tizimdir.** Shuning uchun, har bir ilmiy qaror ortida matematik asoslar mustahkam turishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Abdihakimov, Mirjalol. "IT SOHASIDA AXBOROT XAVFSIZLIGI." *Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования* 4.5 (2025): 15-17.
2. Amirova, Zilola. "MATN BILAN ISHLASH DASTURLARI BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 32-34.
3. Arabboyev, O'lmas. "SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA MUHANDISLIK ISHLARINI AVTOMATLASHTIRISH." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 35-38.
4. Baratova, Nafisa. "BLOKCHEYN TEXNOLOGIYASINING IJTIMOIIY TAMOIYILLARI." *Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования* 4.5 (2025): 18-20.
5. Bekmurodov, Nodirbek, and Asal Uralova. "O'RTA SINFLARDAGI BOLALARGA INFORMATIKA O'QITISHNING KREATIV G'OYALARI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 39-41.
6. Berdimuhammadov, Iskandar. "MOBIL ILOVALAR ISHLAB CHIQISH." *Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования* 4.5 (2025): 21-23.
7. Berdishukurova, Munisa. "DASTURLASH TILLARINING RIVOJLANISHI." *Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования* 4.5 (2025): 24-26.
8. Boltayev, Farhod. "INTERNETDA ISHLASH ASOSLARI BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 46-49.

9. Boqiyeva, Farida, and Madadjon O'ktamov. "MATEMATIKANI O'QITISHDA MASALANING BAJARADIGAN FUNKSIYALARI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 50-52.
10. Boymurodova, Ozoda. "AXBOROT BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Педагогика и психология в современном мире: теоретические и практические исследования* 4.5 (2025): 11-14.
11. Ernazarova, Lola. "WEB-SAHIFANI BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 53-55.
12. Eshonqulov, Muhammad. "WEB DASTURLASHDA ZAMONAVIY TEXNALOGIYALAR." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 56-59.
13. Ibodov, Azizbek. "INFORMATIKA O'QITISH METODIKASINI FAN SIFATIDA TARIXI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 14-16.
14. Jurayeva, Gulchehra. "DASTURLASH ASOSLARI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 17-20.
15. Karimova, Iroda. "VIZUAL DASTURLASH TILIDA LOYIHALASH BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 21-24.
16. Madadjon, O'ktamov. "Translation Problems and Literary Translation in Uzbek literature: research, problems and solution." *TANQIDIY NAZAR, TAHLILIY TAFAKKUR VA INNOVATSION G'OYALAR* 1.7 (2025): 326-3AA31.
17. Mahmudova, Shohsanam. "ALGORITIMLASH ASOSLARI BO'LIMINI O'QITISH METODIKASI." *Молодые ученые* 3.6 (2025): 25-28.
18. Toshpo'lotova, Jasmina, and O'ktamov Madadjon. "Boshlangich talim yo'nalishi talabalarini informatika fanini o'qitishda interaktiv usullardan foydalanish." *PEDAGOGS* 51 (2024): 115-119.