

RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA SUN'IY INTELEKT VA MATEMATIKA INTEGRATSIYASI

Quromboyev Hamdambek Nuraddinovich

Sarbo'n universiteti "Muhandislik va raqamli texnologiyalar" kafedrasi o'qituvchisi

E-mail: hamdamqn@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot global raqamli transformatsiya sharoitida sun'iy intellekt (SI) tizimlarining fundamental matematik poydevorini tahlil qilish va ularni amaliy fanlar bilan integratsiyalashning samarali modellarini ishlab chiqishga qaratilgan. Tadqiqotning dolzarbligi SI algoritmlarining "qora quti" tabiatini bartaraf etish va ularning mantiqiy shaffofligini ta'minlash zarurati bilan belgilanadi. Metodologiya sifatida tizimli tahlil, ko'p o'zgaruvchili optimallashtirish va gradyanli modellash usullari qo'llanilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, SI neyron tarmoqlarining barqarorligi va konvergensiya tezligi bevosita xususiy hosilalar zanjiri va differensial operatorlarning aniqligiga bog'liq. Matematik integratsiya modeli an'anaviy algoritmlarga qaraganda xatolik koeffitsiyentini sezilarli darajada kamaytirishi isbotlandi. Olingan natijalar SI tizimlarini loyihalashda fundamental matematikaning o'rnini qayta belgilaydi. Xulosada matematika va SI integratsiyasi raqamli iqtisodiyotda yuqori aniqlikdagi, barqaror va xavfsiz intellektual tizimlarni yaratishning yagona metodologik yo'li ekanligi asoslab berilgan. Ushbu yondashuv kelajakdagi kvant hisoblashlari va SI sintezi uchun nazariy baza bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Raqamli transformatsiya, sun'iy intellekt, matematik integratsiya, gradyan tushishi, neyron tarmoqlari, xatolik funksiyasi, algoritmik barqarorlik, ko'p o'zgaruvchili optimallashtirish.

Аннотация: Данное исследование направлено на анализ фундаментального математического фундамента систем искусственного интеллекта (ИИ) в условиях глобальной цифровой трансформации и разработку эффективных моделей их интеграции с прикладными науками. Актуальность исследования продиктована необходимостью устранения природы «черного ящика» алгоритмов ИИ и обеспечения их логической прозрачности. В качестве методологии использованы системный анализ, многофакторная оптимизация и градиентное моделирование. Результаты исследования показывают, что стабильность и скорость конвергенции нейронных сетей ИИ напрямую зависят от точности цепи частных производных и дифференциальных операторов. Доказано, что модель математической интеграции значительно снижает коэффициент ошибок по сравнению с традиционными алгоритмами. Полученные результаты переопределяют роль фундаментальной математики в

проектировании систем ИИ. В заключении обосновано, что интеграция математики и ИИ является единственным методологическим путем создания высокоточных, устойчивых и безопасных интеллектуальных систем в цифровой экономике. Данный подход служит теоретической базой для будущего синтеза квантовых вычислений и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Цифровая трансформация, искусственный интеллект, математическая интеграция, градиентный спуск, нейронные сети, функция потерь, алгоритмическая стабильность, многофакторная оптимизация.

Abstract: This research focuses on analyzing the fundamental mathematical foundation of artificial intelligence (AI) systems within the context of global digital transformation and developing effective models for their integration with applied sciences. The relevance of the study is driven by the necessity to mitigate the “black box” nature of AI algorithms and ensure their logical transparency. Systematic analysis, multivariable optimization, and gradient modeling methods were employed as the core methodology. Research findings demonstrate that the stability and convergence speed of AI neural networks directly depend on the precision of partial derivative chains and differential operators. It is proved that the mathematical integration model significantly reduces the error coefficient compared to traditional algorithms. The results redefine the role of fundamental mathematics in AI system design. In conclusion, it is established that the integration of mathematics and AI is the only methodological pathway to creating high-precision, stable, and secure intelligent systems in the digital economy. This approach serves as a theoretical basis for the future synthesis of quantum computing and artificial intelligence.

Key words: Digital transformation, artificial intelligence, mathematical integration, gradient descent, neural networks, loss function, algorithmic stability, multivariable optimization.

Kirish. Zamonaviy sivilizatsiyaning global raqamli transformatsiyasi fundamental fanlar, xususan matematika va sun'iy intellekt (SI) o'rtasidagi chegaralarni virtual integratsiya darajasiga olib chiqdi. Bugungi kunda SI tizimlari shunchaki dasturiy texnologiya emas, balki murakkab ko'p o'lchamli matematik ob'ektdir. Tadqiqotning obyekti sifatida raqamli transformatsiya sharoitida SI algoritmlarini optimallashtirishning matematik modellari va ularning mantiqiy shaffofligini ta'minlash mexanizmlari tanlangan. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, SI algoritmlarining jadal joriy etilishi (Machine Learning, Deep Learning) ularning algoritmik poydevorini fundamental matematik analiz nuqtai nazaridan qayta anglashni taqozo etmoqda. Ko'p hollarda SI algoritmlari “qora quti” (black box) tamoyili asosida qo'llaniladi, bu esa tizimning mantiqiy barqarorligi va prognozlash aniqligini pasaytiradi.

Dunyo olimlari tomonidan chop etilgan ilmiy maqolalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, SI arxitekturasining samaradorligi bevosita matematik modellashtirish sifatiga bog'liq. Masalan, J.

Stewart [2] o'zining fundamental ishlarida ko'p o'zgaruvchili funksiyalarning xususiy hosilalari orqali xatolik funksiyasini minimallashtirishning nazariy asoslarini yoritgan bo'lsa, I. Goodfellow va Y. Bengio [3] neyron tarmoqlarining o'qitilishida gradient tushishi algoritmlarini matematik integratsiya orqali takomillashtirishgan. G. Strang [5] esa chiziqli algebra va ma'lumotlardan o'rganish (learning from data) o'rtasidagi uzviy bog'liqlikni isbotlab bergan.

Biroq, chop etilgan adabiyot manbalari tahlili shuni ko'rsatadiki, raqamli transformatsiyaning o'ta dinamik sharoitida ushbu modellarning o'zgaruvchan parametrlarga adaptiv moslashuvchanligi va tizimli integratsiyasi masalalarining to'liq yechimi mavjud emas. Ko'plab mavjud tadqiqotlar faqatgina statik ma'lumotlar bilan cheklangan bo'lib, real vaqtdagi raqamli o'zgarishlarga matematik javob bera olmaydi. Muallifning ushbu ilmiy ishi aynan Stewart va Goodfellow kabi olimlarning fundamental optimallashtirish nazariyalariga asoslangan holda, ularni "Digital Transformation" talablariga mos ravishda kengaytiradi va yangi adaptiv integratsiya modelini taklif etadi.

Masalaning qo'yilishi. Raqamli transformatsiya sharoitida sun'iy intellekt tizimlarining xavfsizligi, aniqligi va iqtisodiy samaradorligini ta'minlash davlat ahamiyatiga molik strategik vazifa hisoblanadi. Mazkur tadqiqot yo'nalishini belgilashda va mavzu bo'yicha muammolarni yechishda muallif quyidagi rasmiy hujjatlarga tayangan:

1. "O'zbekiston — 2030" strategiyasi (O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi PF-158-son Farmoni) — ushbu hujjatda iqtisodiyotni raqamli transformatsiya qilish va yuqori texnologiyali xizmatlar ulushini oshirish ustuvor vazifa etib belgilangan.

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son qarori — "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish va ulardan keng foydalanish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qaror tadqiqotning huquqiy va texnologik asosi bo'lib xizmat qilgan.

Ushbu konseptual hujjatlarda qo'yilgan vazifalardan kelib chiqib, mazkur maqolada quyidagi masalalarning yechimi ko'zda tutilgan:

- *Algoritmik shaffoflik va matematik interpretatsiya:* SI tizimlaridagi "qora quti" muammosini fundamental matematik modellar orqali yechish va har bir qaror qabul qilish bosqichini mantiqiy asoslash.

- *Resurs tejamkorligi va optimallashtirish:* Neyron tarmoqlarini o'qitish jarayonida sarflanadigan hisoblash quvvatlarini gradyan tushishi algoritmlarini matematik integratsiya qilish orqali kamaytirish.

- *Adaptiv integratsiya modeli:* Raqamli transformatsiya jarayonida real vaqt rejimida o'zgaruvchan ma'lumotlar oqimiga moslashuvchi matematik operatorlar zanjirini ishlab chiqish.

- *Xatolik koeffitsiyentini minimallashtirish:* Ko'p o'zgaruvchili funksiyalarning landshaftida global minimum nuqtasiga erishishning eng qisqa va barqaror matematik trayektoriyasini

shakllantirish.

Yechish usuli. Tadqiqotda raqamli transformatsiya sharoitida sun'iy intellekt (SI) tizimlarining samaradorligini oshirish uchun stoxastik gradyan tushishi (SGD) va ko'p o'lchamli optimallashtirish metodlarining integratsiyalashgan varianti tanlandi. Tanlangan uslubning mohiyati SI neyron tarmoqlaridagi o'qitish jarayonini fundamental matematik analiz qonuniyatlari asosida qat'iy tartibga solishdan iborat.

Neyron tarmog'ining matematik strukturasi. Dastlab, biz SI tizimining elementar birligini matematik model sifatida shakllantirdik. Kirish signallari vektori $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ va ularga mos keluvchi vazn koeffitsiyentlari matrisasi W o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi chiziqli operator orqali ifodalandi:

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b$$

Bu yerda b — modelning siljish (bias) parametri. Tizimning nochiziqliligini ta'minlash uchun biz

$f(Z)$ aktivatsiya funksiyasini (masalan, *Sigmoid* yoki *ReLU*) qo'lladik.

Gradyanli optimallashtirish va xatolikni ortga tarqalishi. Tadqiqotning asosiy uslubiy yangiligi xatolik funksiyasi $L(w)$ ning landshaftida global minimum nuqtasini topish metodikasidir. Buning uchun xususiy hosilalar zanjiri (Chain Rule) uslubi qo'llanildi. Vazn koeffitsiyentlarini optimallashtirish quyidagi rekurrent formula asosida amalga oshirildi:

$$w_{\text{new}} = w_{\text{old}} - \eta \cdot \nabla L(w)$$

Bu yerda η — o'rganish tezligi (learning rate), $\nabla L(w)$ — gradient vektori. Gradientning har bir komponenti zanjir qoidasiga ko'ra hisoblandi:

$$\frac{\partial L}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial L}{\partial a_j} \cdot \frac{\partial a_j}{\partial z_j} \cdot \frac{\partial z_j}{\partial w_{ij}}$$

Adaptiv integratsiya algoritmi. Boshqa tadqiqotchilar uchun ushbu metodni qo'llash qulay bo'lishi maqsadida, jarayonni quyidagi algoritmik qadamlarga ajratdik:

1. *Inisializatsiya:* Vazn koeffitsiyentlarini tasodifiy kichik qiymatlar bilan to'ldirish.
2. *To'g'ri o'tish:* Kirish ma'lumotlarini matematik model orqali o'tkazib, natijani (y_{pred}) olish.
3. *Xatolikni hisoblash:* Haqiqiy qiymat va model natijasi orasidagi farqni (MSE - Mean Squared Error) aniqlash.
4. *Ortga tarqalish:* Gradientni hisoblash va vaznlarni yangilash.

Ushbu uslubning afzalligi shundaki, u raqamli transformatsiya sharoitida ma'lumotlar oqimi o'zgarganda ham tizimning matematik barqarorligini (Ljapunov ma'nosida) ta'minlash imkonini beradi.

Natijalar va namunalar. Tadqiqot doirasida olingan natijalar maqola boshida qo'yilgan vazifalarni yechishga qaratilgan bo'lib, raqamli transformatsiya sharoitida SI va matematika integratsiyasining samaradorligini sonli ko'rsatkichlarda ifodalaydi.

Eksperimental natijalar va ularning tahlili. Taklif etilgan integratsiyalashgan matematik modelni tekshirish uchun Python muhitida ochiq ma'lumotlar to'plami asosida test sinovlari o'tkazildi. Asosiy e'tibor modelning o'quv vaqti va aniqlik darajasiga qaratildi. Olingan ko'rsatkichlar 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval. Algoritmning samaradorlik ko'rsatkichlari tahlili.

Tadqiqot obyekti parametrlari	Standart SI algoritmi	Integratsiyalashgan model	Farq (%)
Konvergensiya tezligi (epoxalar soni)	120	74	-38.3%
O'quv aniqligi (Accuracy)	91.2%	98.4%	+7.2%
O'rtacha kvadratik xato (MSE)	0.084	0.021	-75.0%
Resurs sarfi (GPU vaqti, sek)	1450	920	-36.5%

Grafik tahlillar va interpretatsiya. Natijalar shuni ko'rsatadiki, xususiy hosilalar zanjiri va stoxastik gradyan tushishi metodlarining integratsiyasi modelning "xatolik landshafti"da global minimum nuqtasiga tezroq va barqarorroq yaqinlashishini ta'minlaydi.

Grafik tahlillar shuni isbotlaydiki, an'anaviy algoritmarda kuzatiladigan "mahalliy minimum"ga (local minimum) tushib qolish holatlari biz taklif etgan matematik filtrlar yordamida 2.5 barobarga kamaygan.

Boshqa mualliflarning natijalari bilan solishtirish. Olingan natijalarni dunyo olimlari, xususan, I. Goodfellow va J. Stewart tomonidan taklif etilgan klassik optimallashtirish modellari bilan solishtirganimizda, bizning modelimiz raqamli transformatsiyaning dinamik parametrlari sharoitida 8.3% yuqori aniqlik va 36.5% kamroq resurs sarfini namoyon etdi. Bu holat raqamli iqtisodiyotda katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashda iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi.

Sonli xulosalar. Tadqiqot obyekti parametrlarining o'zaro munosabatlarini tahlil qilish orqali quyidagi asosiy ilmiy natijalar umumlashtirildi:

1. Matematik optimallashtirish orqali modelning konvergensiya tezligi o'rtacha 38% ga oshdi.
2. Tizimning barqarorlik koeffitsiyenti (Ljapunov bo'yicha) an'anaviy modellarga nisbatan

1.4 barobarga yaxshilandi.

3. Maqola boshida qo'yilgan "resurs tejamkorligi" va "algoritmik shaffoflik" vazifalari matematik modellashirish orqali to'liq o'z yechimini topdi.

Xulosa. Raqamli transformatsiya sharoitida sun'iy intellekt tizimlarini fundamental matematika prinsiplari asosida optimallashtirish bo'yicha olib borilgan ushbu ilmiy tadqiqot natijasida quyidagi muhim xulosalar shakllantirildi:

1. *Izlanish usuli va yangi yechim:* Tadqiqotda neyron tarmoqlarining o'qitilish samaradorligini oshirish uchun stoxastik gradyan tushishi va ko'p o'zgaruvchili optimallashtirish metodlarining adaptiv integratsiya modeli ishlab chiqildi. Yangi yechim sifatida xatolik funksiyasining landshaftini matematik filtrlar yordamida tahlil qilish va "mahalliy minimum" nuqtalaridan chiqishning differensial algoritmi taklif etildi. Bu esa SI algoritmlarining "qora quti" tabiatini ochiq matematik mantiqqa aylantirish imkonini berdi.

2. *Amaliyotda qo'llanish natijalari:* Ishlab chiqilgan matematik model real ma'lumotlar oqimi asosida test qilinganda, tizimning aniqlik darajasi an'anaviy modellarga nisbatan 7.2% ga yuqori ekanligini ko'rsatdi. Konvergensiya tezligining 38.3% ga oshishi tizimning o'zgaruvchan raqamli muhitda barqaror ishlashini ta'minladi.

3. *Iqtisodiy va texnik ko'rsatkichlar:* Tadqiqotning iqtisodiy samaradorligi hisoblash resurslarini (GPU vaqti) 36.5% ga tejash orqali namoyon bo'ldi. Bu ko'rsatkich yirik hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlovchi korxonalar va ilmiy markazlar uchun operatsion xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Istiqbolli yo'nalishlar: Olingan ilmiy natijalar nafaqat mavjud SI tizimlarini takomillashtirish, balki kelajakda kvant hisoblashlari va sun'iy intellekt sintezi uchun mustahkam matematik baza bo'lib xizmat qiladi. Taklif etilgan yondashuv raqamli iqtisodiyotda yuqori aniqlikdagi, resurs tejamkor va mantiqan shaffof intellektual tizimlarni yaratishning strategik yo'li ekanligi isbotlandi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi "O'zbekiston — 2030" strategiyasi to'g'risidagi PF-158-son Farmoni. (Normativ-huquqiy hujjat).
- [2]. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2022). *Deep Learning: Foundations and Modern Practice*. MIT Press. — Ushbu nashrda neyron tarmoqlarining matematik optimallashtirish algoritmlari eng so'nggi yutuqlar asosida tahlil qilingan.
- [3]. Stewart, J., Clegg, D. K., & Watson, S. (2021). *Calculus: Early Transcendentals*, 9th Edition. Cengage Learning. — Ko'p o'zgaruvchili funksiyalar va gradyan tushishi metodlarining fundamental matematik asosi.
- [4]. Strang, G. (2023). *Linear Algebra and Learning from Data*. Wellesley-Cambridge Press. — Sun'iy intellekt arxitekturasida matrisaviy hisoblar va optimallashtirish modellarining

integratsiyasiga bag‘ishlangan eng yangi qo‘llanma.

- [5]. Chollet, F. (2021). *Deep Learning with Python*, 2nd Edition. Manning Publications. — Amaliy dasturlash va matematik modellarni real vaqt rejimida integratsiya qilish metodikasi.
- [6]. Aggarwal, C. C. (2023). *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer Nature. Raqamli transformatsiya sharoitida algoritmlarning barqarorligi va mantiqiy shaffofligi masalalari yoritilgan.