

NEYRON TARMOQLAR NAZARIYASINING SHAKLLANISHI VA IQTISODIY BASHORATLASHDAGI ILMIY ASOSLARI

Jo'rayev Olim Albayevich

*Termiz davlat universiteti Kompyuter va dasturiy injiniring kafedrası mudiri
olimjurayev9800@gmail.com*

Egamberdiyev Arslonbek Jo'rabek o'g'li

*Termiz davlat universiteti 60610300 - Kompyuter injiniringi yo'nalishi talabasi
egamberdiyevarslonbek35@gmail.com*

Annotatsiya: Mazkur maqolada neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanish va rivojlanish bosqichlari, ularning iqtisodiy bashoratlash jarayonlaridagi ilmiy-uslubiy ahamiyati tahlil qilingan. Sun'iy neyron tarmoqlarning biologik asoslari, dastlabki matematik modellari hamda Deep Learning texnologiyalarigacha bo'lgan evolyutsiyasi yoritilgan. Shuningdek, xorijiy, MDH va O'zbekiston olimlarining iqtisodiy prognozlash sohasida neyron tarmoqlardan foydalanish bo'yicha ilmiy tadqiqotlari o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, neyron tarmoqlar murakkab va chiziqli bo'lmagan iqtisodiy bog'liqliklarni aniqlash, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash hamda yuqori aniqlikdagi prognozlarni shakllantirishda samarali vosita hisoblanadi.

Kalit so'zlar: sun'iy neyron tarmoqlar, Deep Learning, iqtisodiy bashoratlash, sun'iy intellekt, Big Data, LSTM, RNN, iqtisodiy modellashtirish, prognozlash, mashinali o'rganish

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЕЁ НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ

Жураев Олим Албаевич

*Заведующий кафедрой «Компьютерная и программная инженерия»
Термезский государственный университет olimjurayev9800@gmail.com*

Эгамбердиев Арслонбек Журабек угли

Студент направления 60610300 – «Компьютерный инжиниринг»

*Термезский государственный университет
egamberdiyevarslonbek35@gmail.com*

Аннотация: В данной статье рассмотрены этапы формирования и развития теории нейронных сетей, а также их научно-методологическое значение в процессах экономического прогнозирования. Освещены биологические основы искусственных нейронных сетей, первые математические модели и эволюция технологий до современных методов глубокого обучения. Проанализированы

научные исследования зарубежных, российских и узбекских ученых по применению нейронных сетей в экономическом прогнозировании. Результаты исследования показывают, что нейронные сети являются эффективным инструментом для выявления сложных нелинейных зависимостей, обработки больших объемов данных и построения высокоточных прогнозов.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, глубокое обучение, экономическое прогнозирование, искусственный интеллект, Big Data, LSTM, RNN, экономическое моделирование, прогнозирование, машинное обучение

FORMATION OF NEURAL NETWORK THEORY AND ITS SCIENTIFIC FOUNDATIONS IN ECONOMIC FORECASTING

Juraev Olim Albaevich

Head of the Department of Computer and Software Engineering

Termez State University olimjurayev9800@gmail.com

Egamberdiyev Arslonbek Jurabek ugli

Student of the specialty 60610300 – "Computer Engineering" Termez State

University egamberdiyevarslonbek35@gmail.com

Abstract: This article examines the formation and development of neural network theory and its scientific and methodological significance in economic forecasting. The biological foundations of artificial neural networks, early mathematical models, and the evolution of deep learning technologies are discussed. The study also analyzes the research contributions of international, CIS, and Uzbek scholars in applying neural networks to economic forecasting. The findings indicate that neural networks are effective tools for identifying complex nonlinear relationships, processing large-scale datasets, and generating highly accurate forecasts in modern economic systems.

Keywords: artificial neural networks, deep learning, economic forecasting, artificial intelligence, big data, LSTM, RNN, economic modeling, forecasting, machine learning

Kirish: Jahon iqtisodiyotida axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi va raqamli transformatsiya jarayonlarining chuqurlashuvi iqtisodiy tizimlarning funksional tuzilmasini tubdan o'zgartirmoqda. Bulutli hisoblash, katta ma'lumotlar (Big Data), sun'iy intellekt va raqamli platformalarning keng joriy etilishi natijasida iqtisodiy muhit yanada murakkab, ko'p omilli va yuqori tezlikda o'zgaruvchan tus olmoqda. Bunday sharoitda iqtisodiy jarayonlarni real vaqt rejimiga yaqin holda tahlil qilish hamda ularni ilmiy asoslangan va yuqori aniqlikdagi bashoratlar bilan ta'minlash masalasi zamonaviy iqtisodiy tadqiqotlar va amaliy boshqaruv tizimlari uchun dolzarb vazifaga aylanmoqda.

An'anaviy ekonometrik modellashtirish usullari axborot texnologiyalariga asoslangan iqtisodiy muhitda shakllanayotgan katta hajmdagi, strukturaviy jihatdan murakkab va tez yangilanib boruvchi ma'lumotlarni qayta ishlashda muayyan cheklovlarga ega. Ushbu usullar ko'pincha chiziqlilik, stasionarlik va oldindan belgilangan funksional bog'lanishlarga tayanishi sababli raqamli iqtisodiyot sharoitida yuzaga kelayotgan nolinear jarayonlar, algoritmik o'zaro ta'sirlar va texnologik omillarning iqtisodiy ko'rsatkichlarga ta'sirini to'liq aks ettira olmaydi. Natijada, an'anaviy modellar asosida ishlab chiqilgan bashoratlar zamonaviy IT infratuzilmalari bilan integratsiyalashgan iqtisodiy tizimlar talablariga to'liq javob bermaydi.

Mazkur sharoitda neyron tarmoqlar nazariyasiga asoslangan axborot texnologik yondashuvlar iqtisodiy bashoratlashning ilmiy-uslubiy asoslarini sezilarli darajada kengaytiradi. Neyron tarmoqlar yuqori hisoblash quvvatiga ega zamonaviy IT platformalari yordamida katta hajmdagi va turli formatdagi ma'lumotlarni samarali qayta ishlash, nolinear bog'lanishlarni aniqlash hamda murakkab iqtisodiy jarayonlarni moslashuvchan modellashtirish imkonini beradi. Ularning o'z-o'zini o'rganish va adaptivlik xususiyatlari raqamli iqtisodiyotda shakllanayotgan dinamik jarayonlarni aniqlik bilan bashoratlashda muhim ilmiy va amaliy ustunliklarni ta'minlaydi.

Sun'iy neyron tarmoqlar statistik tahlil sohasida murakkab, ko'p omilli va nolinear jarayonlarni modellashtirish imkoniyati bilan ajralib turadi. An'anaviy parametrik statistik modellar (masalan, chiziqli regressiya yoki klassik vaqt qatori modellari) odatda ma'lum funksional shakl va qat'iy taxminlarga (normal taqsimot, chiziqlilik, gomoskedastiklik va boshqalar) tayanadi. Neyron tarmoqlar esa ma'lumotlar tuzilmasi haqida qat'iy aprior farazlarni talab qilmaydi va murakkab bog'liqliklarni empirik ravishda o'rganish imkonini beradi. Statistik nuqtai nazardan, neyron tarmoqlarning asosiy afzalligi — ularning **universal approksimatsiya xususiyatidir**. Ya'ni, yetarli miqdordagi yashirin qatlam va neyronlar mavjud bo'lganda, ular uzluksiz funksiyalarning istalganini ma'lum aniqlik darajasida yaqinlashtira oladi. Bu esa iqtisodiy, moliyaviy yoki ijtimoiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi nolinear va yashirin bog'liqliklarni aniqlashda muhim ustunlik beradi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, so'nggi yillarda sun'iy neyron tarmoqlar va chuqur o'rganish metodlarining ilmiy hamda amaliy qo'llanilish darajasi sezilarli oshgan. Xususan, **Stanford University** tomonidan e'lon qilinadigan *AI Index Report* ma'lumotlariga ko'ra, 2015–2022 yillar oralig'ida "deep learning" yo'nalishidagi ilmiy maqolalar soni ikki barobarga ko'paygan¹. Bu holat neyron tarmoqlarning ilmiy tadqiqotlar markazida turganini ko'rsatadi. Shuningdek, xalqaro konsalting kompaniyasi **McKinsey & Company** hisobotlariga ko'ra, sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanayotgan tashkilotlarning 78%i aynan mashinaviy

¹ Stanford University. *AI Index Report 2022*

o'rganish va neyron tarmoq modellaridan foydalanishini qayd etgan². Bu esa neyron tarmoqlarning iqtisodiyot va biznes jarayonlarida amaliy ahamiyati ortib borayotganini tasdiqlaydi.

Bugungi kunda mamlakatimizda hududlarning barqaror ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ta'minlash jarayonida raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt tizimlarining ulushini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Xususan, iqtisodiy jarayonlarni tahlil qilish, prognozlash va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini, jumladan, sun'iy neyron tarmoqlarni joriy etish bo'yicha qator normativ-huquqiy hujjatlar va amaliy chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Mazkur islohotlar iqtisodiy ko'rsatkichlarni aniq va ishonchli prognozlash, hududiy rivojlanish strategiyalarini optimallashtirish hamda resurslardan samarali foydalanishni ta'minlashda muhim metodologik asos bo'lib xizmat qilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi³, 2025-yil 22-oktabrdagi "Sun'iy intellekt texnologiyalarini yanada rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi⁴ PF-189-son Farmonlari, 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2025-yil 10-iyuldagi 425-son "2025–2026-yillarda sun'iy intellekt texnologiyalari sohasida ustuvor loyihalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi⁵ qarori va neyron tarmoqlar asosida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash usullari hududlarni kompleks ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirishga doir boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning maqsadi neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanishi va rivojlanish bosqichlarini o'rganish hamda ularning iqtisodiy bashoratlashdagi ilmiy va amaliy ahamiyatini tahlil qilishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili: Neyron tarmoq (sun'iy neyron tarmoq) atamasi inson miyasi faoliyatini o'rganish va uni matematik hamda mantiqiy modellar orqali ifodalashga bo'lgan ilmiy urinishlar natijasida shakllangan. Ushbu tushunchaning paydo bo'lishi XX asrning birinchi yarmiga to'g'ri keladi va u asosan AQSh hamda Yevropa ilmiy maktablarida rivojlangan.

Neyron tarmoq g'oyasining biologik asoslari. XIX asr oxiri – XX asr boshlarida biologlar va nevrologlar inson miyasi neyronlar deb ataluvchi nerv hujayralaridan tashkil topganini ilmiy jihatdan asoslab berdilar. Neyronlar o'zaro elektr va kimyoviy

² McKinsey & Company. *The State of AI Report*, 2022

³ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 14.10.2024 yildagi PQ-358-son <https://lex.uz/docs/-7158604>

⁴ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni, 22.10.2025 yildagi PF-189-son <https://lex.uz/docs/-7789403>

⁵ O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori, 10.07.2025 yildagi <https://digital.uz/oz/news/view/67962>

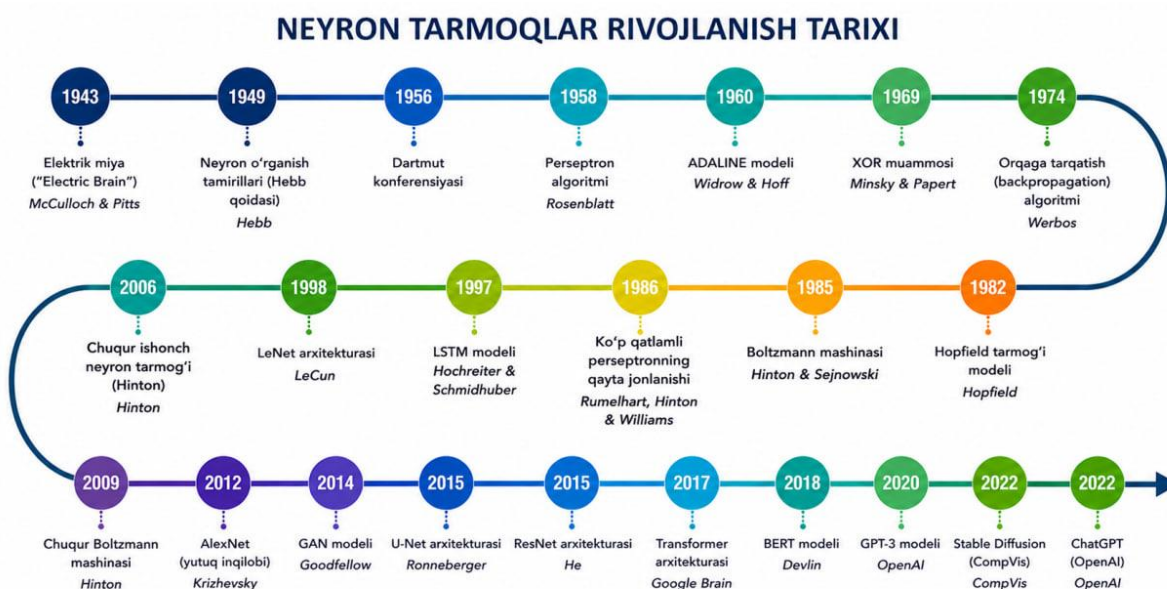
impulslar orqali bog‘lanib, murakkab axborot almashinuvi tizimini hosil qiladi. Aynan shu biologik jarayonlar keyinchalik sun‘iy modellashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qildi.

1943-yil, Neyron tarmoq tushunchasining ilmiy asoslanishi. Neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanishi 1943-yilda AQShda muhim ilmiy hodisa bilan bog‘liq. Amerikalik olimlar Uorren Makkallok (Warren McCulloch) va Uolter Pitts (Walter Pitts) “*A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*” nomli ilmiy maqolani e‘lon qildilar. Ushbu ishda ular birinchi sun‘iy neyron modelini taklif etdilar.

Mazkur modelda:

- neyron kirish signallarini qabul qiladi;
- ularni ma‘lum chegaraviy qiymat (threshold) bilan solishtiradi;
- natijada 0 yoki 1 ko‘rinishidagi chiqish signali hosil bo‘ladi.

Bu model inson miyasidagi biologik neyronlarning soddalashtirilgan matematik ifodasi bo‘lib, keyinchalik “sun‘iy neyron” tushunchasiga asos soldi. Aynan shu davrdan boshlab neyron tarmoq atamasi ilmiy muomalaga kira boshladi.



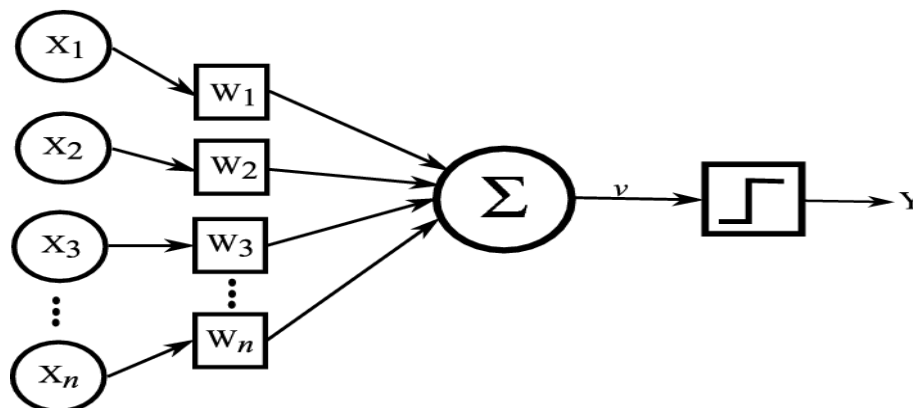
1.1-rasm.Neyron tarmoq atamasining shakllanishi, paydo bo‘lishi va rivojlanishining dastlabki bosqichlari.

1949-yil, O‘rganish mexanizmining paydo bo‘lishi. Donald Hebb tomonidan 1949-yilda taklif qilingan Hebb qoidasi (Hebbian Learning Rule) neyron tarmoqlarning o‘rganish qobiliyatini tushuntirib berdi. Unga ko‘ra, agar ikki neyron bir vaqtda faollasha, ular orasidagi bog‘lanish kuchayadi. Bu tamoyil keyinchalik sun‘iy neyron tarmoqlarda og‘irlik koeffitsientlarini moslashtirish g‘oyasining paydo bo‘lishiga sabab bo‘ldi.

1957–1958-yillar. “Perseptron” va atamaning ommalashuvi. 1957-yilda AQShda olim Frank Rozenblatt (Frank Rosenblatt) tomonidan perseptron modeli ishlab

chiqildi. Perseptron:

- kirish qatlamidan;
- og'irlik koeffitsientlaridan;
- chiqish neyronidan iborat bo'lib, oddiy tasniflash vazifalarini bajarishga qodir edi.



1.2-rasm. Biologik neyronning ko'rinishi⁶.

1958-yilda u perseptronni amaliy qurilma sifatida namoyish etdi. Shu davrdan boshlab “artificial neural network” (sun’iy neyron tarmoq) atamasi ilmiy adabiyotlarda keng qo’llanila boshlandi. Demak, neyron tarmoq atamasi:

- qachon: asosan 1943–1958-yillar oralig’ida shakllangan;
- qayerda: AQSh ilmiy muhitida (Chikago, Kornell, MIT atrofidagi ilmiy markazlarda);
- asosida: biologik neyronlar faoliyatining matematik va mantiqiy modellashtirilishi yotadi.

Bugungi kunda neyron tarmoqlar sun’iy intellekt, mashinaviy o’rganish, iqtisodiy bashoratlash va ko‘plab boshqa sohalarning nazariy va amaliy asosini tashkil etmoqda.

Neyron tarmoqlarning 1970–2000-yillardagi rivojlanish bosqichlari

1970–2000-yillar oralig’i neyron tarmoqlar tarixida murakkab, lekin hal qiluvchi davr hisoblanadi. Bu bosqichda dastlabki qiziqishning pasayishi, keyinchalik esa nazariy va amaliy yutuqlar natijasida qayta jonlanish jarayoni kuzatilgan.

1970-yillar inqiroz va tanqidiy davr. 1960-yillarning oxiriga kelib neyron tarmoqlarga bo’lgan ishonch sezilarli darajada pasaydi. Buning asosiy sababi Marvin Minsky va Seymour Papert tomonidan 1969-yilda chop etilgan “*Perceptrons*” asari bo’ldi. Ushbu asarda bir qatlamli perseptronlar murakkab, chiziqli bo’lmagan

⁶ Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. 3rd ed. — Prentice Hall, 2009.

masalalarni yecha olmasligi matematik jihatdan isbotlangan edi⁷.

Natijada:

- neyron tarmoqlar bo'yicha moliyalashtirish qisqardi;
- tadqiqotlar asosan ramziy sun'iy intellekt yo'nalishiga o'tdi;
- 1970-yillar "birinchi AI qishi" davri sifatida tarixda qoldi .

1980-yillar, neyron tarmoqlarning qayta tiklanishi.1980-yillarning boshlarida neyron tarmoqlarga qiziqish yana kuchaya boshladi. Bu, avvalo, ko'p qatlamli neyron tarmoqlar va ularni o'qitish algoritmlarining paydo bo'lishi bilan bog'liq.

1982-yilda Jon Hopfield tomonidan taklif etilgan Hopfield tarmog'i assotsiativ xotira modeli sifatida katta e'tibor qozondi. Ushbu model fizikadagi energiya tushunchasiga asoslangan bo'lib, optimallashtirish va naqshlarni tanish masalalarida samarali qo'llanildi.

1986-yil, Backpropagation algoritmi.Neyron tarmoqlar rivojida burilish nuqtasi 1986-yil bilan bog'liq. David Rumelhart, Geoffrey Hinton va Ronald Williams tomonidan xatolikni orqaga uzatish algoritmi (Backpropagation) taklif etildi .

Mazkur algoritim:

- ko'p qatlamli neyron tarmoqlarni samarali o'qitish imkonini berdi;
- chiziqli bo'lmagan murakkab masalalarni yechishni ta'minladi;
- tasvirni tanish, nutqni aniqlash va prognozlash masalalarida keng qo'llanila boshlandi.

Shu sababli 1980-yillar oxiri neyron tarmoqlarning ikkinchi uyg'onish davri sifatida baholanadi.

1990-yillar, amaliy qo'llanmalar va diversifikatsiya.1990-yillarda neyron tarmoqlar nazariy tushunchadan amaliy texnologiyaga aylandi. Ushbu davrda:

- Kohonenning o'z-o'zini tashkil etuvchi xaritalari (Self-Organizing Maps) klasterlash va vizualizatsiya masalalarida qo'llanildi ;
- Radial Basis Function (RBF) tarmoqlari regressiya va tasniflash masalalarida samarali ishlatildi;
- Rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) vaqt qatorlarini tahlil qilishda muhim ahamiyat kasb etdi.

Ayniqsa, moliya, sanoat, tibbiyot va iqtisodiyotda bashoratlash masalalarida neyron tarmoqlardan foydalanish kengaydi [6].

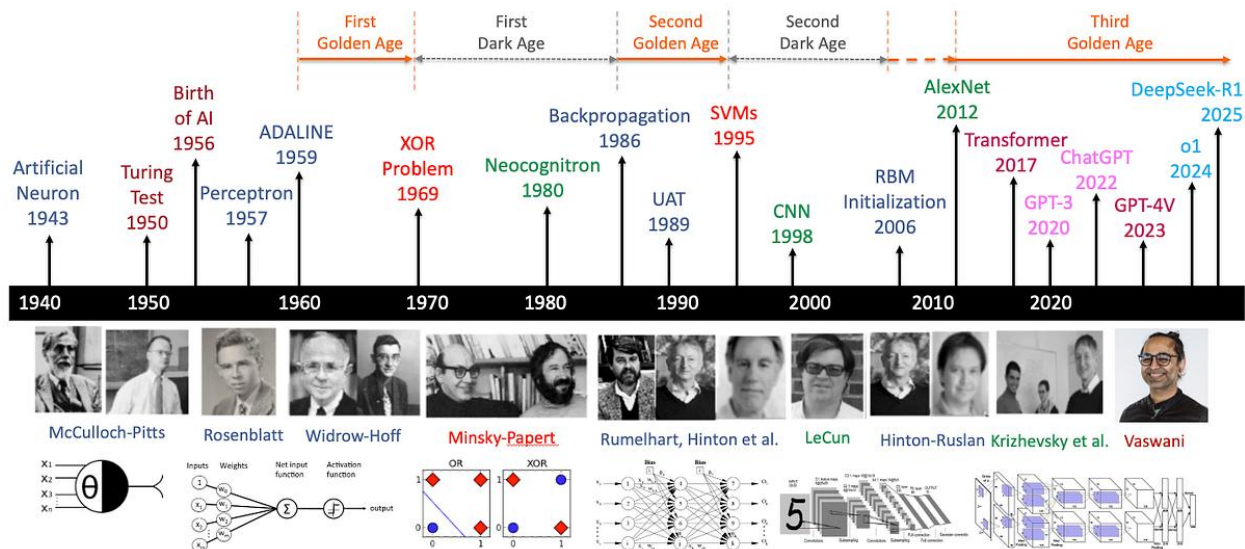
1997-yil, LSTM modelining yaratilishi.1997-yilda Sepp Hochreiter va Jürgen Schmidhuber tomonidan Long Short-Term Memory (LSTM) modeli taklif etildi. Ushbu model uzoq muddatli bog'liqliklarni eslab qolish muammosini hal qilishga qaratilgan bo'lib, keyinchalik chuqur o'rganish texnologiyalarining asosiy komponentiga aylandi ⁸.

⁷ Minsky M., Papert S. *Perceptrons*. MIT Press, 1969.

⁸ Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural Computation*, 1997.

1970–2000-yillar oraligʻida neyron tarmoqlar dastlab tanqid va eʼtiborsizlik bosqichidan oʻtdi, 1980-yillarda nazariy asoslar bilan mustahkamlandi, 1990-yillarda esa amaliy va sanoat miqyosidagi qoʻllanmalar darajasiga yetdi. Aynan shu davrda yaratilgan algoritmlar va modellar 2000-yillardan keyingi Deep Learning revolyutsiyasiga mustahkam poydevor boʻlib xizmat qildi.

A Brief History of AI with Deep Learning



1.3-rasm.2000-yildan keyingi Deep Learning davri: CNN, Deep Neural Networks va Big Data bilan integratsiya⁹.

2000-yildan keyingi davr neyron tarmoqlar tarixida Deep Learning (chuqur oʻrganish) konsepsiyasining shakllanishi va jadal rivoji bilan tavsiflanadi. Ushbu bosqichda koʻp qatlamli neyron tarmoqlar (Deep Neural Networks), konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va katta hajmdagi maʼlumotlar (Big Data) oʻzaro uygʻunlashib, sunʼiy intellektning yangi sifat bosqichini yuzaga keltirdi.

2000–2006-yillar: chuqur arxitekturalarga qaytish. 1990-yillarning oxirida neyron tarmoqlar muayyan muammolarga duch keldi:

1. oʻqitish jarayonining sekinligi;
2. lokal minimumlarga tushib qolish;
3. hisoblash resurslarining cheklanganligi.

Shunga qaramay, 2000-yillarning boshlarida koʻp qatlamli neyron tarmoqlarga ilmiy qiziqish yana ortdi. Bu davrda hisoblash quvvatlarining oshishi va optimallashtirish usullarining rivojlanishi chuqur modellarni qayta tiklashga zamin yaratdi ¹⁰.

2006-yil: Deep Learning atamasining shakllanishi. Deep Learning rivojida muhim

⁹ Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — MIT Press, 2016.

¹⁰ Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. Pearson, 2009.

burilish 2006-yilga to'g'ri keladi. Geoffrey Hinton, Simon Osindero va Yee-Whye Teh tomonidan Deep Belief Networks (DBN) modeli taklif qilindi. Ushbu ishda:

- qatlam-qatlam o'rganish (layer-wise pretraining) yondashuvi;
- chuqur tarmoqlarni samarali o'qitish usuli ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Aynan shu davrdan boshlab "Deep Learning" atamasi mustaqil ilmiy yo'nalish sifatida shakllandi.

Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va tasvirlar inqilobi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar g'oyasi avvalroq paydo bo'lgan bo'lsa-da, ularning haqiqiy yuksalishi 2010-yillarga yaqin boshlandi. CNN arxitekturasida:

- lokal bog'lanishlar;
- og'irliklarni umumlashtirish (weight sharing);
- konvolyutsiya va pooling qatlamlariga

asoslanadi.

2012-yilda AlexNet modeli ImageNet musobaqasida an'anaviy usullarni katta farq bilan ortda qoldirdi. Ushbu natija CNN'larning tasvirni aniqlash, obyektlarni tanish va video tahlil qilishdagi ustunligini amalda isbotlab berdi ¹¹.

Deep Neural Networks va murakkab masalalar. Deep Neural Networks (DNN) ko'p sonli yashirin qatlamlarga ega bo'lib, murakkab va chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni o'rganish imkonini beradi. 2000-yildan keyin:

- nutqni tanish;
- tabiiy tilni qayta ishlash (NLP);
- moliyaviy va iqtisodiy prognozlash

sohalarida DNN'lar keng qo'llanila boshlandi.

Bu modellar katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashda yuqori aniqlik ko'rsatdi.

Big Data va Deep Learning uyg'unligi. Deep Learning texnologiyalarining keskin rivojlanishida Big Data muhim rol o'ynadi. Internet, ijtimoiy tarmoqlar, sensorlar va raqamli tizimlar natijasida:

- katta hajmli;
- yuqori tezlikda yangilanadigan;
- turli formatdagi ma'lumotlar paydo bo'ldi.

Katta ma'lumotlar mavjudligi chuqur neyron tarmoqlarni samarali o'qitish imkonini berdi, chunki Deep Learning modellari ko'p ma'lumot talab qiluvchi algoritmlar hisoblanadi.

GPU va hisoblash texnologiyalarining roli. 2000-yillarning oxiriga kelib grafik protsessorlar (GPU) neyron tarmoqlarni o'qitishda keng qo'llanila boshlandi. GPU'lar:

- parallel hisoblashni ta'minladi;
- o'qitish vaqtini sezilarli darajada qisqartirdi;
- chuqur modellarni real muammolarga tatbiq etish imkonini berdi.

¹¹ Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *NIPS*, 2012

2000-yildan keyingi Deep Learning davri ko'p qatlamli neyron tarmoqlarning ilmiy asoslanishi, CNN yordamida tasvir va video tahlilida inqilob, Big Data va GPU texnologiyalari bilan integratsiya orqali sun'iy intellektni yangi bosqichga olib chiqdi. Mazkur davrda yaratilgan yondashuvlar bugungi kunda iqtisodiyot, tibbiyot, sanoat va moliya sohalarida keng qo'llanilmoqda.

Neyron tarmoqlar bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borgan olimlar faoliyatining tahlili

Sun'iy neyron tarmoqlar bugungi kunda zamonaviy axborot texnologiyalari va iqtisodiy bashoratlashning muhim ilmiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yo'nalishning shakllanishi va rivojlanishi ko'plab mahalliy va xorijiy olimlarning fundamental hamda amaliy tadqiqotlari bilan chambarchas bog'liqdir. Neyron tarmoqlar nazariyasi biologik neyronlar faoliyatini modellashtirish g'oyasiga asoslanib, dastlab matematik va mantiqiy modellar sifatida shakllangan bo'lsa, keyinchalik murakkab iqtisodiy, texnik va ijtimoiy jarayonlarni tahlil qilishda samarali vositaga aylandi.

Neyron tarmoqlar bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borgan olimlar asosan an'anaviy statistik va ekonometrik usullar murakkab, chiziqli bo'lmagan va noaniq jarayonlarni to'liq ifodalay olmasligini ilmiy jihatdan asoslab berdilar. Shu sababli ular o'z tadqiqotlarida sun'iy neyron tarmoqlardan foydalanib, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash, yashirin bog'liqliklarni aniqlash va yuqori aniqlikdagi prognozlar olishga erishdilar. Ayniqsa, vaqt qatorlari, makroiqtisodiy ko'rsatkichlar, moliyaviy bozorlar va valyuta kurslarini bashoratlash masalalarida neyron tarmoqlar keng qo'llanila boshlandi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, neyron tarmoqlar rivojiga hissa qo'shgan olimlar bu texnologiyani faqat nazariy jihatdan emas, balki amaliy masalalarni yechish vositasi sifatida ham rivojlantirganlar. Ularning ishlari natijasida bir qatlamli perceptronlardan boshlab, ko'p qatlamli va chuqur neyron tarmoqlargacha bo'lgan turli arxitekturalar yaratildi. Ushbu arxitekturalar iqtisodiy jarayonlardagi murakkab dinamikani modellashtirish, uzoq va qisqa muddatli prognozlarni shakllantirish imkonini berdi.

Shuningdek, olimlarning tadqiqotlari neyron tarmoqlarning ustun jihatlari — moslashuvchanlik, o'rganish qobiliyati va chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni aniqlash imkoniyatini — ilmiy asoslab berdi. Bu esa neyron tarmoqlarni iqtisodiy bashoratlash, risklarni baholash, qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirishda muhim ilmiy vositaga aylantirdi. Natijada, neyron tarmoqlar bugungi kunda iqtisodiyot, moliya, bank ishi va biznes tahlilida keng qo'llanilayotgan istiqbolli yo'nalish sifatida e'tirof etilmoqda.

Sun'iy neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanishi va rivojlanishida xorijiy olimlarning ilmiy ishlari muhim o'rin tutadi. Aynan xorijiy tadqiqotchilar tomonidan

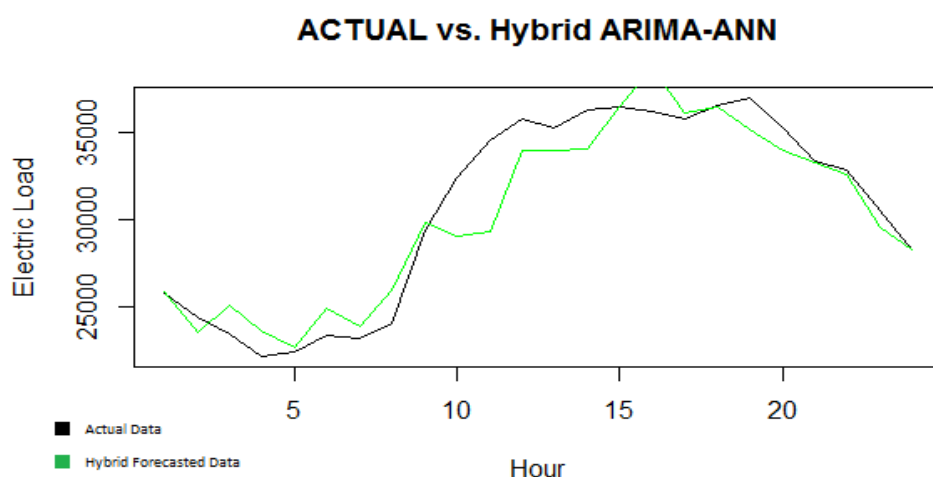
neyron tarmoqlarning dastlabki matematik asoslari ishlab chiqilgan, keyinchalik esa ularning amaliy qo'llanilishi kengaytirilgan. Ushbu olimlar biologik neyronlar faoliyatini modellashtirish g'oyasidan kelib chiqib, sun'iy tizimlar orqali murakkab axborot jarayonlarini qayta ishlash mumkinligini ilmiy jihatdan asoslab berdilar.

Xorijiy olimlar neyron tarmoqlarni ishlab chiqishda an'anaviy matematik va statistik modellar bilan solishtirma tahlil olib bordilar va ularning chiziqli bo'lmagan, noaniq hamda murakkab jarayonlarni modellashtirishda samaraliroq ekanligini isbotladilar. Ayniqsa, vaqt qatorlari, iqtisodiy sikllar, moliyaviy bozorlar va prognozlash masalalarida neyron tarmoqlar yuqori aniqlikdagi natijalar berishi ilmiy tadqiqotlar orqali tasdiqlandi. Shuningdek, xorijiy olimlar tomonidan ishlab chiqilgan backpropagation algoritmi, ko'p qatlamli neyron tarmoqlar, konvolyutsion va rekurrent arxitekturalar neyron tarmoqlar rivojida burilish nuqtasi bo'ldi. Bu yondashuvlar sun'iy intellektni faqat nazariy yo'nalish sifatida emas, balki real amaliy masalalarni yechishga qodir texnologiya sifatida shakllantirdi. Natijada, xorijiy olimlarning ilmiy ishlari neyron tarmoqlarni zamonaviy iqtisodiy bashoratlash va qaror qabul qilish tizimlarining asosiy vositasiga aylantirdi.

Quyida neyron tarmoq bo'yicha ish olib borgan xorijiy olimlarning faoliyati ko'rib chiqiladi.

Wei Huang — neyron tarmoqlarni iqtisodiy bashoratlashga tizimli olib kirgan olim. Wei Huang — XX asr oxiri va XXI asr boshlarida neyron tarmoqlarni iqtisodiy va moliyaviy bashoratlashga kompleks yondashuv bilan tadbiq etgan yetakchi xorijiy olimlardan biri hisoblanadi. U o'z tadqiqotlarida iqtisodiy jarayonlar tasodifiy emas, balki murakkab, chiziqli bo'lmagan va yashirin qonuniyatlarga ega tizim ekanini asoslab beradi. Shu sababli u an'anaviy ekonometrik modellar (masalan, regressiya yoki ARIMA) real iqtisodiy muhitni to'liq ifodalay olmaydi, degan xulosaga keladi.

Huang aynan shu cheklovlar tufayli sun'iy neyron tarmoqlarni tanlagan, chunki neyron tarmoqlar kiruvchi ko'rsatkichlar o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni oldindan formulalashsiz o'rganish qobiliyatiga ega. Uning ishlarida asosan ko'p qatlamli neyron tarmoqlar yordamida valyuta kurslari, fond bozori indekslari va makroiqtisodiy ko'rsatkichlar bashorat qilingan.



1.4-rasm. Real iqtisodiy ko'rsatkich va ARIMA orqali olingan bashorat.¹²

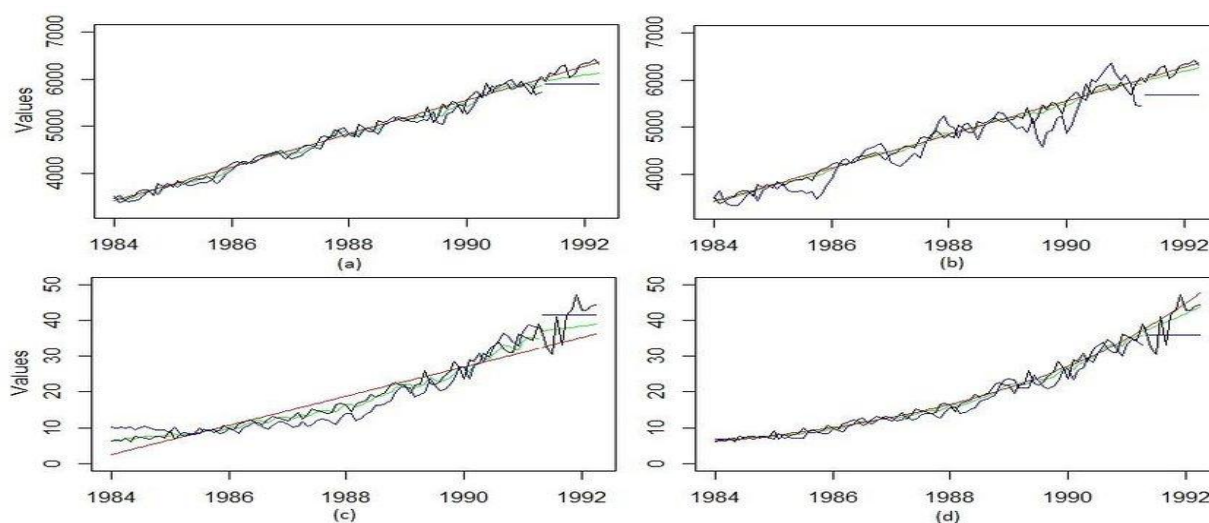
¹² Huang W., Nakamori Y., Wang S.-Y. Forecasting stock market movement direction with support vector machine. —

Huang tadqiqotlarida odatda ikki chiziqli grafik beriladi: biri real iqtisodiy ko'rsatkich, ikkinchisi esa neyron tarmoq orqali olingan bashorat qiymati. Grafiklar shuni ko'rsatadiki, ANN egri chizig'i real qiymatlarga ARIMA modeliga nisbatan yaqinroq joylashgan. Bu esa neyron tarmoqlarning yuqori aniqligini vizual tarzda isbotlaydi.

Huang ishlaridan so'ng neyron tarmoqlar iqtisodiy bashoratlashda "tajribaviy usul" emas, balki to'laonli ilmiy metod sifatida tan olinadi.

Timo Terasvirta — ekonometrika va neyron tarmoqlarni solishtirgan nazariy olim.

Timo Terasvirta — asosan makroiqtisodiy vaqt qatorlarini tahlil qilish bilan shug'ullangan yevropalik olim bo'lib, u iqtisodiy ko'rsatkichlar vaqt o'tishi bilan bir xil rejimda emas, balki turli holatlar (rejimlar) orqali rivojlanishini ilmiy jihatdan asoslab bergan. U klassik chiziqli modellar iqtisodiy sikllarni faqat soddalashtirilgan shaklda aks ettirishini ko'rsatadi.



1.5-rasm.Terasvirtaning vaqt qator tahlili.¹³

Shu sababli Terasvirta neyron tarmoqlardan foydalangan, chunki ular iqtisodiy tizimdagi silliq o'tishlar, burilish nuqtalari va yashirin rejimlarni aniqlashga qodir. U neyron tarmoqlarni ekonometrik modellar bilan solishtirib, qaysi holatlarda ANN ustunlikka ega ekanini empirik tadqiqotlar orqali ko'rsatgan.

Uning ishlarida ko'pincha iqtisodiy sikllarni ko'rsatuvchi grafiklar beriladi, bu yerda:

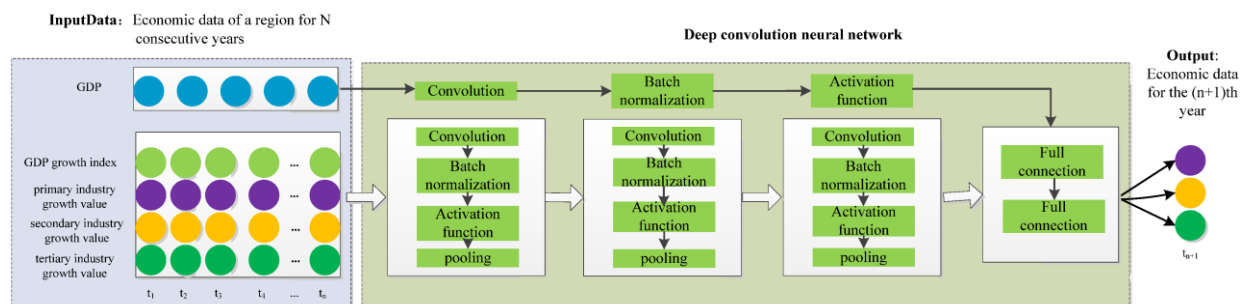
- chiziqli model sikl burilishlarini kechikib aniqlaydi;
- neyron tarmoq esa burilishlarni oldindan sezadi.

Computers & Operations Research, 2005.

¹³ Terasvirta T. Specification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models. — Journal of the American Statistical Association, 1994.

Terasvirta neyron tarmoqlarni “statistikaga qarshi” emas, balki statistikani to‘ldiruvchi kuchli vosita sifatida ilmiy asoslab bergan.

Yoshiteru Nakamori — noaniqlik va inson omilini hisobga olgan olim.



1.6-rasm. Iqtisodiy bashorotlashda Neyron tarmoqdan foydalanish.¹⁴

Yoshiteru Nakamori iqtisodiy qarorlar qabul qilish jarayonida inson tafakkuri, noaniqlik va to‘liq bo‘lmagan axborot muhim rol o‘ynashini ta’kidlagan olimdir. U iqtisodiy bashorotlashda qat’iy matematik formulalarga asoslangan modellar real hayotdagi qaror mexanizmlarini to‘liq aks ettira olmasligini ko‘rsatadi.

Shu sababli Nakamori neyron tarmoqlarni tanlagan, chunki ular bir vaqtning o‘zida ko‘plab iqtisodiy ko‘rsatkichlarni qayta ishlash va moslashuvchan xulosa chiqarish imkonini beradi. Uning ishlarida ANN asosida inflyatsiya, ishlab chiqarish hajmi va moliyaviy risklar bashorat qilingan.

Ko‘pincha blok-sxema ko‘rinishida iqtisodiy ko‘rsatkichlar neyron tarmoqqa kirish signali sifatida berilib, chiqishda qaror yoki prognoz hosil bo‘lishi tasvirlanadi.

Nakamori neyron tarmoqlarni iqtisodiy qarorlarni qo‘llab-quvvatlovchi intellektual tizim sifatida asoslab bergan.

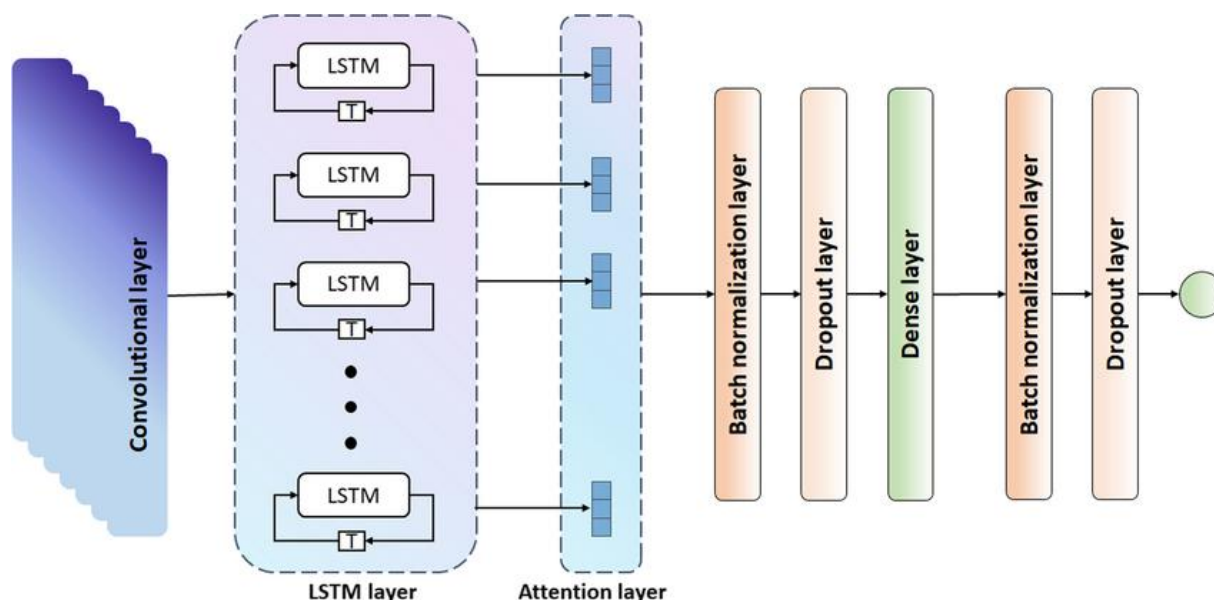
Sepp Hochreiter — uzoq muddatli iqtisodiy xotira muammosini hal qilgan olim. Sepp Hochreiter iqtisodiy vaqt qatorlarida uzoq muddatli ta’sirlar mavjudligini aniqlagan va oddiy neyron tarmoqlar bunday bog‘liqliklarni eslab qololmasligini ilmiy jihatdan ko‘rsatgan. Shu muammo sababli u LSTM neyron tarmog‘ini yaratgan.

LSTM modeli iqtisodiy ko‘rsatkichlarning uzoq vaqt oldingi qiymatlari bugungi holatga qanday ta’sir qilishini hisobga oladi. Bu, ayniqsa, inflyatsiya, foiz stavkalari va moliyaviy oqimlarni bashorotlashda muhimdir.

Grafiklarda LSTM modeli prognozi oddiy RNN prognoziga nisbatan kamroq tebranish va yuqori aniqlik ko‘rsatadi.

Hochreiter ishlari iqtisodiy bashorotlashda uzoq muddatli strategik tahlil imkoniyatini ochib berdi.

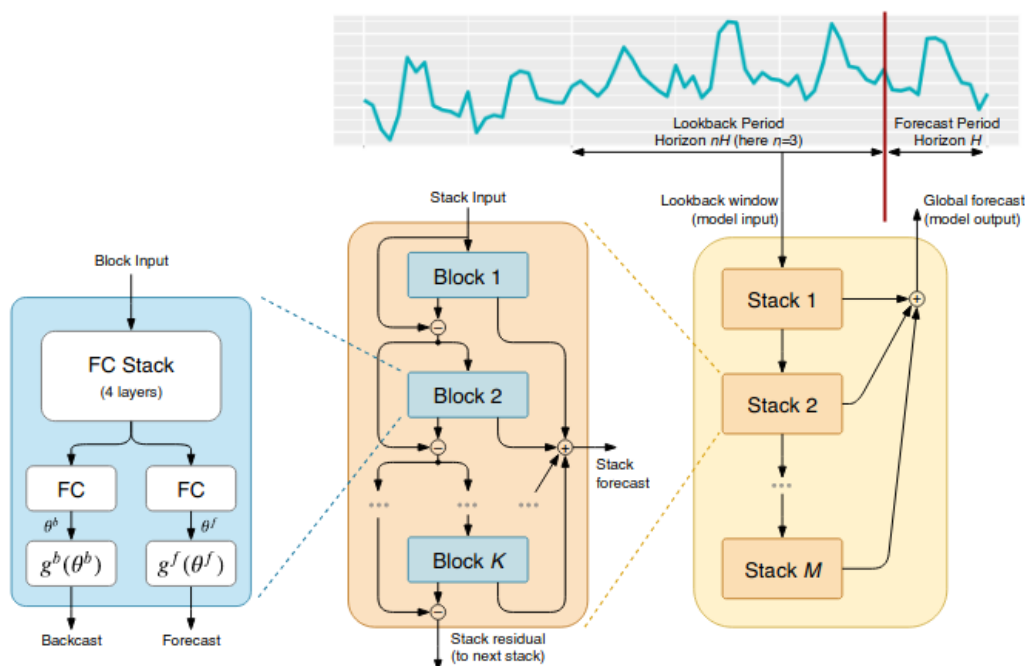
¹⁴ Nakamori Y. Knowledge Science: Modeling the Knowledge Creation Process. — CRC Press, 2011.



1.7-rasm.LSTM neyron tarmog'ining tuzilishi.¹⁵

Boris Oreshkin — chuqur neyron tarmoqlarni tushunarli qilgan olim. Boris Oreshkin zamonaviy chuqur neyron tarmoqlar asosida iqtisodiy vaqt qatorlarini bashoratlash bilan shug'ullangan. U klassik muammoni ko'taradi: neyron tarmoqlar aniqligi yuqori, lekin tushunarsiz. Shu sababli u N-BEATS modelini ishlab chiqadi.

Bu model nafaqat aniq prognoz beradi, balki trend va mavsumiylikni alohida ko'rsatib bera oladi.



1.8-rasm.N-BEATS ishlash prinsipi.¹⁶

¹⁵ Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. — Neural Computation, 1997.

¹⁶ Oreshkin B. N., Carпов D., Chapados N., Bengio Y. N-BEATS: Neural basis expansion analysis for interpretable

Grafiklarda umumiy prognoz trend va mavsumiy komponentlarga ajratib ko'rsatiladi, bu iqtisodchilar uchun juda qulay.

Oreshkin neyron tarmoqlarni iqtisodiy bashoratlashda ishonchli va izohlanadigan vositaga aylantirdi.

Ushbu olimlar ishlarida neyron tarmoqlar: murakkab iqtisodiy bog'liqliklarni aniqlash, bashorat aniqligini oshirish, iqtisodiy qarorlarni ilmiy asoslash vositasi sifatida to'liq shakllangan.

MDH davlatlari olimlarining neyron tarmoqlar sohasidagi ilmiy izlanishlari

Mustaqil Davlatlar Hamdo'stligi (MDH) mamlakatlari olimlari ham neyron tarmoqlar nazariyasi va uning amaliy qo'llanilishiga sezilarli hissa qo'shgan. Ularning tadqiqotlari asosan xorijiy fundamental ishlarga tayangan holda, neyron tarmoqlarni real iqtisodiy va texnik muammolarga moslashtirishga qaratilgan. MDH olimlari iqtisodiy tizimlarning o'ziga xos xususiyatlarini inobatga olib, sun'iy neyron tarmoqlar asosida moslashuvchan va samarali modellar yaratishga intildilar.

MDH olimlarining ilmiy ishlari, ayniqsa, iqtisodiy ko'rsatkichlar, sanoat jarayonlari, energetika va moliya sohalarida prognozlash masalalariga bag'ishlangan. Ular neyron tarmoqlarning an'anaviy ekonometrik modellar bilan integratsiyalashgan holda qo'llanishi prognoz aniqligini oshirishini ilmiy jihatdan isbotladilar. Shu bilan birga, neyron tarmoqlar yordamida murakkab tizimlardagi yashirin bog'liqliklarni aniqlash mumkinligi ko'rsatib berildi.

MDH olimlarining yondashuvi ko'pincha amaliy natijalarga yo'naltirilgan bo'lib, ular ishlab chiqilgan modellarni real ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazganlar. Natijada, neyron tarmoqlar MDH mamlakatlarida iqtisodiy rejalashtirish, prognozlash va boshqaruv tizimlarida muhim ilmiy-amaliy vosita sifatida qaralmoqda.

Елена Борисовна Казаринова (Rossiya, 2025). Elena B. Kazarinnova — Rossiyaning Davlat universitetlaridan biri (Rossiya universitet «Druzhba narodov»), makroiqtisodiy o'sish va vaqt qatorlari tahlili bo'yicha tadqiqot olib borgan olim. 2025-yilda u va hamkasblari Rossiya iqtisodiyotining o'sishi bo'yicha LSTM va GRU kabi ilg'or neyron tarmoqlarni qo'llash metodikasini o'rganib chiqdi.

Ular makroiqtisodiy ko'rsatkichlarda chiziqli bo'lmagan trendlar, silliq o'tishlar va tashqi shoklar (masalan, 2014–2015 moliyaviy inqirozi, COVID-19 pandemiyasi, 2022-yildan boshlab sanksiyalar) mavjudligini ko'rsatdilar va shuning uchun klassik statistik regresiya usullari yetarli emasligini ta'kidladi. Shu sababli ular LSTM (uzoq muddatli xotira tarmoqlari) va GRU (qo'shimcha kirish-chiqish boshqaruvi bilan RNN modifikatsiyasi) modellarini qo'llaganlar. Maqsad — vaqt qatorining murakkab trendlarini aniqlash va ishonchli prognoz berish.

Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, bu chuqur RNN modellar Rossiyaning real iqtisodiy

o'sish dinamikasini an'anaviy regressiyadan sezilarli darajada aniqroq bashorat qilgan, ayniqsa sezilarli o'zgarish davrlarida. Bu ularning raqamli iqtisodiy bashoratlash qobiliyatini mustahkamladi.¹⁷

Victoria Tyshchenko va hamkasblari (Ukraina, 2023). Victoria Tyshchenko, Svitlana Achkasova, Oleksii Naidenko va boshqalar — Xarkiv Milliy Iqtisodiyot universitetidan Ukraina olimlari. Ularning 2023-yilda e'lon qilingan ishi kriptovalyuta birjalarida narxni bashoratlash uchun rekurrent neyron tarmoqlarni (RNN/LSTM) qo'llashga bag'ishlangan.

Kriptovalyuta narxlari juda noaniq va dinamik — an'anaviy vaqt qatori modellar bunday murakkab, qisqa muddatli o'zgarishlarni yetarlicha aniqlay olmaydi. RNN va LSTM esa vaqt bo'yicha bog'liqliklarni eslab qolish xususiyati bilan bashorat sifatini oshiradi.

Ukraina olimlari tarmoqni birja narxlari bo'yicha o'rgatib, LSTM asosidagi model oddiy RNN va klassik statistik modellar bilan solishtirganda yuqori bashorat aniqligini ko'rsatdi, ayniqsa bozor trendining keskin o'zgarishlarida. Bu ularni moliyaviy forecasting uchun ideal vosita sifatida tanitdi¹⁸.

P. K. Drozdovskaya va boshqalar (Belarus, 2024). P. K. Drozdovskaya, M. A. Sikolenko, I. A. Kachuk va boshqalar — Belarus Davlat universiteti olimlari tomonidan 2024-yilda amalga oshirilgan vaqt qatorlarini bashoratlash bo'yicha tadqiqot. Ular neyron tarmoqlarni ikki turli masalada sinovdan o'tkazdilar: biri musiqa melodiyasi ketma-ketligini bashoratlash; ikkinchisi — Belarus rubli kursining vaqt bo'yicha prognozi edi¹⁹.

Advantaj — neyron tarmoqlar vaqt bo'yicha ketma-ketlik strukturasi va murakkab ko'rinishdagi ketma-ketlikni o'rganishga, shu jumladan valyuta kursi yoki mavsumiy trendlar kabi parametrlarni aniqlashga yordam beradi.

Tarmoq kurs vaqt qatorini chuqur o'rganganidan so'ng model MAPE va MSE kabi sifat metrikalarida STATISTICA yoki regressiyaga nisbatan sezilarli yaxshiroq natijalarni g'ost'ardi. Bu fenomenal moslashuvchanlik vaqt qatorlaridagi murakkab o'zgarishlarni bashoratlashda ANN'larning ustunligini tasdiqlaydi.

Ulugbek Bekmurodov va jamoadoshlar (O'zbekiston, 2023). Ulugbek Bekmurodov, Diyora Absalamova va Guzal Absalamova — Toshkent Iqtisodiyot Universiteti olimlari 2023-yilda e'lon qilingan maqolada O'zbekiston iqtisodiy indikatorlarini bashoratlashda AI modellaridan, jumladan LSTM neyron tarmoqlaridan foydalanishni o'rgandilar²⁰.

Mualliflar iqtisodiy ma'lumotlar (masalan, ishlab chiqarish, inflyatsiya,

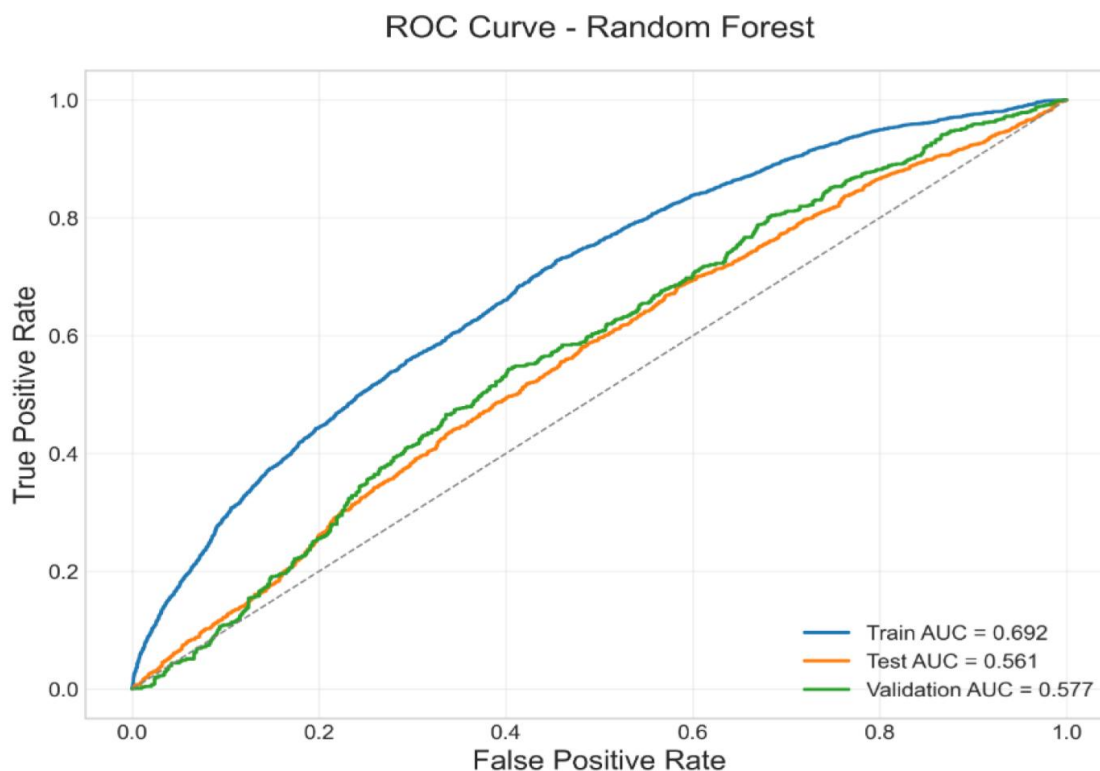
¹⁷ ([Издательский дом "НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА"](#))

¹⁸ ([journals.uran.ua](#))

¹⁹ ([libeldoc.bsuir.by](#))

²⁰ ([dtai.tsue.uz](#))

eksport-import ko'rsatkichlari) orasidagi noan'anaviy, murakkab bog'liqliklar mavjudligini ko'rib, bu bog'liqliklarni LSTM yordamida aniqlab olish ushbu bashoratlarni sezilarli darajada yaxshilashi mumkin, deb topdilar.



1.9-qism. Random Forest modelining ROC tahlili va AUC natijalari.²¹

LSTM modellari ko'p o'zgaruvchan model sifatida Random Forests bilan solishtirilganda bir qancha indikatorlarda aniqlikni oshirgani ko'rsatildi. Bu O'zbekiston kontekstida neyron tarmoqlar iqtisodiy forecasting uchun real amaliy vosita ekanini isbotlaydi.

Д. С. Дубовицкий (Rossiya, 2020–2025). С. А. Дубовицкий (Rossiya) — neyron tarmoqlar asosida vaqt qatorlarini bashoratlash bo'yicha bir necha maqolalar yozgan olim. U o'z ishlarida RNN, LSTM va GRU modellarini moliyaviy-iqtisodiy ko'rsatkichlarni (masalan, USD/RUB kursi) prognozlash uchun qo'llaydi²².

Shu modeli an'anaviy modellar — masalan ARIMA yoki regressiya — vaqt bo'yicha keng tarqalgan va tebranuvchan trendlarni ushlab qolmaydigan holatlarda muvaffaqiyatsiz bo'ladiganini aniqlaydi. LSTM/GRU esa vaqt bo'yicha bog'liqliklarni eslab qoladi va bashoratni sezilarli darajada yaxshilaydi.

Dubovitskiyning ishlari RNN asosidagi bashoratlarni tebranish va volatil vaqt qatorlari uchun an'anaviy yondashuvlarga nisbatan yaxshiroq mos kelishini ko'rsatadi.

²¹ Bekmurodov U., Absalamova D., Absalamova G. Economic forecasting using artificial intelligence models and algorithms in the case of Uzbekistan. — Digital Transformation and Artificial Intelligence, 2023.

²² (xn----8sbempclcw3bmt.xn--p1ai)

Bu, xususan, iqtisodiy forecasting sohasida RNNning amaliy potentsialini tasdiqlaydi.

Ushbu olimlarning ishlari shuni ko'rsatadiki, neyron tarmoqlar chiziqli bo'lmagan iqtisodiy bog'liqliklarni aniqlaydi va bashorat aniqligini sezilarli oshiradi. Ular LSTM/RNN kabi chuqur modellar yordamida vaqt bo'yicha bog'liqliklarni yaxshiroq o'rganadi. Turli MDH mamlakatlar kontekstida, valyuta kursi, makroiqtisodiy o'sish, talab va inflyatsiya kabi ko'rsatkichlar bo'yicha prognozlar muvaffaqiyatli qo'llanmoqda.

O'zbekiston olimlarining neyron tarmoqlar bo'yicha ilmiy ishlari

O'zbekiston olimlarining sun'iy neyron tarmoqlar sohasidagi ilmiy tadqiqotlari asosan so'nggi yillarda jadallashdi va mamlakat iqtisodiy rivojlanish strategiyasi bilan chambarchas bog'liq holda olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlar neyron tarmoqlarni milliy iqtisodiyot sharoitlariga moslashtirish, makroiqtisodiy ko'rsatkichlarni bashoratlash hamda moliyaviy barqarorlikni ta'minlash masalalariga qaratilgan.

O'zbekiston olimlari neyron tarmoqlardan foydalanishda asosan iqtisodiy ko'rsatkichlarning murakkab va chiziqli bo'lmagan xususiyatlarini inobatga olib, an'anaviy statistika va regressiya modellarining cheklovlarini bartaraf etishga harakat qilganlar. Valyuta kurslari, inflyatsiya darajasi, hududiy iqtisodiy rivojlanish va moliyaviy risklarni baholash masalalarida neyron tarmoqlar yuqori aniqlikdagi natijalar berishi ilmiy tadqiqotlar orqali asoslab berilgan.

Shuningdek, O'zbekiston olimlarining ishlari sun'iy intellekt texnologiyalarini amaliyotga joriy etish, raqamli iqtisodiyot sharoitida qaror qabul qilish jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Natijada, neyron tarmoqlar respublika miqyosida iqtisodiy tahlil va prognozlashning istiqbolli ilmiy yo'nalishlaridan biri sifatida shakllanmoqda.

Ulug'bek Bekmurodov, Diyora Absalamova, Guzal Absalamova — Valyuta kursi prognozi (2023).Ulug'bek Bekmurodov (Toshkent Davlat Iqtisodiyot Universiteti), Diyora Absalamova va Guzal Absalamova 2023-yilda O'zbekiston iqtisodiy indikatorlarini sun'iy intellekt usullari yordamida bashoratlash bo'yicha ilmiy izlanish olib bordilar. Mazkur tadqiqotda LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmoqlari va Random Forests algoritmlari iqtisodiy ma'lumotlarga qo'llanilib, AQSh dollarining O'zbekiston so'miga nisbatan kursi kabi murakkab vaqt qatorlarini aniqlik bilan prognozlash maqsad qilingan²³.

Mualliflar an'anaviy ekonometrik usullar (masalan, ARIMA) murakkab, chiziqli bo'lmagan vaqt qatorlarini yetarlicha aniqlay olmasligini ta'kidlab, LSTM tarmoqlarining vaqt bo'yicha bog'liqlikni uzoq muddat eslab qolish qobiliyatini MATLAB yoki Python asosidagi amaliy tajribalarda sinab ko'rganlar. LSTM temporal dinamikalarni yaxshiroq aniqlaydi va shuning uchun valyuta kursi kabi noaniq ko'rsatkichlar uchun samaraliroq deb topilgan.

²³ dtai.tsue.uz

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, LSTM modellarining bashorati an'anaviy statistik usullarga nisbatan **yuqori aniqlik va past xato darajasini** ko'rsatgan. Bu esa iqtisodiy barqarorlikni ta'minlash, pul siyosatini shakllantirish va strategik rejalashtirishda samarali instrument sifatida sun'iy intellektning foydaliligini tasdiqlaydi.

Ulug'bek Bekturodov va E. A. Majidov — AQSh dollar/so'm kursi prognozi (2025). Ulug'bek Bekturodov bilan hamkor Toshkent Davlat Iqtisodiyot Universiteti tayanch doktoranti E. A. Majidov 2025-yilda sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) asosida iqtisodiy prognozlashni o'rganib chiqdi. Tadqiqotda aynan LSTM neyron tarmoqlari yordamida AQSh dollari va O'zbekiston so'miga nisbatan kurs prognozi texnik jarayoni batafsil tahlil qilingan.

Mualliflar iqtisodiy ma'lumotlardagi kompleks o'zaro bog'liqliklar va noaniq signallarni aniqlash uchun Sun'iy Neyron Tarmoqlar (xususan LSTM) chuqur o'rganish algoritmlaridan foydalanish zarurligini ta'kidladi. Bu yondashuv, statistik regressiyalarga nisbatan, valyuta kursi prognozida yuqori dinamika va sezgirlikni samarali modellaydi²⁴.

Tadqiqotda LSTM modellarining prognoz natijalari an'anaviy regressiya modellari bilan taqqoslangan va ularning LSTM tarmog'i asosida tuzilgan bashoratlarda sezilarli darajada pastroq xatolik bilan amalga oshirilgani aniqlangan. Bu iqtisodiy barqarorlik, tashqi siyosat va bozor strategiyalarni shakllantirishda yanada sifatli prognozlar imkonini beradi.

Feruza Pulatovna Hamidova va R.M. Ahmedov — Iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash (2023) Feruza Pulatovna Hamidova va R. M. Ahmedov (Namangan Davlat Universiteti) 2023-yilda sun'iy intellektning iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashdagi o'rnini o'rganish bo'yicha maqola yozdilar. Ular tadqiqotda LSTM, ARIMA va Random Forestlar kabi yondashuvlarni solishtirdilar va sun'iy intellekt texnologiyalarining iqtisodiy tahlil zamonaviy jarayonlarida qanchalik samarali ekanini ko'rsatdilar²⁵.

Mualliflar makroiqtisodiy ko'rsatkichlar vaqt bo'yicha o'zgarishining murakkab dinamik modelini tuzishda klassik statistika yetarli bo'lmasligini aniqlab, neyron tarmoqlar (xususan LSTM) yordamida bu murakkab temporal tuzilmalarni model qilishni taklif etdilar. Bashoratlarning aniqligini oshiradi, ammo inson tafakkuri bilan birgalikdagi yondashuvlar ham talab etiladi. Shuningdek, mualliflar iqtisodiy nazariya va mashinalarning o'rganish yondashuvlarini uyg'un ishlatish muhimligini ta'kidladi.

Umid Abdullaevich Otajanov — Hududiy iqtisodiy potentsialni prognozlash (2025). Umid Abdullaevich Otajanov (Toshkent Davlat Iqtisodiyot Universiteti) 2025-yilda O'zbekiston viloyatlari iqtisodiy potentsialini baholash va prognozlashda

²⁴ zamtadqiqot.uz

²⁵ worldlyjournals.com

sun'iy neyron tarmoqlar asosidagi matematik modellarni qo'llash bo'yicha tadqiqot olib bordi. Tadqiqotda NEURAL NETWORK modeli yordamida iqtisodiy barqarorlik va tarmoq strukturasi bo'yicha bashoratlar ishlab chiqildi²⁶

Otajanov murakkab iqtisodiy tizimlar, tarmoq strukturalari va hududlararo farqlarni aniq ko'rsatib berish uchun statistik regressiyalar yetarli emasligini belgilab, neyron tarmoqlarni tanlagan. Shunga ko'ra, neural networklar vaqt qatorlarini ko'p o'zgaruvchan modellar bilan birgalikda tahlil qilish imkonini berdi.

Tadqiqotda neyron tarmoqlar yordamida hududiy iqtisodiy indikatorlar asosida tuzilgan bashoratlar trend va panel metodlari bilan solishtirilganda yuqori mos keluvchi natijalarni bergan. Bu esa hududlararo iqtisodiy barqarorlik va sarmoya yo'naltirilishini yaxshiroq tahlil qilish imkonini yaratdi.

Shu bilan bir qatorda **Avazov Olimjon va Nazarov Fayzullo** ham mashinali o'rganish texnologiyalarini iqtisodiy ko'rsatkichlar tahliliga tatbiq etish bo'yicha izlanish olib borganlar, unda sun'iy intellekt, regressiya, klasterlash kabi yondashuvlar yordamida iqtisodiy jarayonlarning strukturaviy dinamikasi tahlil qilingan. Bu ishlar ham O'zbekiston kontekstida AI va neyron tarmoqlarni iqtisodiy forecastingga qo'llash salohiyatini mustahkamlaydi²⁷.

G'.Sh. Namazovning "Hudud ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ekonometrik modellashtirish va intellektual prognozlash" mavzusidagi dissertatsiyasida hududlarning makroiqtisodiy ko'rsatkichlarini ekonometrik modellar va sun'iy neyron tarmoqlar asosida prognozlashning ilmiy-uslubiy asoslari yoritilgan bo'lib, mazkur tadqiqotda iqtisodiy forecasting tizimlarini ishlab chiqishda muhim nazariy manba sifatida foydalanildi. Dissertatsiyada iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash, neyron tarmoqlar asosida modellashtirish va forecasting algoritmlarini shakllantirish bo'yicha ilgari surilgan ilmiy yondashuvlar Economic Forecast AI platformasini ishlab chiqishda metodologik asos vazifasini bajardi.

O'zbekiston olimlari tomonidan LSTM neyron tarmoqlar iqtisodiy vaqt qatorlarini prognozlashda klassik modellar bilan solishtirganda yuqori aniqlik bergani isbotlandi. Sun'iy intellekt orqali valyuta kursi, real daromad, iqtisodiy potentsial va makro ko'rsatkichlar prognozlarni yaxshilashga muvaffaq bo'ldi. ML va neyron tarmoqlar inson tafakkuri bilan uyg'un integratsiyada iqtisodiy bashoratlarni rivojlantirishi mumkinligi aniqlandi.

Metodologiya: Mazkur tadqiqotda neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanishi, rivojlanish bosqichlari hamda ularning iqtisodiy bashoratlardagi ilmiy va amaliy ahamiyatini o'rganishga qaratilgan kompleks metodologik yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot davomida nazariy va empirik tahlil usullarining uyg'unligi ta'minlandi.

Tadqiqotning nazariy asosini sun'iy neyron tarmoqlar, mashinali o'rganish,

²⁶ ijefm.co.in

²⁷ worldlyjournals.com

chuqur o'rganish (Deep Learning) va iqtisodiy prognozlash sohasida faoliyat olib borgan xorijiy hamda mahalliy olimlarning ilmiy ishlari tashkil etdi. Xususan, Warren McCulloch, Walter Pitts, Donald Hebb, Frank Rosenblatt, Geoffrey Hinton, Sepp Hochreiter, Boris Oreshkin, Wei Huang, Timo Terasvirta hamda O'zbekiston olimlarining ilmiy qarashlari o'rganildi va tizimli ravishda tahlil qilindi.

Tadqiqot jarayonida tarixiy-tahliliy usuldan foydalanilib, neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanish bosqichlari, biologik neyronlardan sun'iy neyron modellargacha bo'lgan evolyutsion rivojlanish jarayoni o'rganildi. Shuningdek, 1943-yildagi Makkallok va Pitts modeli, Hebb qoidasi, perseptron modeli, Backpropagation algoritmi, LSTM va Deep Learning texnologiyalarining rivojlanish bosqichlari ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi.

Tadqiqotda qiyosiy tahlil usuli ham qo'llanildi. Ushbu usul yordamida an'anaviy ekonometrik modellar (ARIMA, regressiya modellari va boshqa statistik usullar) bilan sun'iy neyron tarmoqlarning prognozlash imkoniyatlari o'zaro solishtirildi. Taqqoslash jarayonida modellarning moslashuvchanligi, nolinear bog'liqliklarni aniqlash qobiliyati, prognoz aniqligi va katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash samaradorligi asosiy mezon sifatida tanlandi.

Bundan tashqari, ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish (Systematic Literature Review) usulidan foydalanildi. Mazkur yondashuv orqali xorijiy, MDH davlatlari va O'zbekiston olimlarining iqtisodiy prognozlashda neyron tarmoqlardan foydalanish bo'yicha ilmiy ishlari o'rganildi hamda ularning asosiy ilmiy natijalari umumlashtirildi.

Tadqiqotning axborot bazasini xalqaro ilmiy maqolalar, monografiyalar, dissertatsiyalar, Stanford AI Index hisobotlari, McKinsey & Company tahliliy materiallari, shuningdek O'zbekiston Respublikasining sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirishga oid normativ-huquqiy hujjatlari tashkil etdi.

Tadqiqot natijalarini shakllantirishda umumlashtirish, mantiqiy tahlil, ilmiy abstraksiyalash va xulosa chiqarish usullaridan foydalanildi. Ushbu metodologik yondashuv neyron tarmoqlar nazariyasining iqtisodiy bashoratlashdagi o'rnini va istiqbollarni kompleks baholash imkonini berdi.

Muhokama va natijalar: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sun'iy neyron tarmoqlar zamonaviy iqtisodiy bashoratlash tizimlarida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan intellektual texnologiyalardan biri hisoblanadi. Adabiyotlar tahlili natijasida neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanishi biologik neyronlar faoliyatini modellashtirishga asoslanganligi va ushbu yondashuvning keyinchalik sun'iy intellektning mustaqil ilmiy yo'nalishiga aylangani aniqlandi.

Neyron tarmoqlarning rivojlanish bosqichlari tahlili shuni ko'rsatdiki, 1943-yilda Warren McCulloch va Walter Pitts tomonidan yaratilgan dastlabki sun'iy neyron

modeli keyingi tadqiqotlar uchun nazariy poydevor vazifasini bajargan. Donald Hebb tomonidan taklif etilgan o'rganish qoidasi, Frank Rosenblatt tomonidan ishlab chiqilgan perceptron modeli hamda 1986-yilda yaratilgan Backpropagation algoritmi neyron tarmoqlarning amaliy qo'llanilish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirgan.

Tadqiqot davomida xorijiy olimlarning ishlari tahlil qilinganda, neyron tarmoqlar iqtisodiy va moliyaviy ko'rsatkichlarni prognozlashda an'anaviy ekonometrik modellar bilan solishtirganda yuqoriroq aniqlik darajasini namoyon qilishi aniqlandi. Xususan, Wei Huang tadqiqotlarida sun'iy neyron tarmoqlar valyuta kurslari va fond bozori indekslarini prognozlashda ARIMA modellariga nisbatan samaraliroq natijalar bergan. Timo Terasvirta tadqiqotlari esa iqtisodiy sikllar va nolinear bog'liqliklarni aniqlashda neyron tarmoqlarning afzalligini ko'rsatib berdi.

Tahlil natijalariga ko'ra, rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) va Long Short-Term Memory (LSTM) modellarining iqtisodiy vaqt qatorlarini prognozlashdagi imkoniyatlari ayniqsa yuqori ekanligi kuzatildi. Ushbu modellar vaqt bo'yicha uzoq muddatli bog'liqliklarni saqlab qolish qobiliyatiga ega bo'lib, inflyatsiya darajasi, valyuta kurslari, foiz stavkalari va makroiqtisodiy ko'rsatkichlarni bashoratlashda keng qo'llanilmoqda.

Deep Learning texnologiyalarining rivojlanishi natijasida neyron tarmoqlarning iqtisodiy tahlildagi ahamiyati yanada ortdi. Big Data texnologiyalari va yuqori unumdor hisoblash tizimlari bilan integratsiyalashgan neyron tarmoqlar katta hajmdagi iqtisodiy ma'lumotlarni tezkor qayta ishlash va prognozlash imkoniyatini yaratdi. Natijada iqtisodiy qarorlar qabul qilishda ma'lumotlarga asoslangan yondashuvlarning samaradorligi oshdi.

MDH davlatlari va O'zbekiston olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlar ham neyron tarmoqlarning iqtisodiy prognozlashdagi ustunligini tasdiqlaydi. Xususan, O'zbekiston olimlari tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda LSTM modellarining valyuta kurslari, hududiy iqtisodiy rivojlanish ko'rsatkichlari hamda makroiqtisodiy indikatorlarni prognozlashda an'anaviy statistik usullarga nisbatan yuqori aniqlik ko'rsatishi aniqlangan.

Olib borilgan tahlillar natijasida iqtisodiy bashoratlashda sun'iy neyron tarmoqlardan foydalanishning quyidagi afzalliklari aniqlandi:

- murakkab va nolinear bog'liqliklarni aniqlash imkoniyati;
- katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash qobiliyati;
- o'z-o'zini o'rganish va moslashuvchanlik xususiyati;
- prognoz aniqligining yuqoriligi;
- iqtisodiy qarorlarni ilmiy asoslash imkoniyati.

Shu bilan birga, neyron tarmoqlarni qo'llashda katta hajmdagi sifatli ma'lumotlar bazasiga ehtiyoj, yuqori hisoblash resurslari talabi va ayrim hollarda model natijalarini

iqtisodiy jihatdan izohlash murakkabligi kabi muammolar ham mavjudligi aniqlandi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari sun'iy neyron tarmoqlar zamonaviy iqtisodiy bashoratlash tizimlarining muhim elementi ekanligini hamda ularni iqtisodiy tahlil va boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonlariga keng joriy etish maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi.

Xulosa: Mazkur tadqiqotda neyron tarmoqlar nazariyasining shakllanish va rivojlanish bosqichlari hamda ularning iqtisodiy bashoratlashdagi ilmiy va amaliy ahamiyati o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sun'iy neyron tarmoqlar biologik neyronlar faoliyatini modellashtirish asosida yaratilgan bo'lib, bugungi kunda sun'iy intellektning eng muhim va istiqbolli yo'nalishlaridan biriga aylangan.

Ilmiy adabiyotlar tahlili natijasida neyron tarmoqlar rivojlanishining asosiy bosqichlari, jumladan, Makkalok va Pitts modeli, Hebb qoidasi, perseptron modeli, Backpropagation algoritmi, rekurrent neyron tarmoqlar, LSTM va Deep Learning texnologiyalarining shakllanishi hamda takomillashuvi tadqiq qilindi. Ushbu yondashuvlar neyron tarmoqlarning nazariy asoslarini mustahkamlash bilan bir qatorda, ularni amaliy masalalarni hal etishga moslashtirish imkonini berganligi aniqlandi.

Tadqiqot davomida xorijiy, MDH davlatlari va O'zbekiston olimlarining ilmiy ishlari tahlil qilinib, neyron tarmoqlar iqtisodiy va moliyaviy ko'rsatkichlarni prognozlashda an'anaviy ekonometrik modellar bilan taqqoslaganda yuqori aniqlik darajasini ta'minlashi asoslab berildi. Ayniqsa, LSTM va boshqa chuqur o'rganish modellarining vaqt qatorlarini tahlil qilish va uzoq muddatli bog'liqliklarni aniqlashdagi samaradorligi yuqori ekanligi qayd etildi.

Shuningdek, neyron tarmoqlar katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash, murakkab va nolinear bog'liqliklarni aniqlash, iqtisodiy jarayonlarning yashirin qonuniyatlarini ochib berish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash imkoniyatiga ega ekanligi aniqlandi. Bu esa ularning iqtisodiy bashoratlash tizimlarida qo'llanilish istiqbollari keng ekanligini ko'rsatadi.

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, iqtisodiy tahlil va prognozlash jarayonlarida sun'iy neyron tarmoqlardan foydalanishni kengaytirish, ularni katta ma'lumotlar texnologiyalari bilan integratsiyalash hamda iqtisodiy boshqaruv tizimlariga joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Kelgusida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashda zamonaviy Deep Learning va generativ sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarning muhim istiqbollariidan biri bo'lib xizmat qiladi.

Shunday qilib, neyron tarmoqlar nazariyasi va uning iqtisodiy bashoratlashdagi qo'llanilishi zamonaviy raqamli iqtisodiyot sharoitida ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etib, iqtisodiy rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqish hamda samarali boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim vosita sifatida namoyon bo'lmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Stanford University. AI Index Report 2022. – Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI), 2022.
2. McKinsey & Company. The State of AI Report 2022. – McKinsey Global Institute, 2022.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarori.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 22-oktabrdagi PF-189-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini yanada rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni.
5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarori.
6. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. 3rd Edition. – New Jersey: Prentice Hall, 2009.
7. McCulloch W., Pitts W. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity // Bulletin of Mathematical Biophysics. – 1943. – Vol. 5. – P. 115–133.
8. Hebb D.O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. – New York: Wiley, 1949.
9. Rosenblatt F. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain // Psychological Review. – 1958. – Vol. 65. – No. 6. – P. 386–408.
10. Minsky M., Papert S. Perceptrons. – Cambridge: MIT Press, 1969.
11. Rumelhart D., Hinton G., Williams R. Learning Representations by Back-Propagating Errors // Nature. – 1986. – Vol. 323. – P. 533–536.
12. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9. – No. 8. – P. 1735–1780.
13. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.
14. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2012.
15. Terasvirta T. Specification, Estimation and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models // Journal of the American Statistical Association. – 1994. – Vol. 89. – No. 425.
16. Huang W., Nakamori Y., Wang S.Y. Forecasting Stock Market Movement Direction with Support Vector Machine // Computers & Operations Research. – 2005. – Vol. 32. – No. 10.

17. Nakamori Y. Knowledge Science: Modeling the Knowledge Creation Process. – Boca Raton: CRC Press, 2011.
18. Oreshkin B.N., Carpov D., Chapados N., Bengio Y. N-BEATS: Neural Basis Expansion Analysis for Interpretable Time Series Forecasting // International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2020.
19. Bekmurodov U., Absalamova D., Absalamova G. Economic Forecasting Using Artificial Intelligence Models and Algorithms in the Case of Uzbekistan // Digital Transformation and Artificial Intelligence. – 2023.
20. Hamidova F.P., Ahmedov R.M. Sun'iy intellekt yordamida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash usullari // Ilmiy tadqiqotlar va innovatsiyalar jurnali. – 2023.
21. Kazarinova E.B. Application of LSTM and GRU Models in Macroeconomic Forecasting // Economic Systems Research. – 2025.
22. Tyshchenko V., Achkasova S., Naidenko O. Cryptocurrency Price Forecasting Using Recurrent Neural Networks // Kharkiv National Economic University Scientific Bulletin. – 2023.
23. Drozdovskaya P.K., Sikolenko M.A., Kachuk I.A. Neural Networks for Time Series Forecasting: Currency Exchange Rate Prediction // Belarus State University Scientific Proceedings. – 2024.
24. Dubovitskiy D.S. Forecasting Financial Time Series Using RNN, LSTM and GRU Models // Applied Informatics Journal. – 2020–2025.
25. Bekmurodov U., Majidov E.A. Big Data va Sun'iy Intellekt Asosida Valyuta Kurslarini Prognozlash // Zamonaviy Tadqiqotlar Jurnali. – 2025.