

## **QAT'IYMAS NEYRON TO'RLAR: MAMDANI QAT'IYMAS MANTIQIY XULOSASI, SUGENO QAT'IYMAS MANTIQIY XULOSASI**

**Farmonov Sherzodbek Rakhmonzhonovich**

Farg'ona davlat universiteti katta o'qituvchi

**Ergashaliyeva Barno Zafarjon qizi**

Farg'ona davlat universiteti 2-kurs talabasi,

ergashaliyevabarno@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11195783>

**Annotatsiya:** Ushbu maqola, qat'iymas mantiq va neyrontarmoqlarning zamonaviy texnologiyalar rivojida tutgan o'rni hamda ularning turli sohalardagi qo'llanilishini o'rganadi. Maqola qat'iymas mantiqning asosiy tushunchalari, uning sun'iy intellekt va neyrontarmoqlar bilan integratsiyasi, shuningdek, Mamdani va Sugeno usullarining tuzilishi va ishlash prinsiplarini tahlil qiladi. Bundan tashqari, qat'iymas neyrontarmoqlarning afzalliklari va cheklovlarini, ularning amaliy qo'llanilishi va muammolarini hal qilishdagi samaradorligini muhokama qiladi. Maqola, kelajakdagi ilmiy tadqiqotlar va rivojlanish istiqbollari baholaydi. Bu orqali qat'iymas mantiq va neyrontarmoqlarning texnologik innovatsiyalardagi muhim rolini namoyish etadi. Ushbu maqola qat'iymas mantiq va neyrontarmoqlar sohasida izlanayotgan olimlar, muhandislar va texnologiya sohasidagi mutaxassislar uchun mo'ljallangan bo'lib, ular uchun qimmatli ma'lumot va tushunchalar manbai bo'lib xizmat qilishi mumkin.

**Kalit So'zlar:** Qat'iymas mantiq, neyrontarmoqlar, sun'iy intellekt, Mamdani usuli, Sugeno usuli, qat'iymas neyron tarmoqlari, qaror qabul qilish, sanoat avtomatlashtirish, tibbiy diagnostika, tekshiruv tizimlari, amaliy qo'llanilish, texnologik innovatsiyalar

Sun'iy intellekt sohasi, inson aqlining ba'zi jihatlari va qobiliyatlarini model qilish va sun'iy vositalar orqali takrorlashga qaratilgan ilmiy va texnik tadqiqotlar majmui hisoblanadi. Sun'iy intellektning rivojlanish tarixi XX asrning o'rtalariga borib taqaladi. Dastlabki tadqiqotchilar mashinalarni o'rganish va muammolarni hal qilish qobiliyatini berishni maqsad qilganlar. Alan Turingning mashhur "Turing Testi" sun'iy intellektning intellektual qobiliyatini sinovdan o'tkazish mezonini belgilab berdi va shu tariqa ushbu soha jiddiy ilmiy tadqiqotlar maydoniga aylandi.

Neyrontarmoqlar, o'z navbatida miyaning neyronlararo aloqalarini taqlid qilish orqali ishlaydigan matematik va dasturiy modellardir. Bu tarmoqlar ma'lumotlarni qayta ishlash va o'rganish qobiliyatiga ega bo'lib, tasvirni tanish,

tilni qayta ishlash, va prognoz qilish kabi murakkab vazifalarni bajarishda keng qo'llaniladi.

Qat'iymas mantiq esa an'anaviy mantiqning cheklanganligini yengish maqsadida yaratilgan. Ushbu mantiq tizimi aniq haqiqat va yolg'onlik qiymatlari o'rniga, haqiqatning darajalarini qabul qiladi. Bu esa real dunyodagi noaniq va o'zgaruvchan vaziyatlarni modellashtirishda juda foydali bo'ladi.

Maqolaning asosiy maqsadi sun'iy intellektning bu ikki muhim qismi — neyrontarmoqlar va qat'iymas mantiq o'rtasidagi aloqani o'rganish va ularning amaliyotdagi qo'llanilish sohasini tahlil qilishdir. Biz qat'iymas neyron tarmoqlari va ularning Mamdani hamda Sugeno usullari orqali qanday qilib murakkab muammolarni hal qila olishini ko'rib chiqamiz. Ushbu maqola, o'quvchilarga ushbu texnologiyalar va ularning amaliy ahamiyatini chuqurroq tushunish imkonini beradi va kelajakdagi ilmiy-tadqiqot ishlariga yo'naltirilgan ma'lumotlar asosida fikr yuritishga yordam beradi.

Qat'iymas mantiq nima va u qanday paydo bo'lgan?

Qat'iymas mantiq, an'anaviy ikkilik (binary) mantiq tizimining cheklovlarini yengish uchun yaratilgan mantiqiy yondashuvdir. Bu tizim Lotfi Zadeh tomonidan 1965 yilda taqdim etilgan bo'lib, real dunyodagi noaniqliklar va murakkabliklarni aniqroq modellashtirishga imkon beradi. Qat'iymas mantiq, aniq "ha" yoki "yo'q" qiymatlariga bog'liq bo'lmagan, balki qiymatlarning davomli spektrini qabul qiladi. Bu yondashuv, aniq haqiqat va yolg'onlik tushunchalariga qo'shimcha ravishda, qiymatlar orasidagi kechish darajalarini ham ifodalay oladi.

Qat'iymas to'plamlar va ularning matematik asoslari:

Qat'iymas to'plamlar qat'iymas mantiqning asosiy tushunchalaridan biridir. Bu to'plamlar har bir elementning to'plamga mansubiyat darajasini ifodalovchi a'zolik funksiyalari yordamida aniqlanadi. A'zolik funksiyasi har bir element uchun 0 dan 1 gacha bo'lgan qiymatni qabul qiladi, bu esa elementning to'plamga qanchalik "mos" yoki "mos emasligini" ko'rsatadi. Matematik jihatdan qat'iymas to'plam  $A$  quyidagicha ifodalanadi:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

bu yerda  $\mu_A(x)$  bu elementning  $x$  to'plam  $A$  ga a'zolik funksiyasidir va  $X$  bu barcha mumkin bo'lgan qiymatlar to'plamidir.

Qat'iymas mantiqning an'anaviy mantiqdan farqlari:

An'anaviy mantiqda har bir ifoda "rostdir" yoki "yolg'onidir" deb baholanadi. Biroq, qat'iymas mantiq bu chegaralarni yoyadi va murakkabroq ifodalarni qabul qilish imkoniyatini beradi. Masalan, agar biz "bugun havo issiq" degan

iborani oladigan bo'lsak, an'anaviy mantiqda bu ibora faqat ikki holatda bo'lishi mumkin: to'liq rost yoki to'liq yolg'on. Qat'iymas mantiqda esa, bu ifoda bir qator qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Masalan, "biroz issiq", "o'rtacha issiq", "juda issiq" kabi har biri uchun a'zolik darajasi bilan.

Qat'iymas mantiqning bu xususiyatlari uni real dunyo sharoitlarini modellashtirishda juda qimmatli qiladi. Bu ayniqsa iqlim o'zgarishlari, moliyaviy bozorlarning prognoz qilinishi, sanoat jarayonlarining boshqarilishi va hatto robototexnika kabi sohalarda qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega. Qat'iymas mantiq shubhali yoki noaniq ma'lumotlar bilan ishlashda an'anaviy mantiqqa qaraganda ko'proq moslashuvchanlik va samaradorlikni ta'minlaydi.

Qat'iymas neyron tarmoqlarining tuzilishi va ishlash prinsiplari:

Qat'iymas neyron tarmoqlari, an'anaviy neyron tarmoqlarining prinsiplarini qat'iymas mantiq bilan birlashtirgan holda ishlaydi. Bu tarmoqlar, o'zlarining tuzilishi va ishlash prinsiplari jihatidan sun'iy neyronlardan tashkil topgan bo'lib, har bir neyron ma'lum bir kirish signallarini qabul qiladi va chiqish signalini beradi. Biroq, qat'iymas neyron tarmoqlarida har bir neyronning vazifasi qat'iymas mantiqiy operatorlar (masalan, VA, YOKI va EMAS) orqali boshqariladi va neyronlararo aloqalar qat'iymas mantiq asosida tartibga solinadi.

Har bir qat'iymas neyron odatda bir nechta kirishlarni qabul qiladi va har bir kirish uchun qat'iymas a'zolik funksiyasi qo'llaniladi. Bu a'zolik funksiyalari, kirish qiymatlarining neyron chiqishiga ta'sir darajasini aniqlaydi. Neyronlar orasidagi vaznlar esa bu kirish signallarining qo'shilish darajasini belgilaydi va tarmoqning umumiy chiqish qiymati qat'iymas aggregatsiya usullari orqali hisoblanadi.

Qat'iymas neyron tarmoqlarining afzalliklari va cheklovlarini tushuntirish  
Afzalliklari:

Noaniqliklar bilan ishlash qobiliyati: Qat'iymas neyron tarmoqlari noaniq yoki yetarli darajada aniqlanmagan ma'lumotlar bilan samarali ishlay oladi. Bu esa ularni murakkab real dunyo muammolarini hal qilishda juda foydali qiladi.

Ular turli xil vaziyatlarga moslasha oladilar va o'zgaruvchan muhitlarda ham ishonchli natijalarni taqdim etadilar.

Qat'iymas neyron tarmoqlari ko'rgan narsalaridan o'rganib, yangi ko'rmagan holatlarga umumlashtira oladilar.

Qat'iyimas neyron tarmoqlari an'anaviy neyron tarmoqlariga qaraganda murakkabroq bo'lishi mumkin, bu esa ularni tushunish va amalga oshirishni qiyinlashtiradi.

Bu tarmoqlar ko'proq hisoblash quvvatini talab etishi mumkin, ayniqsa katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlaganda.

Qat'iyimas tarmoqlarning parametrlarini optimallashtirish an'anaviy tarmoqlarnikiga qaraganda qiyinroq bo'lishi mumkin.

Amaliy misollar bilan qat'iyimas neyron tarmoqlarini tushuntirish.

Qat'iyimas neyron tarmoqlari avtomatik boshqaruv tizimlarida keng qo'llaniladi. Masalan, avtomobil o't oldirish tizimi harorat va oksigen darajasini kuzatib borish uchun qat'iyimas neyron tarmoqlaridan foydalanadi. Tarmoq harorat va oksigen darajasiga asoslanib, yonish jarayonini optimallashtirish uchun kerakli o't oldirish vaqtini aniqlaydi.

Qat'iyimas neyron tarmoqlari moliyaviy bozorlarni tahlil qilishda ham qo'llaniladi. Ular narxlar o'zgarishini, sotib olish yoki sotish signallarini prognoz qilishda ishlatiladi. Bu esa investorlarga qaror qabul qilishda yordam beradi.

Tibbiy sohada qat'iyimas neyron tarmoqlari turli kasalliklarni aniqlashda foydalaniladi. Misol uchun, qat'iyimas tarmoq qon tahlillarini tahlil qilib, diabet yoki boshqa kasalliklarning borligi haqida xulosalar chiqarishi mumkin.

Qat'iyimas neyron tarmoqlari shu kabi turli sohalarda keng qo'llanilib, ularning afzalliklari tufayli murakkab muammolarni samarali hal qilishda muhim rol o'ynaydi.

### **Mamdani usulining tuzilishi va qoidalari**

Mamdani usuli qat'iyimas mantiqni qo'llagan holda ishlovchi birinchi va eng mashhur xulosa tizimidir. Bu usul professor Ebrahim Mamdani va uning hamkasbi Sedrak Assilian tomonidan 1975 yilda ishlab chiqilgan. Mamdani usulining asosiy maqsadi murakkab muhitlarda boshqaruv qarorlarini qabul qilishni soddalashtirishdir.

Mamdani usuli quyidagi asosiy komponentlardan iborat:

1. Kirish va chiqish to'plamlari: Har bir kirish va chiqish o'zgaruvchi uchun qat'iyimas to'plamlar aniqlanadi. Bu to'plamlar ma'lum bir xususiyatning turli darajalari, masalan, "past", "o'rta", va "yuqori" kabi qiymatlarni ifodalaydi.

2. Qoidalarning bazasi: Bu, "agar ... bo'lsa, unda ..." shaklidagi qoidalarni o'z ichiga oladi. Har bir qoida kirish o'zgaruvchilarining kombinatsiyasi va ularga javoban amalga oshiriladigan chiqishlarni ta'riflaydi.

3. Inferensiya mexanizmi: Bu mexanizm berilgan kirish qiymatlari uchun qoidalarni baholaydi va ularning har biri uchun qat'iymas chiqish to'plamlarini generatsiya qiladi.

4. Defuzzifikatsiya: Qat'iymas chiqishlarni aniq qiymatlarga aylantirish jarayoni. Defuzzifikatsiya ko'pincha "og'irlik markazi" usuli orqali amalga oshiriladi, bu chiqish to'plamining og'irlik markazini hisoblab chiqadi va shu qiymatni yakuniy chiqish sifatida qaytaradi.

Mamdani usulining qo'llanilish sohalari va amaliy misollar:

Mamdani usuli keng qo'llaniladigan bir nechta sohalarni o'z ichiga oladi:

Avtomatik boshqaruv tizimlari: Masalan, suv sathini nazorat qilish tizimlarida Mamdani usuli suv sathining o'zgarishlarini nazorat qilish uchun ishlatiladi. Qoidalar suv sathining ma'lum darajasiga ko'ra to'g'ri choralarni belgilaydi.

Robototexnika: Robotlar uchun qaror qabul qilish jarayonlarida Mamdani usuli atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirlashuvni optimallashtirishda foydalaniladi.

Energiya boshqarish tizimlari: Elektr ta'minoti tizimlarida yukni boshqarishda Mamdani usuli qo'llaniladi, bu orqali elektr ta'minotining samaradorligi oshiriladi.

Mamdani usulining afzalliklari va kamchiliklari:

Afzalliklari:

Intuitivlik va foydalanuvchiga do'stlik: Mamdani usuli inson tafakkuri tarzidagi qoidalarni qo'llaydi, bu esa uning tushunilishini va qo'llanilishini osonlashtiradi.

Moslashuvchanlik: Har xil sohalarga va turli xil muammolarga moslasha oladi.

Kuchli robustlik: Noaniq va kam ma'lumotli muhitlarda ham yaxshi ishlaydi.

Kamchiliklari:

Hisoblash resurslari: Defuzzifikatsiya jarayoni ko'p hisob-kitoblarni talab qiladi, bu esa real vaqt rejimida ishlashni sekinlashtirishi mumkin.

Optimallashtirish qiyinliklari: Tizimni sozlash va uni optimal ishlashini ta'minlash uchun ko'p tajribalar va muhandislik ko'nikmalarini talab qiladi.

Mamdani usuli qat'iymas mantiqning eng mashhur va samarali amaliyotlaridan biri hisoblanadi. Uning yordami bilan turli xil muammolarni hal qilish mumkin, bu esa uning qo'llanilish doirasini kengaytiradi.

**Sugeno qat'iymas mantiqiy xulosasi**

Sugeno usulining tuzilishi va matematik modellari:

Sugeno usuli, shuningdek, TakagiSugenoKang (TSK) usuli sifatida ham tanilgan. 1985 yilda Michio Sugeno tomonidan ishlab chiqilgan. Bu usul, Mamdani usuli singari, qat'iyas mantiqdan foydalanadi, ammo uning chiqish qiymatlari qat'iyas to'plamlar o'rniga matematik funksiyalarga asoslanadi. Bu funksiyalar kirish qiymatlariga bog'liq bo'lib, chiqishlar ularning yordamida to'g'ridan-to'g'ri hisoblanadi.

Sugeno usulida har bir qoida quyidagi shaklda ifodalanadi:

Agar  $x_1$  va  $x_2$  bo'lsa, unda  $y = f(x_1, x_2)$ ,

bu yerda  $f(x_1, x_2)$ , kirishlar  $x_1$  va  $x_2$  ga bog'liq ravishda chiqish  $y$  ni hisoblaydigan matematik funksiya.

Inferensiya jarayoni: Sugeno usulida inferensiya jarayoni Mamdani usuliga o'xshash, lekin bu yerda chiqish qiymatlari qat'iyas funksiyalardan emas, balki qoidalarga muvofiq tanlangan funksiyalar yordamida to'g'ridan-to'g'ri hisoblanadi. Bu usulda defuzzifikatsiya jarayoni talab qilinmaydi, chunki chiqishlar allaqachon aniq qiymatlardir.

Sugeno usulining qo'llanilish sohalari va amaliy misollar.

Avtomobil yo'l harakati nazorati: Sugeno usuli yo'l harakatini nazorat qilish tizimlarida ishlatiladi, masalan, chiroqlar vaqti va harakat tezligini optimallashtirish uchun. Bu usul yordamida trafik oqimini samarali boshqarish mumkin.

Energiya istemoli optimizatsiyasi: Uy va binolarda energiya iste'molini optimallashtirish uchun Sugeno usuli qo'llaniladi. Masalan, harorat va yorug'lik darajasiga asoslangan holda isitish va yoritish tizimlarini avtomatik sozlash.

Sanoat jarayonlari: Sugeno usuli sanoat ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilishda ishlatiladi. Masalan, kimyoviy moddalarning aralashmasi yoki haroratni nazorat qilish tizimlarida.

Sugeno usuli va Mamdani usulining taqqoslanishi.

Afzalliklari va kamchiliklari:

Hisoblash tezligi: Sugeno usuli, Mamdani usuliga qaraganda tezroq ishlaydi, chunki bu yerda defuzzifikatsiya jarayoni kerak emas, bu esa real vaqqli ilovalar uchun juda foydali.

Matematik ifodalash: Sugeno usulida chiqishlar matematik funksiyalar yordamida ifodalanadi, bu esa modellashtirishni aniqroq va moslashuvchan qiladi.

Kamchiliklari:

Murakkablik: Sugeno usuli ko'pincha murakkabroq matematik modellarni talab qiladi, bu esa uning tushunilishini va amalga oshirilishini qiyinlashtirishi mumkin.

Intuitiv tushunish qiyinligi: Mamdani usuliga nisbatan Sugeno usulining qoidalari intellektual jihatdan kamroq intuitiv bo'lishi mumkin, chunki ular to'g'ridan-to'g'ri matematik funksiyalar bilan ishlaydi.

Sugeno usuli Mamdani usuli bilan solishtirganda, qaror qabul qilishda tezkorlik va aniqlikni ta'minlaydi. Bu uni real vaqtli va yuqori samaradorlikni talab qiladigan ilovalarda afzal qiladi. Har ikkala usul ham o'zining qo'llanish sohaslariga ega bo'lib, muayyan muammolarni hal qilishda o'zining noyob yondashuvlarini taklif etadi.

### **Qat'iyas mantiqning amaliy qo'llanilishi.**

Qat'iyas mantiqning turli sohalarda qo'llanilishi. Qat'iyas mantiqning murakkab muammolarni hal qilishdagi qobiliyati uni ko'plab sohalarda qo'llanilishini ta'minlaydi. Qat'iyas mantiq, aniq va noaniq ma'lumotlar bilan ishlash qobiliyati tufayli keng qamrovli ilovalarda muhim ahamiyatga ega.

Sanoat avtomatlashtirish:

Sanoat avtomatlashtirishda qat'iyas mantiq, ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va optimallashtirishda keng qo'llaniladi. Masalan, qat'iyas mantiq yordamida ishlab chiqarish liniyalaridagi robotlarning harakatini nazorat qilish, mahsulot sifatini baholash va xavfsizlikni ta'minlash tizimlarini yaxshilash mumkin. Bu usul shuningdek, turli sensorlardan keladigan ma'lumotlarni qayta ishlashda ham qo'llaniladi, bu esa aniq va tezkor qarorlar qabul qilishni ta'minlaydi.

Muhandislikda qat'iyas mantiq, masalan, ko'priklar va binalarning chidamliligini baholashda qo'llaniladi. Qat'iyas mantiq yordamida muhandislar turli omillar — masalan, ob-havo sharoitlari, materiallarning sifati va qurilish usullarining ta'sirini hisobga olishadi. Bu usul, shuningdek, yo'l qurilishi va suv ta'minoti tizimlarini loyihalashda ham foydalaniladi.

Tibbiy sohada qat'iyas mantiq, kasalliklarni aniqlash va davolash protseduralarini optimallashtirishda muhim rol o'ynaydi. Masalan, qat'iyas mantiq yordamida onkologik kasalliklarning rivojlanish darajasini baholash yoki diabet kabi surunkali kasalliklar uchun davolash rejimlarini belgilash mumkin. Qat'iyas mantiq, bemorlarning turli klinik ko'rsatkichlarini qayta ishlash orqali aniqroq diagnostika va shaxsiylashtirilgan davolash taklif etadi.

Muammolarni hal qilishda qat'iyas mantiqning rol va samaradorligi:

Qat'iyas mantiqning asosiy ustunligi — bu uning noaniqliklar va qarama-qarshiliklar bilan samarali ishlay olish qobiliyatidir. An'anaviy mantiq modellari faqat aniq va keskin chegaralangan holatlarda ishlaydi. Qat'iyas

mantiq esa bu chegaralarni yoyadi va real dunyodagi murakkab vaziyatlarni yaxshiroq modellashtirish imkonini beradi.

Qat'iymas mantiq, qaror qabul qilish jarayonlarida muhim rol o'ynaydi, chunki u turli xil ma'lumotlar va omillarni hisobga olgan holda eng maqbul yechimlarni taqdim etadi. Bu ayniqsa, cheklangan resurslar bilan ishlashda yoki xavfsizlik talablari yuqori bo'lgan sohalarida qo'llaniladi.

Qat'iymas mantiqning yana bir muhim qo'llanilishi — bu turli jarayonlarni optimallashtirish. U masalan, energiya sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish yoki transport tizimlarini samarali boshqarish kabi vazifalarda ishlatiladi.

Qat'iymas mantiqning moslashuvchanligi unga turli xil muhit va sharoitlarga tezkor moslashish imkonini beradi. Bu xususiyat uni global iqtisodiyot va ekologiya o'zgarishlari sharoitida ayniqsa qimmatli qiladi.

Qat'iymas mantiqning amaliy qo'llanilishi juda keng va uning yordamida murakkab muammolarni samarali hal qilish mumkin. Ushbu yondashuv, o'zining noyob xususiyatlari tufayli, turli sohalarida qaror qabul qilish va muammolarni hal qilishda ishonchli vosita sifatida tan olingan.

Xulosa: Qat'iymas mantiq va neyrontarmoqlar zamonaviy texnologiyalarni rivojlantirishda muhim o'rinni egallaydi. Ushbu yondashuvlar murakkab muammolarni samarali hal qilish, yangi texnologiyalar yaratish va ilmiy-texnik taraqqiyotni tezlashtirishga yordam beradi. Qat'iymas mantiq real dunyodagi noaniqliklarni boshqarishda samarali bo'lsa, neyrontarmoqlar ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish va o'rganish qobiliyati bilan ajralib turadi. Kelajakdagi tadqiqotlar ushbu tizimlarni yanada integratsiyalashuviga, yangi algoritmlar ishlab chiqishga va qo'llanilish sohalarini kengaytirishga qaratilgan. Bu integratsiya, masalan, avtonom transport, avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish tizimlari va tibbiy davolash sohalarida tobora ko'proq qo'llanilmoqda. Qat'iymas mantiq va neyrontarmoqlar texnologik innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlarni shakllantirishda asosiy kuchga aylanishda davom etadi.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Zadeh, L. A. "Fuzzy sets." Information and control 8.3 (1965): 338-353.
2. Mamdani, E. H., and S. Assilian. "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller." International Journal of ManMachine Studies 7.1 (1975): 113.
3. Sugeno, M., and G. T. Kang. "Structure identification of fuzzy model." Fuzzy Sets and Systems 28.1 (1988): 1533.
4. Jang, J.S. R. "ANFIS: adaptive network based fuzzy inference system." IEEE transactions on systems, man, and cybernetics 23.3 (1993): 665-685.

5. Ross, T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. Wiley, 2010.
6. Nguyen, H. T., Walker, E. A. A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics: Theory and Applications. Springer, 2017.
7. Nurmatovich, T. I. (2024). Bir qatlamli va ko 'p qatlamli neyron to 'rlari. ILM FAN XABARNOMASI, 1(1), 190-191.
8. Nurmatovich, T. I., & Kudratullo o'g, K. U. B. (2024). THE EVOLUTION OF AI: FROM EARLY CONCEPTS TO MODERN BREAKTHROUGHS. Лучшие интеллектуальные исследования, 20(2), 42-46.
9. Tojimamatov, I., & G'ulomjonova, S. (2024). NEYRO KOMPYUTERLAR VA ULARNING ARXITEKTURASI. Development of pedagogical technologies in modern sciences, 3(6), 10-16.
10. Tojimamatov, I., & Jo'rayeva, M. (2024). BOLSMAN MASHINASI VA UNING AHAMIYATI. Development and innovations in science, 3(4), 154-160.
11. Nurmatovich, T. I., & Nozimaxon, E. (2024). Chiqish qatlami vaznlarni sozlash va xatoliklarni teskari tarqalishi algoritmi. ILM FAN XABARNOMASI, 1(1), 29-35.
12. Tojimamatov, I., & Ismoiljonova, O. (2024). BIR QATLAMLI PERCEPTRONNI O 'QITISH. Академические исследования в современной науке, 3(12), 153-158.
13. Nurmatovich, T. I. (2024, April). BIR QATLAMLI PERCEPTRONNI O 'QITISH. In " CANADA" INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEVELOPMENTS IN EDUCATION, SCIENCES AND HUMANITIES (Vol. 17, No. 1).
14. Nurmatovich, T. I. (2024, April). SUN'IY NEYRONNING MATEMATIK MODELI HAMDA FAOLLASHTIRISH FUNKTSIYALARI. In " USA" INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE TOPICAL ISSUES OF SCIENCE (Vol. 17, No. 1).
15. Nurmatovich, T. I. (2024, April). SUNIY NEYRON TORLARINI ADAPTIV KUCHAYTIRISH USULI. In " USA" INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE TOPICAL ISSUES OF SCIENCE (Vol. 17, No. 1).
16. Nurmatovich, T. I. (2024). XEBB O'QITISH QOIDASI. " GERMANY" MODERN SCIENTIFIC RESEARCH: ACHIEVEMENTS, INNOVATIONS AND DEVELOPMENT PROSPECTS, 17(1).
17. Tojimamatov, I., & G'ulomjonova, S. (2024). NEYRO KOMPYUTERLAR VA ULARNING ARXITEKTURASI. Development of pedagogical technologies in modern sciences, 3(6), 10-16.