

UO‘K: 681.3

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-2.11>

VEKTOR KVANTLANGAN VAQTINCHALIK ASSOTSIATIV XOTIRA ASOSIDA DINAMIK OBYEKT LARNI IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMI

Shukurova Oysara Pulatovna - texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
E-mail: oysarashukurova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6357-6547,
Science ID: FQD-0626-0088

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya. Avtomatlashtirilgan boshqaruv obyektlarining texnologik parametrlari o'rtasidagi munosabatlarni identifikatsiyalash masalalarida neyron tarmoqlar imkoniyatlaridan foydalaniladi. Bunday identifikatsiyalash masalalarida qaraladigan muhim muammolardan biri modellashtirilayotgan dinamik obyektning neyron tarmog'i arxitekturasini tanlash hisoblanadi. Ushbu maqolada vektor kvantlangan vaqtinchalik assotsiativ xotira asosida dinamik obyektlarni identifikatsiyalash algoritmi qarab chiqilgan. Neyron tarmoqlarida kirish va chiqish parametrlari, identifikatsiyalash sxemasi, o'zini o'qitish tarmog'idagi berilgan funktsiya approksimatsiyasi masalasini hal qilish usuli berilgan. Identifikatsiyalash uchun o'zini o'qituvchi tarmoqni qo'llash sxemasi va foydalaniladigan Kohonen tarmog'i arxitekturasini keltirilgan. Tarmoq parametrlarini o'qitish algoritmi yozilgan.

Kalit so'zlar: o'zini o'qituvchi tarmoq, neyron tarmoq, Kohonen, vaqt momenti, model, parametr, vazn vektori, sinaptik koeffitsiyentlar vektori, g'olib-neyron, dinamik obyekt, identifikatsiyalash.

UDK: 681.3

ДИНАМИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОЙ КВАНТОВАННОЙ ВРЕМЕННОЙ АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Шукурова Ойсара Пулатовна - доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент.

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В задачах идентификации взаимосвязей между технологическими параметрами объектов автоматизированного управления используются возможности нейронных сетей. Одной из важных проблем, рассматриваемых в таких задачах идентификации, является выбор архитектуры нейронной сети моделируемого динамического объекта. В статье рассматривается использование нейронной сети на основе векторно-квантованной временной ассоциативной памяти для динамической идентификации объектов. Приведены входные и выходные параметры нейронных сетей, схема идентификации и метод решения задачи аппроксимации заданной функции в самообучающейся сети. Представлена схема использования самообучающейся сети для идентификации и архитектура используемой сети Кохонена. Написан алгоритм обучения параметров сети.

Ключевые слова: самообучающаяся сеть, нейронная сеть, Кохонен, момент времени, модель, параметр, весовой вектор, вектор синаптических коэффициентов, нейрон-победитель, динамический объект, идентификация.

UDC: 681.3

ALGORITHM FOR IDENTIFYING DYNAMIC OBJECTS BASED ON VECTOR- QUANTIZED TEMPORAL ASSOCIATIVE MEMORY

Oysara Shukurova, doctor of philosophy in technical sciences, associate professor

Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. In tasks of identifying relationships between technological parameters of automated control objects, the capabilities of neural networks are used. One of the important problems considered in such identification tasks is the choice of the neural network architecture for the modeled dynamic object. The article discusses the use of a neural network based on vector-quantized temporal associative memory for dynamic object identification. The input and output parameters of neural networks, the identification scheme, and the method for solving the problem of approximating a given function in a self-learning network are presented. A scheme for using a self-learning network for identification and the architecture of the Kohonen network used are presented. An algorithm for training network parameters is written.

Keywords: self-learning network, neural network, Kohonen, time point, model, parameter, weight vector, vector of synaptic coefficients, winner neuron, dynamic object, identification.

Kirish

Dinamik tizimni boshqarish uchun birinchi navbatda tizim modelini qurish va parametrlarini baholash uchun ushbu tizimni identifikatsiyalash kerak. Identifikatsiyalash boshqarish nazariyasida muhim ahamiyatga ega. Tizimni identifikatsiyalash vazifasi uning kirish va chiqish parametrlarini tavsiflovchi modelini qurishdan iboratdir [1-3].

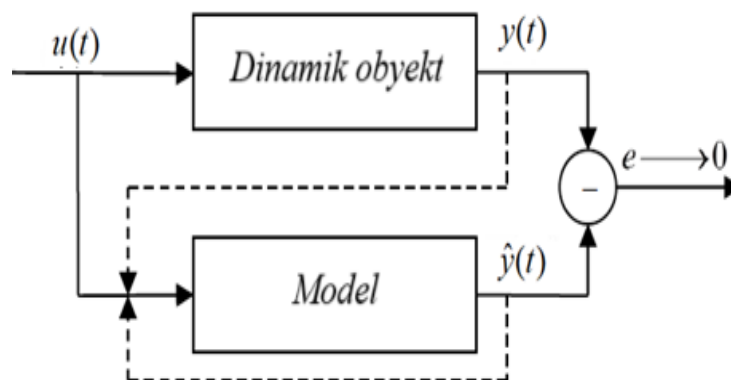
Sun'iy neyron tarmoqlar – tirik organizm nerv hujayralari tarmoqlarini tashkil etish va ishlash prinsipi asosida qurilgan matematik modellar, shuningdek ularning dasturiy yoki apparat ta'minotidir [4].

Neyron tarmoqlardan avtomatlashtirilgan obyektlarning texnologik o'zgaruvchilari o'rtasidagi munosabatlarni identifikatsiyalash vositasi sifatida foydalanish mumkin [5-7]. Neyron tarmoqni identifikatsiyalash masalasini hal qilishda duch kelinadigan asosiy muammo modellashtiradigan obyekt neyron tarmoq arxitekturasini tanlashdir. Bu muammoning aniq yechimi yo'q. Har bir aniq holatda identifikatsiyalash uchun matematik modellar sinfini tanlash sezgi va turli modellar aniqligini qiyosiy tahlil qilish natijalari bilan belgilanadi.

Ma'lumki, statik neyron tarmoqni dinamik obyekt modeli sifatida tanlash mumkin [8]. Shu bilan birga, xotira qandaydir tarzda tarmoqqa kiritilishi kerak. Odatda, bu maqsadda tarmoq kirish signalini kechiktirish liniyalari va/yoki obyekt chiqish signalini kechiktirish liniyalari (TDL, Time-Delayed Line) ishlatiladi. Ushbu yondashuvning to'g'riligi o'rnatish nazariyasi doirasida isbotlangan [9-11].

Materiallar va uslublar

t vaqt momentida kirish parametrlari $u(t)$ vektorini qabul qiluvchi va chiqishda $\hat{y}(t)$ vektorga ega bo'lgan dinamik obyekt identifikatsiyasini (1-rasm) ushbu obyektning $\hat{y}(t)$ chiqishiga ega bo'lgan model turini va ushbu modelning xatoni minimallashtirish $e = \|y(t) - \hat{y}(t)\|^2$ shartini qanoatlantiradigan ushbu model parametrlarini topish deb hisoblash mumkin.



1 – rasm. Dinamik obyektlarni identifikatsiyalash sxemasi.

Kirish xususiyati vektorlari ketma-ketligi $u(t)$, $t \in [0, T]$ va chiqish vektorlari ketma-ketligi $y(t)$, $t \in [0, T]$ berilgan bo'lsin, bu yerda T diskret hisoblar soni. Quyidagi ko'rinishdagi funktsiyani aniqlashda identifikatsiyalash masalasi yechimlari qaralsin:

$$\hat{y}(t) = f[y(t-1), \dots, y(t-n_y), u(t), u(t-1), \dots, u(t-n_u)], \quad (1)$$

bunda $\hat{y}(t)$ – model chiqishlari vektori, $n_y < T$, $n_u < T$.

Qaralayotgan identifikatsiya sxemasi ketma-ket-parallel deb ataladi, qachonki, har bir vaqt momentida model kirishiga obyektning kirish va chiqish signallarining ma'lum o'lchangan qiymatlari berilsa.

Natijalar va muhokama

Ushbu masala yechimini quyidagi ko'rinishda ham qarash mumkin:

$$\hat{y}(t) = f[\hat{y}(t-1), \dots, \hat{y}(t-n_y), u(t), u(t-1), \dots, u(t-n_u)],$$

bunda $\hat{y}(t) = y(0)$, $\hat{y}(t)$ – model chiqishlari vektori, $n_y < T$, $n_u < T$. Ushbu identifikatsiya sxemasi parallel deb ataladi, qachonki, har bir vaqt momentida obyekt kirish signalining o'lchangan qiymatlari modelning kirishiga va oldingi vaqt momentlarida o'lchangan qiymatlari modelning chiqishiga berilsa.

Vektor kvantlangan vaqtinchalik assotsiativ xotira (Vector quantized temporal associative memory-VQTAM) – bu dinamik tizimlarni identifikatsiyalash uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan Koxonenning o'zini tashkil etuvchi kartalari modifikatsiyasi hisoblanadi [12-15].

Ushbu tarmoqning kirish xususiyatlari vektori $u(t)$ ikki qismga bo'linadi: $x^{in}(t)$, $x^{out}(t)$.

Kirish funktsiyalarining birinchi qismi $x^{in}(t)$ dinamik obyektning kirishlari va uning oldingi chiqishlari haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Kirish xususiyati vektorining ikkinchi qismi $x^{out}(t)$ kirishlar $x^{in}(t)$ ga mos keladigan ushbu dinamik obyektning kutilayotgan chiqishi haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Vazn vektori xuddi shunday tarzda bo'linadi.

Shunday qilib, $x(t) = \begin{pmatrix} x^{in}(t) \\ x^{out}(t) \end{pmatrix}$ va $w_i(t) = \begin{pmatrix} w_i^{in}(t) \\ w_i^{out}(t) \end{pmatrix}$, bunda $w_i^{in}(t)$ i -neyronning vazn

vektori, $w_i(t)$ – jarayonning kirishlari haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan vazn vektorining qismi va $w_i^{out}(t)$ – jarayonning natijalari to'g'risidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan vazn vektorining qismi.

O'zini o'qitish tarmog'iga (1) tenglamadagi F funktsiya approksimatsiyasi masalasini hal qilishga imkon beruvchi usul qaralsin. Bu usulning o'ziga xosligi shundaki, Koxonen tarmog'ining kirish vektori sifatida $x(t) = (x^{in}(t), x^{out}(t))^T$ vektor ishlatilsin, bunda:

$$\begin{aligned} x^{in}(t) &= (y(t-1), \dots, y(t-n_y), u(t), u(t-1), \dots, u(t-n_u))^T, \\ x^{out}(t) &= y(t), \end{aligned} \quad (1)$$

ya'ni, F funktsiyasining kerakli qiymati tarmoq kirishiga beriladi. Shunday qilib, tarmoq uchun o'quv tanlovi misollar to'plamidan iborat $(x^{in}(t), x^{out}(t))$, $t = \overline{t_0, T}$, bunda $t_0 = \max(n_u, n_y) + 1$.

Koxonen qatlami i -neyronining sinaptik koeffitsientlar vektori $w_i(t) = (w_i^{in}(t), w_i^{out}(t))^T$, $i = \overline{1, N}$, orqali belgilansin, bunda $w_i^{in}(t) = (w_{i1}^{in}(t), \dots, w_{i n}^{in}(t))^T$ – $n = n_y + n_u + 1$ o'lchamdagi $x^{in}(t)$ kirishlardan sinaptik koeffitsiyentlar vektori, $w_i^{out}(t) = x_i^{out}(t)$

kirishdan sinaptik koeffitsiyent, N – qatlamdagi neyronlar soni. O‘zini o‘qitish jarayonida g‘olib-neyronni aniqlash uchun faqat $x_i^{in}(t)$ va $w_i^{in}(t)$ qiymatlari qo‘llaniladi:

$$i^*(t) = \arg \min_i \|x_i^{in}(t) - w_i^{in}(t)\|, \quad (2)$$

bunda $i^*(t)$ – t qadamdagi g‘olib-neyronlar raqami, $\|\cdot\|$ – qandaydir ko‘rsatkichlar, odatda evklid.

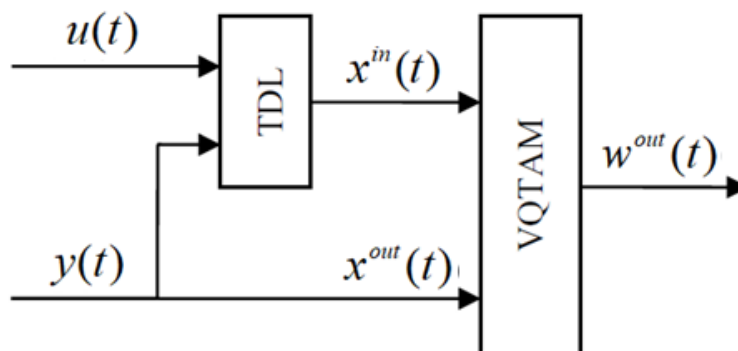
$w_i^{in}(t)$ va $w_i^{out}(t)$ qiymatlari o‘zini o‘zgartirish xaritalari uchun klassik algoritimga muvofiq o‘rnatiladi:

$$\Delta w_i(t) = \alpha(t) h(i^*, i, t) [x(t) - w_i(t)], \quad i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

bunda $0 < \alpha(t) < 1$ – tarmoqni o‘rganish tezligi, h esa kartadagi qo‘shni i va i^* neyronlarning funksiyasi, i^* – g‘olib-neyron raqami. Masalan, Gauss funksiyasini qo‘shni $h(i^*, i, t)$ funksiya sifatida tanlash mumkin:

$$h(i^*, i, t) = \exp\left(-\frac{\|r_i(t) - r_{i^*}(t)\|^2}{2\sigma^2(t)}\right),$$

bunda $r_i(t)$ va $r_{i^*}(t)$ mos ravishda i va i^* neyronlarning kartadagi pozitsiyalar va $\sigma(t) > 0$ t – qadamda qo‘shnichilik funksiyasining radiusini aniqlaydi. G‘olib-neyron i^* ni tanlagandan so‘ng, bu neyronning chiqishi vektor $w_{i^*}^{out}(t)$ bilan aniqlanadi (2-rasm).



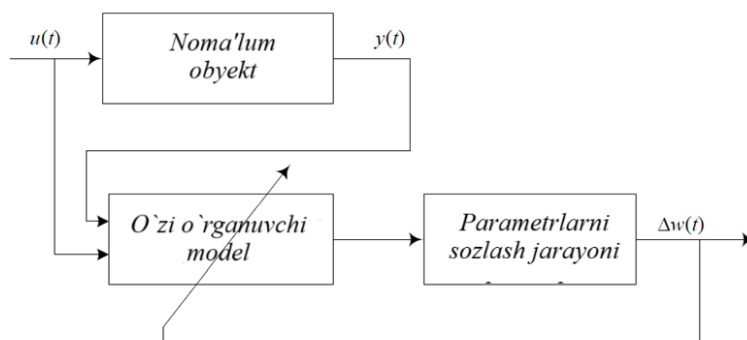
2-rasm. VQTAM o‘qitish sxemasi.

Ishlash rejimida vektor kvantlangan vaqtinchalik assotsiativ xotira kirishiga faqat $x^{in}(t)$ vektor beriladi, buning uchun g‘olib-neyron aniqlanadi va uning chiqishi $w_{i^*}^{out}(t)$ rangli bo‘ladi. $w_{i^*}^{out}(t)$ – vektorni obyekt jarayonining t vaqt momentidagi prognozli chiqishini $\hat{y}(t)$ deb talqin qilish mumkin. Chiqish signalini bir nechta $\hat{y}(t)$ ta eng mos neyronlar orasidagi o‘rtacha qiymat sifatida ham aniqlanadi.

Tarmoq o‘qitilgandan so‘ng, t vaqt momentidagi $\hat{y}(t)$ obyekt chiqishini baholash uchun undan foydalanish mumkin:

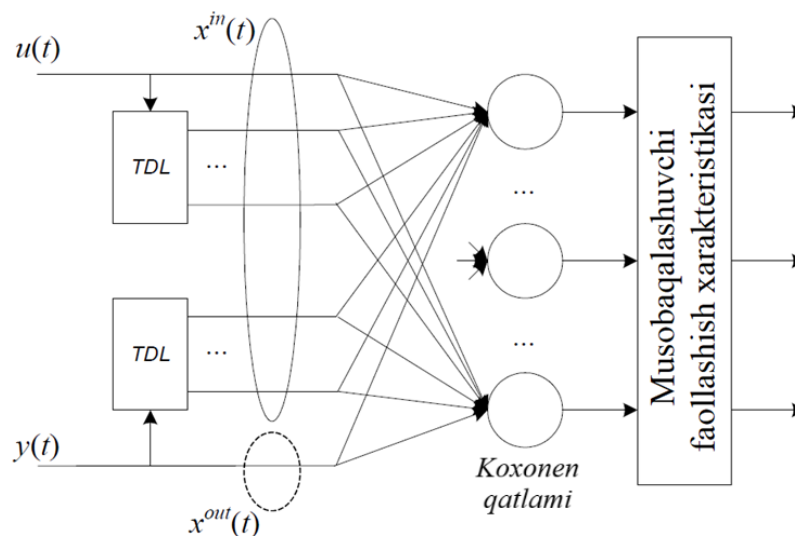
$$\hat{y}(t) = w_i^y(t), \quad i = \overline{1, T}.$$

Shunday qilib, o‘zini o‘rganadigan neyron tarmoqlardan foydalangan holda dinamik tizimlarni identifikatsiyalash masalasi, o‘qituvchi yordamida o‘qitilgan tarmoqlardan farqli o‘laroq, identifikatsiya xatolarini aniq hisoblamasdan, $x^{in}(t)$ va $x_i^{out}(t)$ vektorlari o‘rtasida assotsiativ bog‘lanishni o‘rnatishdan iborat bo‘lib, bu xatolikni minimallashtirishda F funksional bog‘liqligini (1) tenglashtirishni nazarda tutadi.



3-rasm. O'zi o'qituvchi modellar asosida identifikatsiyalash sxemasi.

Dinamik obyektlarni identifikatsiyalash uchun o'zi o'qituvchi tarmoqlarni qo'llash sxemasi 3-rasmida ko'rsatilgan, foydalaniladigan Kohonen tarmog'ining arxitekturasi 4-rasmida ko'rsatilgan.



4-rasm. Identifikatsiyalash uchun foydalaniladigan Koxonen tarmoq arxitekturasi (VQTAM yondashuvi).

Xulosa

Murakkabligi yuqori bo'lgan modulli neyron tarmoqlarning imkoniyatlarini o'rganish zarur. Shuningdek, prognoz xatosini kamaytirish uchun neyron tarmoqlar o'quv parametrlarini avtomatik tanlash algoritmini ishlab chiqish kerak bo'ladi. Ushbu maqolada dinamik obyektlarni identifikatsiyalash uchun muvaffaqiyatli ishlatilishi mumkin bo'lgan vektor kvantlangan xotira vaqtinchalik assotsiativ xotiraga asoslangan neyron tarmoq qarab chiqilgan.

Demak vektor kvantlangan vaqtinchalik assotsiativ xotira tarmog'ining parametrlarni o'qitish algoritmini quyidagicha yozish mumkin ekan:

vaznlar tasodifiy qiymatlar yoki o'quv parametrlarini tanlashdan olingan qiymatlar bilan initsializatsiyalanadi;

vektor tanlashlardan tarmoqqa taqdim etiladi va g'olib neyron (1) tenglama bo'yicha aniqlanadi;

vaznlar o'zgarishi (2) qoidaga muvofiq amalga oshiriladi;

tanlashlardagi har bir vektor uchun 2 va 3-qadamlar takrorlanadi;

2-4 qadamlar belgilangan davrlar soni o'tguncha yoki kerakli identifikatsiya aniqligiga erishilgunga qadar tanlashlar uchun bir necha marta takrorlanadi.

Shuni ham ta'kidlash joizki, ushbu algoritm chiqishi ham uzluksiz ham uzlukli funksiyalar yordamida tasvirlanishi mumkin bo'lgan obyektlarga nisbatan qo'llaniladi.

Adabiyotlar

- [1] Husan Z. Igamberdiyev, Azizbek N.Yusupbekov, Orıpcan O. Zaripov, Jasur U.Sevinov. Algorithms of adaptive identification of uncertain operated objects in dynamical models. 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, ICSCCW 2017, 24-25 August 2017, Budapest, Hungary. Procedia Computer Science 120 (2017) 854–861 pp.
- [2] Zaripov O.O., Sevinov J.U., Shukurova O.P. Algorithms for identification of linear dynamic control objects based on the pseudo-concept concept. International Journal of Psychosocial Rehabilitation. Volume 24. Issue 3. 2020. 261-267 pp. DOI: [10.37200/IJPR/V24I3/PR200778](https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I3/PR200778)
- [3] Shukurova O.P. Nochiziqli tizimlarni identifikatsiyalash va boshqarish. O'zbekiston agrar fani xabarnomasi. № 6 (18) 2024. 214-217 bet.
- [4]. Saraev P.V. Chislennyye metody intervalnogo analiza v obuchenii neyron-nykh setey [Numerical methods of interval analysis in learning neural network]. Autom. Remote Control, 2012, no. 11, pp. 129-143.
- [5]. Gabitov R.F. Mnogomernoe modelno-prediktornoe upravlenie prokalkoy katalizatorov krekinga, osnovannoe na algoritme s intervalnoy neopredelennostyu [Multivariate model-predictive control calcination cracking catalysts based on an algorithm with interval uncertainty]: abstract thesis of the candidate of technical sciences. Ufa, 2012. 19 pp.
- [6]. Zaripov O.O., Sevinov J.U., Shukurova O.P. Algorithms for recurrent identification of control objects by means of multiple models and adaptation of parameters. International Journal of Advanced Research In Science, Engineering And Technology. Vol. 6, Issue 3, Mar 2019. pp. 8479-8483.
- [7]. Shumikhin A.G., Boyarshinova A.S., Orekhov M.S. Primenenie neyro- setevykh modeley pri avtomatizirovannom upravlenii slozhnymi khimiko- tekhnologicheskimi sistemami. Polzunovskiy vestnik, 2012, no. 3/2, pp. 9-12.
- [8] Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002.
- [9] Sevinov, J.U., Boborayimov, O.K., Bobomurodov, N.H. (2024). Algorithms for Synthesis of Adaptive Neural Network Control Systems Based on the Velocity Gradient Method. In: Aliev, R.A., Kacprzyk, J., Pedrycz, W., Jamshidi, M., Babanli, M., Sadikoglu, F.M. (eds) 16th International Conference on Applications of Fuzzy Systems, Soft Computing and Artificial Intelligence Tools – ICAFS-2023. ICAFS 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1141. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-76283-3_34
- [10]. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.
- [11] Игамбердиев Х.З., Севинов Ж.У., Зарипов О.О. Регулярные методы и алгоритмы синтеза адаптивных систем управления с настраиваемыми моделями. – Т.: ТашГТУ, 2014. - 160 с. (Igamberdiev H.Z., Sevinov Zh.U., Zaripov O.O. (2014). Reguljarnye metody i algoritmy sinteza adaptivnyh sistem upravleniya s nastraivaemymi modeljami. – Т.: TashGTU, – 160 s. (in. Russian)).
- [12] T. Koskela. Neural network methods in analyzing and modeling time varying processes. Espoo. (2003), pp. 1-72.
- [13] Shukurova, O.P. (2025). Intellectual neyron tarmoqlar matematik modelini qurish algoritmi. Innovatsion texnologiyalar. Ilmiy-texnik jurnal. 2025/4(60). 103-108.
- [14] Yusupbekov, A.N., Sevinov, J.U., Mamirov, U.F., Botirov, T.V. (2021). Synthesis Algorithms for Neural Network Regulator of Dynamic System Control. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1306. pp. 723–730. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64058-3_90.
- [15] Shukurova, O.P., Bekmurodov A.X., Baratov A.K. (2022). Tabiiy gazni absorbsiyali quritish texnologik jarayonnini modellashtirish va boshqarish. Innovatsion texnologiyalar. Ilmiy-texnik jurnal – QMII. Maxsus son. 57-61.