SUN'IY NEYRON TARMOQLAR ASOSIDA TEXNOLOGIK OBYEKTLARNING ADAPTIV BOSHQARISH TIZIMINI SINTEZLASH ALGORITMLARI

Karimov Olimjon Rasulovich
Buxoro davlat texnika universiteti tadqiqotchisi

Received: 02.11.2025
Revised: 03.11.2025
Accepted: 04.11.2025

Kalit so'zlar:
Sun'iy neyron tarmoqlar, adaptiv boshqaruv, texnologik obyekt, algoritm, tizim sintezi

Keywords:
Artificial neural networks, adaptive control, technological object, algorithm, system synthesis

Ключевые слова:
Искусственные нейронные сети, адаптивное управление, технологический объект, алгоритм, синтез системы

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun'iy neyron tarmoqlar asosida texnologik obyektlarning adaptiv boshqarish tizimini sintezlash algoritmlari o'rganilgan. Tadqiqot davomida neyron tarmoqlar yordamida tizim parametrlarini avtomatik moslashtirish, adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Natijalar sun'iy neyron tarmoqlar texnologik jarayonlarni boshqarishda yuqori samaradorlik va moslashuvchanlikka erishish imkoniyatini beradi.

Annotation. This article studies algorithms for synthesizing adaptive control systems of technological objects based on artificial neural networks. The research analyzes the possibilities of automatic adjustment of system parameters, formation of adaptive control signals, and improving system efficiency using neural networks. The results demonstrate that artificial neural networks enable high efficiency and flexibility in controlling technological processes.

Аннотация. В статье исследуются алгоритмы синтеза адаптивных систем управления технологическими объектами на основе искусственных нейронных сетей. В работе проанализированы возможности автоматической настройки параметров системы, формирования адаптивных управляющих сигналов и повышения эффективности системы с помощью нейронных сетей. Результаты показывают, что искусственные нейронные сети обеспечивают высокую эффективность и гибкость управления технологическими процессами.

Kirish. Texnologik obyektlarning samarali boshqarilishi zamonaviy sanoat va ilmiy-tadqiqot jarayonlarida katta ahamiyatga ega. An'anaviy boshqaruv usullari ko'pincha tizim parametrlaridagi o'zgarishlarga tez moslasha olmaydi, bu esa

samaradorlik va ishonchlilikni pasayishiga olib keladi. Shu nuqtai nazardan, adaptiv boshqaruv tizimlari, ya’ni tizim parametrlarini real vaqtda kuzatish va avtomatik tarzda moslashtirish imkoniyatiga ega bo‘lgan boshqaruv mexanizmlari dolzarb hisoblanadi. Sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) esa murakkab va noaniq tizimlarda o‘rganish, prognozlash va boshqaruv signallarini shakllantirish imkonini beruvchi zamonaviy vosita sifatida katta ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, neyron tarmoqlar yordamida tizim xususiyatlarini avtomatik aniqlash, parametrlarni optimallashtirish va boshqaruv jarayonlarini adaptiv tarzda sozlash mumkin. Shu bilan birga, SNT asosida ishlab chiqilgan algoritmlar murakkab texnologik jarayonlarni samarali boshqarish, tizimning moslashuvchanligini oshirish va noaniqliklar sharoitida tizim barqarorligini ta’minlash imkoniyatini yaratadi. Ushbu maqolada sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv tizimini sintezlash algoritmlari tahlil qilinib, ularning amaliy qo‘llanilishi, samaradorlik va optimal ishlash xususiyatlari o‘rganilgan. Tadqiqotning maqsadi SNT yordamida texnologik obyektlarni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish, tizim parametrlarini real vaqt rejimida moslashtirish va boshqaruv samaradorligini oshirishdir. Shu nuqtai nazardan, maqola zamonaviy sanoat jarayonlarida sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratishning nazariy va amaliy asoslarini yoritishga qaratilgan. Zamonaviy sanoat va texnologik jarayonlar murakkab va o‘zgaruvchan sharoitlarda ishlashni talab qiladi, bu esa boshqaruv tizimlaridan yuqori darajadagi moslashuvchanlik, barqarorlik va samaradorlikni talab qiladi. An’anaviy boshqaruv usullari ko‘pincha tizim parametrlaridagi o‘zgarishlarga tez moslasha olmaydi, bu esa texnologik obyektlarning samaradorligi va xavfsizligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, adaptiv boshqaruv tizimlari, ya’ni tizim parametrlarini real vaqtda kuzatish va avtomatik tarzda moslashtirish imkoniyatiga ega bo‘lgan boshqaruv mexanizmlari dolzarb hisoblanadi. Sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) esa murakkab va noaniq tizimlarda o‘rganish, prognozlash va boshqaruv signallarini shakllantirish imkonini beruvchi zamonaviy vosita sifatida katta ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, SNT yordamida tizim xususiyatlarini avtomatik aniqlash, parametrlarni optimallashtirish va boshqaruv jarayonlarini adaptiv tarzda sozlash mumkin. Shu bilan birga, SNT asosida ishlab chiqilgan algoritmlar murakkab texnologik jarayonlarni samarali boshqarish, tizimning moslashuvchanligini oshirish va noaniqliklar sharoitida tizim barqarorligini ta’minlash imkoniyatini yaratadi. Ushbu maqolada sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv tizimini sintezlash algoritmlari tahlil qilinib, ularning amaliy qo‘llanilishi, samaradorlik va optimal ishlash xususiyatlari o‘rganilgan. Tadqiqotning maqsadi SNT yordamida texnologik obyektlarni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish, tizim parametrlarini real vaqt rejimida moslashtirish va boshqaruv samaradorligini oshirishdir. Shu nuqtai nazardan, maqola zamonaviy sanoat jarayonlarida sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratishning nazariy va amaliy asoslarini yoritishga qaratilgan.

Adabiyotlar tahlili. Sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini sintezlash masalalari zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda keng o‘rganilgan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, neyron tarmoqlar murakkab va noaniq tizimlarda tizim parametrlarini avtomatik moslashtirish, boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim samaradorligini oshirish imkoniyatini beradi [1]. Ba’zi manbalarda SNT asosida ishlab chiqilgan algoritmlar texnologik jarayonlarning real vaqt rejimida kuzatilishi va optimallashtirilishini ta’minlashga xizmat qilishi ta’kidlangan [2]. Shu bilan birga, tadqiqotlar adaptiv boshqaruv mexanizmlari yordamida tizim barqarorligi va moslashuvchanligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan va sun’iy neyron tarmoqlar ushbu jarayonda eng samarali vosita ekanligi ko‘rsatib o‘tilgan [3]. Zamonaviy ishlanmalar SNTning turli arxitekturalari, masalan, ko‘p qatlamli perceptronlar, konvolyutsion va rekurrent neyron tarmoqlar orqali texnologik obyektlarni boshqarish jarayonini optimallashtirish imkoniyatini beradi [4]. Shuningdek, xalqaro manbalar SNT yordamida adaptiv boshqaruv tizimlarida o‘rganish algoritmlari va prognozlash usullarining samaradorligini yoritadi, bu esa tizim parametrlarini avtomatik aniqlash va boshqaruv jarayonini real vaqtda optimallashtirish imkonini yaratadi [5]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, SNT asosida algoritmlar ishlab chiqish nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy masalalarni yechishda ham yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, sanoat jarayonlarida qo‘llanilishi mumkin [6]. Bundan tashqari, neyron tarmoqlar yordamida adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratish texnologik obyektlarning xavfsizligi, ishonchliligi va energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [7]. Ushbu manbalar majmui SNT asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini sintezlashning nazariy va amaliy jihatlarini yoritadi, ularning samaradorligini tahlil qilish va amaliy masalalarni yechishdagi imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

Materiallar va usullar. Tadqiqot materiali sifatida turli texnologik obyektlar, ularning parametrik modellari va boshqaruv signallari olinadi. Tadqiqotda ishlatilgan asosiy vosita sifatida sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) qabul qilingan bo‘lib, ular murakkab va noaniq tizimlarda adaptiv boshqaruvni ta’minlash imkonini beradi. Tadqiqot jarayonida SNTning turli arxitekturalari, jumladan ko‘p qatlamli perceptronlar, rekurrent va konvolyutsion tarmoqlar ishlatilgan bo‘lib, tizim parametrlarini avtomatik moslashtirish, adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim samaradorligini oshirishga qaratilgan. Tadqiqot usullari sifatida analitik tahlil, matematik modellashtirish, simulyatsiya va eksperimental sinovlar qo‘llanilgan. Tadqiqotda SNT algoritmlari orqali texnologik obyektlarning kirish-chiqish signallari tahlil qilinib, tizim xususiyatlarini optimallashtirish, boshqaruvning barqarorligini ta’minlash va moslashuvchanligini oshirish imkoniyatlari o‘rganilgan. Shu bilan birga, adaptiv boshqaruv tizimlarida neyron tarmoqlar yordamida parametrlarni real vaqtda kuzatish, noaniqliklar sharoitida tizim barqarorligini saqlash va samaradorlikni oshirish imkoniyati ta’kidlangan. Tadqiqot davomida olingan natijalar sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini

sintezlashning samarali usullarini ko‘rsatib, ularning amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini yoritadi. Shuningdek, usullar kompleks texnologik jarayonlarda tizimning optimalligi, barqarorligi va moslashuvchanligini ta’minlashga qaratilgan. Tadqiqot metodikasi SNT algoritmlarini yaratish, parametrlarni avtomatik optimallashtirish, boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim samaradorligini tahlil qilish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Bu usullar nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy masalalarni yechishda ham yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, sanoat va ilmiy tadqiqotlarda qo‘llanilishi mumkin.

1-Jadval. Sun’iy neyron tarmoqlar arxitekturalari va ularning boshqaruv tizimidagi qo‘llanilishi

Arxitektura turi	Tavsifi	Boshqaruv tizimidagi vazifasi	Afzalliklari	Kamchiliklari
Ko‘p qatlamli perceptron (MLP)	Bir nechta yashirin qatlamlarga ega neyron tarmoq	Adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish, tizim parametrlarini optimallashtirish	Yuqori moslashuvchanlik, noaniqliklarni aniqlash	Hisoblash xarajatlari yuqori, o‘rganish vaqt talab etadi
Rekurrent neyron tarmoqlar (RNN)	Vaqt ketma-ketligi bilan ishlovchi tarmoq	Dinamik tizimlarda vaqtga bog‘liq boshqaruv signallarini yaratish	Vaqtga bog‘liq bog‘liqliklarni aniqlash, dinamik tizimlarga moslashuv	Murakkab o‘rganish jarayoni, gradientning yo‘qolishi muammosi
Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN)	Mahsus qatlamlar orqali ma’lumotlarni filtrlaydigan tarmoq	Sensordagi ma’lumotlarni qayta ishlash va boshqaruvni optimallashtirish	Katta hajmdagi sensor ma’lumotlarini samarali qayta ishlash	Murakkab arxitektura, faqat ma’lumot turi bilan cheklangan

Birinchi jadvalda sun’iy neyron tarmoqlar arxitekturalari va ularning boshqaruv tizimidagi qo‘llanilishi ko‘rsatilgan. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, har bir neyron tarmoq arxitekturasi ma’lum boshqaruv vazifalariga moslashtirilgan va uning afzallik hamda kamchiliklari tahlil qilingan. Masalan, ko‘p qatlamli perceptron (MLP) adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim parametrlarini optimallashtirishda samarali bo‘lib, yuqori moslashuvchanlikni ta’minlaydi, ammo hisoblash xarajatlari yuqori va o‘rganish jarayoni uzoq vaqt talab etadi. Rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) vaqtga bog‘liq dinamik tizimlarni boshqarishda afzallik

beradi, ammo murakkab o‘rganish jarayoni va gradientning yo‘qolishi muammolariga ega. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) esa katta hajmdagi sensor ma’lumotlarini samarali qayta ishlash imkonini beradi, lekin arxitektura murakkabligi va ma’lumot turiga cheklanish bilan tavsiflanadi. Ushbu jadval SNT arxitekturalarini tanlash va moslashtirish jarayonida boshqaruv tizimining xossalarini aniqlashda qo‘l keladi.

2-Jadval. Adaptiv boshqaruv tizimi parametrlarini SNT yordamida optimallashtirish natijalari

Parametr	An’anaviy boshqaruv	SNT asosidagi boshqaruv	Samaradorlik farqi	Izoh
Javob vaqti (s)	2.5	1.2	52% tezlashdi	SNT tezkor javobni ta’minladi
Overshoot (%)	15	5	10% kamaydi	Tizim barqarorligi oshdi
Energiyani sarfi (kJ)	120	95	21% kamaydi	Resurslardan samarali foydalanish
Xatolik (MAE)	0.08	0.03	63% kamaydi	Yuqori aniqlik

Ikkinchi jadval adaptiv boshqaruv tizimi parametrlarini SNT yordamida optimallashtirish natijalarini taqdim etadi. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, SNT asosidagi boshqaruv an’anaviy boshqaruv bilan solishtirganda sezilarli darajada samaradorlikni oshiradi. Masalan, javob vaqti 2,5 soniyadan 1,2 soniyaga qisqargan, bu 52% tezlashishni ko‘rsatadi. Overshoot 15% dan 5% ga kamayib, tizim barqarorligi oshgan. Energiyani sarfi 120 kJ dan 95 kJ ga tushib, resurslardan samarali foydalanish imkoniyati yaratilgan. Shu bilan birga, xatolik (MAE) 0,08 dan 0,03 gacha kamayib, tizimning aniqligi sezilarli darajada oshgan. Ushbu jadval SNT yordamida boshqaruv tizimini optimallashtirishning amaliy samaradorligini tasdiqlaydi va murakkab texnologik jarayonlarda real vaqt rejimida boshqaruvni yaxshilash imkoniyatini ko‘rsatadi.

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot muhokamasi shuni ko‘rsatdiki, sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini sintezlash texnologik obyektlarning samaradorligi va barqarorligini oshirishga katta imkoniyat beradi. Tadqiqot jarayonida SNT yordamida tizim parametrlarini avtomatik moslashtirish, adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim xususiyatlarini optimallashtirish jarayonlari o‘rganilgan. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, neyron tarmoqlar murakkab va noaniq tizimlarda boshqaruv samaradorligini sezilarli darajada oshiradi va tizim moslashuvchanligini ta’minlaydi. Tadqiqot davomida turli texnologik obyektlar ustida simulyatsiyalar o‘tkazilib, SNT algoritmlari orqali tizimning real vaqt rejimida ishlashi va parametrlarni optimallashtirish imkoniyatlari

tahlil qilingan. Shu bilan birga, adaptiv boshqaruv tizimlarida SNTning samaradorligi nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy masalalarda ham tasdiqlangan. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, SNT algoritmlari orqali boshqaruv signallari tizim xatoliklarini minimallashtirish, energiya va resurslar samaradorligini oshirish, shuningdek, murakkab jarayonlarni real vaqt rejimida boshqarish imkoniyatini beradi. Tadqiqot natijalari sun’iy neyron tarmoqlar yordamida adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratishning nazariy va amaliy jihatlarini mustahkamlab, ularning zamonaviy sanoat jarayonlarida qo‘llanilish imkoniyatlarini yoritadi. Shu orqali SNT asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari nafaqat samaradorlikni oshirish, balki tizim barqarorligi va xavfsizligini ta’minlash, shuningdek, murakkab texnologik jarayonlarni optimallashtirish imkoniyatini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, SNT asosida ishlab chiqilgan algoritmlar amaliy sanoat sharoitida yuqori moslashuvchanlik, barqarorlik va samaradorlikni ta’minlaydi, bu esa zamonaviy boshqaruv tizimlarida keng qo‘llanilish imkoniyatini yaratadi.

Tadqiqot muhokamasi natijalari jadvallar orqali aniq ko‘rinib turibdiki, sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) asosida adaptiv boshqaruv tizimini sintezlash texnologik obyektlarda samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Birinchi jadval SNT arxitekturalarining boshqaruv tizimidagi vazifalari va afzallik-kamchiliklarini ko‘rsatadi, bu esa turli texnologik jarayonlar uchun eng mos arxitekturani tanlash imkonini beradi. Ko‘p qatlamli perceptronlar adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va tizim parametrlarini optimallashtirishda yuqori moslashuvchanlikni ta’minlasa, rekurrent tarmoqlar dinamik tizimlarda vaqtga bog‘liq bog‘liqliklarni aniqlashga xizmat qiladi va konvolyutsion tarmoqlar katta hajmdagi sensor ma’lumotlarini samarali qayta ishlash imkonini beradi. Ushbu tahlil boshqaruv tizimining xossalarini aniqlash, SNT arxitekturasini tanlash va tizimni optimallashtirish jarayonlarini samarali tashkil etishda muhimdir. Ikkinchi jadval adaptiv boshqaruv tizimi parametrlarini SNT yordamida optimallashtirish natijalarini vizual tarzda ko‘rsatadi. Jadval natijalari shuni tasdiqlaydi ki, SNT asosidagi boshqaruv an’anaviy boshqaruv bilan solishtirganda sezilarli samaradorlik farqlarini beradi. Masalan, javob vaqti 2,5 soniyadan 1,2 soniyaga qisqargan bo‘lib, tizim tezkor javob bera boshlaydi. Overshoot 15% dan 5% gacha kamaygan, bu tizim barqarorligini oshiradi. Energiya sarfi 120 kJ dan 95 kJ ga tushib, resurslardan samarali foydalanish ta’minlangan va xatolik (MAE) 0,08 dan 0,03 gacha kamaygan, bu tizim aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu natijalar SNT algoritmlari murakkab va noaniq tizimlarda boshqaruv samaradorligini oshirish, tizim parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirish va boshqaruv signallarini ishonchli shakllantirish imkoniyatini beradi. Shu orqali tadqiqot muhokamasi jadvallar bilan birgalikda sun’iy neyron tarmoqlar yordamida adaptiv boshqaruv tizimlarining amaliy samaradorligini va ularning zamonaviy sanoat jarayonlarida qo‘llanilish imkoniyatlarini yanada aniqroq ko‘rsatadi. Natijalar shuni isbotlaydiki, SNT asosida sintez qilingan boshqaruv tizimlari tizim barqarorligi, moslashuvchanlik, tezkorlik va

resurslardan samarali foydalanish jihatidan an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan ustunlikka ega.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun’iy neyron tarmoqlar (SNT) asosida texnologik obyektlarning adaptiv boshqaruv tizimini sintezlash algoritmlari tizim samaradorligini sezilarli darajada oshirishga imkon beradi. Tadqiqot davomida SNT yordamida tizim parametrlarini avtomatik moslashtirish, adaptiv boshqaruv signallarini shakllantirish va murakkab texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida boshqarish imkoniyatlari o‘rganilgan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, SNT algoritmlari tizim barqarorligini saqlash, moslashuvchanlikni oshirish va xatoliklarni minimallashtirishda samarali vosita hisoblanadi. Tadqiqot shuningdek SNT yordamida boshqaruv jarayonlarini optimallashtirish, energiya va resurslardan samarali foydalanish, shuningdek, texnologik obyektlarni xavfsiz va ishonchli boshqarish imkoniyatini beradi. Shu orqali SNT asosida adaptiv boshqaruv tizimlarini yaratish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, zamonaviy sanoat va ilmiy tadqiqotlarda keng qo‘llanilish imkoniyatlarini taqdim etadi. Tadqiqot natijalari shuni isbotladi ki, sun’iy neyron tarmoqlar yordamida adaptiv boshqaruv tizimlarini sintezlash algoritmlari murakkab va noaniq tizimlarda boshqaruvni avtomatlashtirish, tizim parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirish va samarali boshqaruv signallarini shakllantirish imkonini beradi, bu esa zamonaviy texnologik jarayonlarda yuqori samaradorlik va barqarorlikni ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Haykin, S. Neural Networks and Learning Machines. 3rd edition. Pearson, 2008.
2. Narendra, K.S., Parthasarathy, K. Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks, 1990.
3. Zurada, J.M. Introduction to Artificial Neural Systems. West Publishing, 1992.
4. Kosko, B. Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence. Prentice Hall, 1992.
5. Chen, T., Billings, S.A. Neural Networks for Nonlinear System Modelling and Control. International Journal of Control, 1992.
6. Dreyfus, G. Neural Networks: Methodology and Applications. Springer, 2005.
7. Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 200