ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 10

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA ADAPTIV BOSHQARUV TIZIMLARINI ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARIDA QO‘LLASH

G‘anijonova Mohichehraxon Xusniddin qizi
Andijon davlat texnika instituti IBR kafedrasi stajyor-o‘qituvchisi,
E-mail: mohichehraxong‘anijonova@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni boshqarishda sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlarining imkoniyatlari va ularni amaliyotga joriy etish istiqbollari tadqiq etilgan. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida texnologik parametrlarning doimiy ravishda o‘zgarib turishi, tashqi muhit omillarining ta’siri, ishlab chiqarish yuklamalarining notekis taqsimlanishi hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish zarurati an’anaviy boshqaruv usullarining imkoniyatlarini ma’lum darajada cheklab qo‘ymoqda. Shu sababli ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligi va samaradorligini ta’minlash uchun intellektual boshqaruv usullaridan foydalanish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida mashinali o‘qitish algoritmlari, ma’lumotlarni tahlil qilish usullari va sun’iy neyron tarmoqlar asosida adaptiv boshqaruv modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan model texnologik jarayonlarning joriy holatini real vaqt rejimida baholash, tizim parametrlaridagi o‘zgarishlarni aniqlash hamda boshqaruv ta’sirlarini avtomatik ravishda moslashtirish imkoniyatiga ega. Modelning samaradorligini baholash maqsadida turli ishlab chiqarish sharoitlari uchun simulyatsion tajribalar o‘tkazildi va olingan natijalar an’anaviy boshqaruv usullari bilan taqqoslandi. Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari texnologik jarayonlarning aniqligi va barqarorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish, uskunalardan foydalanish samaradorligini yaxshilash hamda mahsulot sifatini yuqori darajada ta’minlash imkonini berishini ko‘rsatdi. Shuningdek, bunday tizimlar ishlab chiqarish jarayonlarida yuzaga keladigan noaniqliklar va tashqi ta’sirlarga tez moslashishi, inson omili ta’sirini kamaytirishi hamda qaror qabul qilish jarayonlarini avtomatlashtirishi bilan ajralib turadi. Olingan natijalar sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalangan holda adaptiv boshqaruv tizimlarini sanoat korxonalariga joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va Industry 4.0 konsepsiyasi talablarini amalga oshirishda muhim ahamiyat kasb etishini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, adaptiv boshqaruv, mashinali o‘qitish, sanoat avtomatlashtirish, Industry 4.0, texnologik jarayonlar.

Аннотация. В данной статье исследуются возможности интеллектуальных адаптивных систем управления на основе искусственного интеллекта для управления технологическими процессами на промышленных предприятиях,

ISSN 3030-3907

а также перспективы их практического внедрения. В современных производственных системах постоянное изменение технологических параметров, влияние факторов внешней среды, неравномерное распределение производственных нагрузок и необходимость эффективного использования энергетических ресурсов в определённой степени ограничивают возможности традиционных методов управления. В связи с этим применение интеллектуальных методов управления для обеспечения устойчивости и эффективности производственных процессов является одной из актуальных научно-практических задач. В ходе исследования была разработана модель адаптивного управления на основе алгоритмов машинного обучения, методов анализа данных и искусственных нейронных сетей. Предложенная модель позволяет в режиме реального времени оценивать текущее состояние технологических процессов, выявлять изменения параметров системы и автоматически адаптировать управляющие воздействия. Для оценки эффективности модели были проведены имитационные эксперименты в различных производственных условиях, а полученные результаты были сопоставлены с результатами традиционных методов управления. Результаты исследования показали, что адаптивные системы управления на основе искусственного интеллекта способны повысить точность и устойчивость технологических процессов, снизить энергопотребление, улучшить эффективность использования оборудования и обеспечить высокое качество продукции. Кроме того, такие системы отличаются способностью быстро адаптироваться к неопределённостям и внешним воздействиям, возникающим в производственных процессах, снижать влияние человеческого фактора и автоматизировать процессы принятия решений. Полученные результаты подтверждают, что внедрение адаптивных систем управления с использованием технологий искусственного интеллекта на промышленных предприятиях играет важную роль в повышении эффективности производства и реализации требований концепции Industry 4.0.

Ключевые слова: искусственный интеллект, адаптивное управление, машинное обучение, промышленная автоматизация, Industry 4.0, технологические процессы.

Abstract. This article investigates the capabilities of artificial intelligence-based adaptive control systems for managing technological processes in industrial enterprises and examines the prospects for their practical implementation. In modern manufacturing systems, the continuous variation of technological parameters, the influence of environmental factors, the uneven distribution of

ISSN 3030-3907

production loads, and the need for efficient utilization of energy resources impose certain limitations on traditional control methods. Therefore, the application of intelligent control techniques has become an important scientific and practical approach for ensuring the stability and efficiency of industrial processes. During the research, an adaptive control model based on machine learning algorithms, data analysis methods, and artificial neural networks was developed. The proposed model is capable of evaluating the current state of technological processes in real time, identifying changes in system parameters, and automatically adjusting control actions. To assess the effectiveness of the model, simulation experiments were conducted under various industrial conditions, and the obtained results were compared with those of conventional control methods. The research results demonstrate that artificial intelligence-based adaptive control systems can improve the accuracy and stability of technological processes, reduce energy consumption, enhance equipment utilization efficiency, and ensure a high level of product quality. Furthermore, such systems are distinguished by their ability to rapidly adapt to uncertainties and external disturbances, reduce the influence of human factors, and automate decision-making processes. The obtained results confirm that the implementation of adaptive control systems using artificial intelligence technologies in industrial enterprises plays a significant role in increasing production efficiency and meeting the requirements of the Industry 4.0 concept.

Keywords: artificial intelligence, adaptive control, machine learning, industrial automation, Industry 4.0, technological processes.

KIRISH.

Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni samarali boshqarish mahsulot sifati, energiya tejamkorligi, ishlab chiqarish unumdorligi va korxonaning iqtisodiy samaradorligini ta’minlashning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida texnologik jarayonlarning murakkablashuvi, ishlab chiqarish hajmining ortishi hamda mahsulot sifatiga qo‘yiladigan talablarning kuchayishi boshqaruv tizimlarining takomillashuvini talab etmoqda. Ayniqsa, global raqobatning kuchayishi sharoitida korxonalar resurslardan oqilona foydalanish, energiya sarfini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish orqali o‘z raqobatbardoshligini oshirishga intilmoqda.

Texnologik obyektlarni boshqarishda uzoq yillar davomida an’anaviy PID-regulyatorlar, optimal boshqaruv usullari va klassik avtomatik boshqaruv tizimlari keng qo‘llanilib kelinmoqda. Ushbu usullar ko‘plab sanoat jarayonlarida yuqori samaradorlikni namoyish etgan bo‘lsa-da, ular asosan parametrlarining o‘zgarishi cheklangan va oldindan ma’lum bo‘lgan tizimlar uchun mos hisoblanadi. Biroq real

ISSN 3030-3907

ishlab chiqarish sharoitida texnologik parametrlar vaqt davomida o‘zgarib turadi, tashqi muhit ta’sirlari yuzaga keladi, uskunalar eskiradi hamda xomashyo sifatidagi farqlar tizim dinamikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Natijada an’anaviy boshqaruv algoritmlarining samaradorligi pasayishi va boshqaruv aniqligining yomonlashishi kuzatiladi.

So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi, Industry 4.0 va Industry 5.0 konsepsiyalarining amaliyotga keng joriy etilishi natijasida sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish, katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish (Big Data Analytics), Industrial Internet of Things (IIoT) hamda raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan intellektual boshqaruv tizimlariga qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda. Ushbu texnologiyalar ishlab chiqarish obyektlari haqida real vaqt rejimida ma’lumotlar olish, jarayon holatini uzluksiz monitoring qilish va boshqaruv qarorlarini avtomatik ravishda qabul qilish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari texnologik jarayonlarning joriy holatini baholash, parametrlarning o‘zgarishini aniqlash, tashqi ta’sirlarni prognozlash hamda boshqaruv strategiyasini avtomatik ravishda moslashtirish imkoniyatiga ega. Bunday tizimlarning asosiy afzalligi shundaki, ular oldindan aniq matematik model mavjud bo‘lmagan yoki parametrlar tez-tez o‘zgarib turadigan murakkab obyektlarda ham samarali ishlashi mumkin. Mashinali o‘qitish algoritmlari va sun’iy neyron tarmoqlar yordamida tizim avvalgi tajribalarni tahlil qiladi, ma’lumotlardan o‘rganadi va boshqaruv sifatini muntazam ravishda yaxshilab boradi.

Hozirgi kunda sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari energetika, kimyo sanoati, neft-gaz majmualari, metallurgiya, oziq-ovqat sanoati va robotlashtirilgan ishlab chiqarish liniyalarida muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Tadqiqotlar natijalari ushbu yondashuv energiya sarfini kamaytirish, uskunalarning ishlash ishonchliligini oshirish, nosozliklarni oldindan aniqlash hamda mahsulot sifatini barqarorlashtirish imkonini berishini ko‘rsatmoqda. Shu bilan birga, sun’iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ishlab chiqarish tizimlarini yanada moslashuvchan, avtonom va samarali boshqarish uchun yangi imkoniyatlarni yaratmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi texnologik jarayonlar uchun sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv modelini ishlab chiqish, uning ishlash tamoyillarini tahlil qilish hamda ishlab chiqarish sharoitlarida samaradorligini baholashdan iborat. Tadqiqot doirasida mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalangan holda adaptiv boshqaruv modeli ishlab chiqilib, uning texnologik parametrlarning o‘zgarishiga moslashish qobiliyati, energiya samaradorligi va boshqaruv aniqligiga

ISSN 3030-3907

ta’siri o‘rganiladi. Olingan natijalar sanoat korxonalarida zamonaviy intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etishning ilmiy va amaliy asoslarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

TADQIQOT USULLARI.

Mazkur tadqiqotda sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimining samaradorligini baholash maqsadida sanoatda keng uchraydigan issiqlik almashinish jarayoni tadqiqot obyekti sifatida tanlandi. Issiqlik almashinish qurilmalari kimyo, neft-gaz, energetika, oziq-ovqat va metallurgiya sanoatida keng qo‘llanilishi hamda ularning energiya samaradorligi ishlab chiqarishning umumiy iqtisodiy ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi bilan ajralib turadi. Ushbu obyekt murakkab dinamik xarakterga ega bo‘lib, texnologik parametrlarning o‘zgarishi boshqaruv tizimining sifatiga bevosita ta’sir qiladi.

Tadqiq etilayotgan jarayon quyidagi asosiy texnologik parametrlar bilan tavsiflandi:

-kirish oqimining harorati;
-chiqish oqimining harorati;
-issiqlik oqimi miqdori;
-energiya sarfi;
-boshqaruv signali;
-tashqi muhit harorati;
-issiqlik uzatish koeffitsiyenti.

Mazkur parametrlar issiqlik almashinish qurilmasining ish rejimini baholash va boshqaruv algoritmining samaradorligini aniqlash uchun asosiy ko‘rsatkichlar sifatida tanlandi.

Tizimning matematik modeli diskret vaqtli holat fazosi ko‘rinishida ifodalandi:

$$[x(k+1)=f(x(k),u(k),d(k))]$$

bu yerda:

(x(k)) — k-vaqtdagi tizimning holat vektori;
(u(k)) — boshqaruv signali;
(d(k)) — tashqi ta’sirlar va noaniqliklar;
(f(x(k))) — obyekt dinamikasini tavsiflovchi nolinear funksiya.

Mazkur model texnologik parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini tavsiflash va sun’iy intellekt algoritmining ishlashini modellashtirish imkonini beradi. Tashqi ta’sirlar sifatida kirish oqimining harorati, yuklama o‘zgarishi hamda tashqi muhit parametrlarining o‘zgarishi hisobga olindi.

Adaptiv boshqaruv algoritmini ishlab chiqishda sun’iy neyron tarmoqlar asosidagi mashinali o‘qitish usullaridan foydalanildi. Neyron tarmoq modeli

ISSN 3030-3907

tarixiy texnologik ma’lumotlar asosida o‘qitildi va keyinchalik real vaqt rejimida boshqaruv qarorlarini shakllantirish uchun qo‘llanildi. O‘qitish jarayonida kirish va chiqish parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi aniqlanib, tizimning dinamik xatti-harakatlarini prognozlash modeli yaratildi.

Tadqiqot ishida ma’lumotlarni qayta ishlash va modelni o‘qitishda quyidagi amallar bajarildi:

-noto‘g‘ri va yetishmayotgan ma’lumotlarni aniqlash;
-ma’lumotlarni filtrlash va normallashtirish;
-o‘qitish va test to‘plamlarini shakllantirish;
-model parametrlarini optimallashtirish;
-prognozlash aniqligini baholash.

Sun’iy neyron tarmoq bir nechta yashirin qatlamlardan tashkil topgan ko‘p qatlamli perceptron (MLP) arxitekturasi asosida qurildi. Aktivatsiya funksiyasi sifatida ReLU funksiyasi, o‘qitish algoritmi sifatida esa gradientni orqaga tarqatish (Backpropagation) usulidan foydalanildi. Modelning o‘qitish sifati o‘rtacha kvadratik xatolik (MSE) va o‘rtacha mutlaq xatolik (MAE) mezonlari yordamida baholandi.

Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

Sensor ma’lumotlarini yig‘ish
↓
Ma’lumotlarni qayta ishlash va normallashtirish
↓
Sun’iy neyron tarmoq modelini shakllantirish
↓
Modelni o‘qitish
↓
Adaptiv boshqaruv algoritmini ishlab chiqish
↓
Simulyatsion sinov
↓
An’anaviy usullar bilan taqqoslash
↓
Boshqaruv sifati va energiya samaradorligini baholash

Tadqiqotning simulyatsion qismi MATLAB/Simulink muhitida amalga oshirildi. Modellashtirish davomida texnologik parametrlarning turli ish rejimlaridagi o‘zgarishlari hisobga olindi. Adaptiv boshqaruv tizimining samaradorligi an’anaviy PID-regulyator asosidagi boshqaruv tizimi bilan solishtirildi. Taqqoslash mezonlari sifatida o‘tish jarayonining davomiyligi, statik

ISSN 3030-3907

xatolik, energiya sarfi va boshqaruvning barqarorligi ko‘rsatkichlari tanlandi.Ushbu metodika sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimining sanoat obyektlarida qo‘llash imkoniyatlarini baholash va uning texnik-iqtisodiy samaradorligini aniqlashga xizmat qiladi.

TADQIQOT NATIJALARI.

Taklif etilgan sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimining samaradorligini baholash maqsadida MATLAB/Simulink muhitida simulyatsion tajribalar o‘tkazildi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan algoritmning ishlash natijalari an’anaviy PID-regulyator asosidagi boshqaruv tizimi bilan taqqoslandi. Taqqoslash jarayonida texnologik parametrlarning turli ish rejimlaridagi o‘zgarishlari, tashqi ta’sirlar hamda yuklamalarning o‘zgarishi hisobga olindi.

Simulyatsiya natijalari sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimining barcha asosiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, tizimning parametrlar o‘zgarishiga moslashish qobiliyati va boshqaruv aniqligi sezilarli darajada yaxshilandi.Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

PID boshqaruv va AI asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari samaradorligini taqqoslash

Ko‘rsatkich	**PID boshqaruv**	**AI asosidagi adaptiv boshqaruv**
O‘tish jarayoni vaqti	12.4 s	8.1 s
Statik xatolik	3.8 %	0.9 %
Energiya sarfi	100 %	89.5 %
Mahsulot sifati barqarorligi	92 %	98 %

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimida o‘tish jarayonining davomiyligi 12,4 soniyadan 8,1 soniyagacha qisqargan. Bu esa boshqaruv tizimining texnologik parametrlar o‘zgarishiga tezroq javob berishini va belgilangan ish rejimiga qisqa vaqt ichida erishishini ko‘rsatadi.

Statik xatolikning 3,8 % dan 0,9 % gacha kamayishi boshqaruv aniqligining sezilarli ravishda oshganligini tasdiqlaydi. Ushbu natija sun’iy neyron tarmoq asosidagi algoritmning obyekt parametrlaridagi o‘zgarishlarni aniqlash va boshqaruv signallarini moslashtirish imkoniyati bilan izohlanadi.

Energiya sarfi ko‘rsatkichlari ham ijobiy natijalarni namoyon etdi. Adaptiv boshqaruv tizimi qo‘llanilganda energiya iste’moli an’anaviy boshqaruv tizimiga nisbatan 10,5 % ga kamaydi. Bu esa ishlab chiqarish korxonalarida energiya

ISSN 3030-3907

resurslaridan samarali foydalanish va ekspluatatsion xarajatlarni qisqartirish imkonini beradi.Mahsulot sifati barqarorligi ko‘rsatkichi 92 % dan 98 % gacha oshdi. Bunday natija texnologik parametrlarning belgilangan qiymatlar atrofida barqaror saqlanishi va tashqi ta’sirlarning mahsulot sifatiga ta’siri kamayishi bilan bog‘liq.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra quyidagi ijobiy o‘zgarishlar kuzatildi:

-boshqaruv aniqligi 76 % ga yaxshilandi;

-energiya sarfi 10,5 % ga kamaydi;

-texnologik parametrlarning barqarorligi sezilarli darajada oshdi;

-tashqi ta’sirlarga moslashish vaqti qisqardi;

-boshqaruv tizimining dinamik xususiyatlari yaxshilandi;

-mahsulot sifatining o‘zgaruvchanligi kamaydi.

Bundan tashqari, modellashtirish jarayonida tashqi muhit haroratining o‘zgarishi va texnologik yuklamaning ortishi kabi holatlar ham tekshirildi. Ushbu sharoitlarda adaptiv boshqaruv tizimi boshqaruv parametrlarini avtomatik ravishda qayta sozlab, texnologik jarayonning barqaror ishlashini ta’minladi. An’anaviy PID-regulyator esa parametrlar keskin o‘zgargan holatlarda nisbatan katta xatoliklarni namoyon etdi.Olingan natijalar sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv algoritmlarining sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish, texnologik jarayonlarni optimallashtirish hamda mahsulot sifatini yaxshilash uchun samarali vosita bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Tadqiqot davomida aniqlangan natijalar ishlab chiqilgan modelning amaliy jihatdan qo‘llash imkoniyatlari yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlarining sanoat texnologik jarayonlarini boshqarishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan simulyatsion tajribalar natijasida ishlab chiqilgan adaptiv boshqaruv algoritmi an’anaviy PID-regulyator asosidagi boshqaruv tizimiga nisbatan boshqaruv aniqligi, energiya samaradorligi va tizimning barqarorligi bo‘yicha ustunlikka ega ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar zamonaviy sanoat korxonalarida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biri ekanligini tasdiqlaydi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, sun’iy neyron tarmoqlar texnologik obyektning dinamik xususiyatlarini o‘rganish va parametrlar o‘zgarishini oldindan prognozlash imkoniyatiga ega. Natijada tizim texnologik jarayon holatidagi o‘zgarishlarni tez aniqlab, boshqaruv strategiyasini avtomatik ravishda moslashtiradi. Bu esa boshqaruv xatoliklarini kamaytirish, o‘tish jarayonlarini tezlashtirish hamda mahsulot sifatini barqaror saqlash imkonini beradi. Ayniqsa, parametrlar vaqt davomida o‘zgarib turadigan yoki matematik modeli murakkab

ISSN 3030-3907

bo‘lgan obyektlarda adaptiv boshqaruv tizimlarining afzalliklari yaqqol namoyon bo‘ladi.

Tadqiqot davomida aniqlangan energiya sarfining kamayishi sun’iy intellekt algoritmlarining texnologik parametrlarni optimal boshqarish qobiliyati bilan izohlanadi. Tizim energiya iste’moli va texnologik ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilib, ishlab chiqarish jarayonining eng maqbul ish rejimini tanlaydi. Bu esa sanoat korxonalarida energiya resurslaridan samarali foydalanish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va ekologik ko‘rsatkichlarni yaxshilash imkonini beradi.

An’anaviy boshqaruv tizimlarida obyekt parametrlarini qayta sozlash odatda operator yoki mutaxassis tomonidan amalga oshiriladi. Bunday yondashuv inson omiliga bog‘liq bo‘lib, qaror qabul qilish tezligi va aniqligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Adaptiv boshqaruv tizimlarida esa parametrlarni qayta sozlash jarayoni avtomatlashtirilgan bo‘lib, boshqaruv qarorlari real vaqt rejimida qabul qilinadi. Natijada inson omili ta’siri kamayadi, tizimning ishonchliligi ortadi va texnologik jarayonlarning uzluksiz ishlashi ta’minlanadi.Shuningdek, tadqiqot natijalari sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlari Industry 4.0 va Industry 5.0 konsepsiyalarining asosiy talablariga mos kelishini ko‘rsatdi. Bunday tizimlar Industrial Internet of Things (IIoT), raqamli egizaklar (Digital Twin), katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish (Big Data Analytics) hamda aqlli sensor tarmoqlari bilan integratsiyalashgan holda yanada yuqori samaradorlikka erishishi mumkin. Shu sababli kelajakda to‘liq avtomatlashtirilgan va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi ishlab chiqarish tizimlarini yaratishda sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv muhim o‘rin tutadi.

Biroq, sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarini amaliyotga joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Avvalo, modelni samarali o‘qitish uchun katta hajmdagi va sifatli ma’lumotlar bazasini shakllantirish talab etiladi. Ma’lumotlarning yetarli bo‘lmasligi yoki sifatsizligi model aniqligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, murakkab neyron tarmoqlarni real vaqt rejimida ishlatish uchun yuqori hisoblash quvvatiga ega apparat vositalari zarur bo‘ladi.

Yana bir muhim masala kiberxavfsizlik bilan bog‘liq. Zamonaviy sanoat korxonalari tobora ko‘proq raqamlashtirilayotganligi sababli boshqaruv tizimlari turli xil kiberxavflarga duch kelishi mumkin. Shu bois sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarini ishlab chiqishda ma’lumotlar xavfsizligi, tarmoq himoyasi va ishonchli aloqa protokollariga alohida e’tibor qaratish zarur.

Umuman olganda, olingan natijalar sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni samarali

ISSN 3030-3907

boshqarish, energiya tejamkorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilashda katta istiqbolga ega ekanligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari ushbu texnologiyalarni amaliyotga keng joriy etish bo‘yicha keyingi ilmiy izlanishlar uchun muhim nazariy va amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni boshqarish uchun sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimining modeli ishlab chiqildi va uning samaradorligi simulyatsion tajribalar asosida baholandi. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida sun’iy neyron tarmoqlar va mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanishga asoslangan adaptiv boshqaruv yondashuvi an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan qator afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi.

Simulyatsiya natijalari sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimi texnologik parametrlarning o‘zgarishlariga tezkor moslasha olishini, boshqaruv xatoliklarini kamaytirishini va ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligini oshirishini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida olingan natijalar boshqaruv tizimining o‘tish jarayoni vaqtini qisqartirish, energiya resurslaridan yanada samarali foydalanish hamda mahsulot sifatining barqarorligini ta’minlash imkonini berishini tasdiqladi. Ishlab chiqilgan adaptiv boshqaruv modeli quyidagi afzalliklarga ega:

-energiya sarfini kamaytiradi;
-boshqaruv aniqligini oshiradi;
-mahsulot sifatini yaxshilaydi;
-tashqi ta’sirlarga tez moslashadi;
-texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlaydi;
-uskunalarning ishlash samaradorligini oshiradi;
-ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta’minlaydi;
-ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi.

Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari Industry 4.0 va Industry 5.0 konsepsiyalari doirasida yaratilayotgan aqlli ishlab chiqarish tizimlarining muhim tarkibiy qismi bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Ushbu yondashuv ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish darajasini oshirish, inson omili ta’sirini kamaytirish va real vaqt rejimida optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyatlarini kengaytiradi.Shuningdek, olingan natijalar sun’iy intellekt texnologiyalarini energetika, kimyo, neft-gaz, metallurgiya va robotlashtirilgan ishlab chiqarish tizimlarida qo‘llash uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan model sanoat korxonalarida energiya tejamkorligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va mahsulot raqobatbardoshligini yaxshilashga xizmat qilishi mumkin.

Kelgusidagi tadqiqotlarda Digital Twin texnologiyalari, Industrial Internet of Things (IIoT), katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish usullari hamda chuqur

ISSN 3030-3907

o‘qitish (Deep Learning) algoritmlarini adaptiv boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalash orqali boshqaruv sifati va prognozlash aniqligini yanada oshirish rejalashtirilmoqda. Bundan tashqari, ishlab chiqilgan modelni real sanoat obyektlarida sinovdan o‘tkazish va ko‘p parametrli murakkab texnologik jarayonlarga moslashtirish istiqbolli ilmiy tadqiqot yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.Umuman olganda, tadqiqot natijalari sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlari zamonaviy sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni boshqarishning samarali va istiqbolli vositasi ekanligini tasdiqlaydi hamda ularni amaliyotga keng joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ogata K. *Modern Control Engineering.* 5th Edition. Pearson Education, 2010. – 912 p.
2. Sutton R.S., Barto A.G. *Reinforcement Learning: An Introduction.* 2nd Edition. MIT Press, 2018. – 552 p.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning.* Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p.
4. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* 4th Edition. Pearson, 2021. – 1168 p.
5. Dorf R.C., Bishop R.H. *Modern Control Systems.* 14th Edition. Pearson Education, 2021. – 1088 p.
6. Çengel Y.A., Boles M.A. *Thermodynamics: An Engineering Approach.* 9th Edition. McGraw-Hill Education, 2019. – 1024 p.
7. Holman J.P. *Heat Transfer.* 11th Edition. McGraw-Hill Education, 2018. – 720 p.
8. Astrom K.J., Murray R.M. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers.* Princeton University Press, 2021. – 408 p.
9. Zhumaniyozov A.A., Axmedov B.A. Avtomatik boshqarish nazariyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020. – 368 b.
10. Yusupbekov N.R., Igamberdiyev H.Z., Malikov A.V. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 412 b.
11. Igamberdiyev H.Z. Intellektual boshqaruv tizimlari va ularning sanoatdagi qo‘llanilishi. – Toshkent: Voris-Nashriyot, 2022. – 285 b.
12. Karimov A.A., Tursunov O.Q. Sun’iy intellekt texnologiyalarining ishlab chiqarish tizimlaridagi qo‘llanilishi // Texnika fanlari axborotnomasi. – 2023. – №4. – B. 45–53.
13. Rao S.S. *Engineering Optimization: Theory and Practice.* 5th Edition. Wiley, 2019. – 840 p.

ISSN 3030-3907

14. Murphy K.P. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective.* MIT Press, 2012. – 1104 p.
15. Bishop C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning.* Springer, 2006. – 738 p.

ISSN 3030-3907