# DATA SCIENCE VA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA AVTOMATIKA TIZIMLARINING INTELLEKTUALLASHTIRILISHI

**Yaxshimurodov Islombek Xolmurod o'g'li.**
*"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti PhD talabasi*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada zamonaviy sanoat avtomatlashtirish tizimida Data Science va Sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarini integratsiyalash orqali avtomatik boshqaruv tizimlarining intellektuallashtirilishi o'rganadi. Maqolada murakkab parametrli va noaniq dinamik obyektlarning boshqaruvi, real vaqt rejimida adaptiv moslashuv, nosozliklarni erta aniqlash va energiya samaradorligini oshirish masalalri ko'rib chiqiladi. Maqolada Data Science yondashuvlari – statisik tahlil, mashinali o'rganish, bashoratli modellashtirish, neyron tarmoqlar va raqamli signalni qayta ishlash yordamida boshqaruv tizimlarining blok strukturasini aniqlash, parametrlarni optimallashtirish va funksional bog'liqliklarni modellashtirish metodikalari taqdim etilgan.

**Kalit so'zlar.** Avtomatik boshqaruv tizimlari, data science, sun'iy intellekt, mashinali o'rganish, adaptiv boshqaruv, IoT va aqlli sensorlar, Sanoat 4.0

**Annotation.** This article explores the intellectualization of automatic control systems by integrating Data Science and Artificial Intelligence (AI) technologies in a modern industrial automation system. The article issues of control of dynamic objects with complex parameters and uncertainty, real-time adaptive adaptation, early detection of failures, and increasing energy efficiency. The article presents methods for determining the block structure of control systems, optimizing parameters, and modeling functional dependencies using Data Science approaches - statistical analysis, machine learning, predictive modeling, neural networks, and digital signal processing.

**Key words.** Automatic control systems, data science, artificial intelligence, machine learning, adaptive control, IoT and smart sensors, Industry 4.0

**Аннотация.** В статье исследуется интеллектуализация систем автоматического управления путем интеграции технологий науки о данных и искусственного интеллекта (ИИ) в современную систему промышленной автоматизации. Рассматриваются вопросы управления сложными и неопределенными динамическими объектами с параметрами, адаптивной адаптации в реальном времени, раннего обнаружения отказов и повышения энерго-эффективности. Представлены методы определения блочной структуры систем управления, оптимизации параметров и моделирования функциональных зависимостей с использованием подходов науки о данных – статистического анализа, машинного обучения, предиктивного моделирования, нейронных сетей и цифровой обработки сигналов.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова.** Системы автоматического управления, наука о данных, искусственный интеллект, машинное обучение, адаптивное управление, Интернет вещей и интеллектуальные датчики, Индустрия 4.0

**Kirish.**

Hozirgi zamon sanoat ishlab chiqarishning yuqori darajadagi avatomatlashtirilishi va raqamlashtirilishi sharoitida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarning samaradorlgi faqatgina an'anaviy nazorat va boshqaruv mexanzimlariga asoslanib emas, balki tizimning strukturaviy arxitekturasi, parametric optimallik darajasi va ularning dinamik muhitiga adaptive moslashuvi bilan ham bevosita bog'liqdir [1]. Bunday tizimlarni yaratishda texnologik jarayonlarning o'zaro bog'liqligi, statistik xarakteri, vaqtinchalik kechikishlas va tashqi ta'sirlar kabi murakkab omillarni hisobga olish zarurati yuzaga chiqmoqda [2].

Shu jihatdan, Data Science – statistic tahlil, Machine Learning, Sun'iy intellekt va raqamli signalni qayta ishlash kabi ilg'or yondashuvlarni o'z ichiga olgan holda – avtomatika tizimlarini tahlil qilish va ularni loyihalashda sezilarli ustunliklarni taqdim etadi. Ma'lumotlarga asoslangan qaror qabul qilish jarayonlari orqali real vaqt rejimida tizimning holatini aniqlash, nosozliklarni erta aniqlash, shuningdek, texnologik parametrlarning optimal qiymatlarini prognozlash imkoniyati yuzaga keladi [3], [4].

Bundan tashqari, Data Science yondashuvlari yordamida kibe-fizik tizimlar, IoT (Internet of Things) qurilmalari va aqlli sensorlar orqali yig'ilgan katta hajmdagi ma'lumotlarni chuqur o'rganish va aqlli sensorlar orqali yig'ilgan katta hajmdagi ma'lumotlarni chuqur o'rganish va ulardan boshqaruv tizimlarini o'z-o'zini o'rganuvchi (self-learning) va o'z-o'zini moslashtiruvchi (self-adaptive) shaklida yaratish mumkin [5]. Bu esa avtomatlashtirilgan tizimlarning funksional ishonchliligini oshirib, ularni murakkab va o'zgaruvchan ish sharoitida yuqori samaradorlik bilan ishlashni ta'minlaydi.

Umuman olganda, ma'lumotlar fanining avtomatika sohasiga integratsiyasi nafaqat mavjud boshqaruv metodikalarini takomillashtirish, balki yangi avlod intellektual boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish uchun ham keng imkoniyatlar eshigini ochmoqda.

Mazkur ilmiy maqolada Data Science texnologiyalarining avtomatika elementlari bazasida boshqarish tizimlari strukturasini sintezlash metodikasini shakllantirishdagi roli va salohiyati atrofilcha yoritiladi. Xususan, boshqarilayotgan texnoligik jarayonlarga oid katta hajmdagi real va tarixiy ma'lumotlarni chuqur o'rganish, tahlil qilish va ularning asosida samarali boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish imkonini beruvchi sun'iy intellekt



ISSN 3030-3907

vositalari, mashinaviy o‘rganish algoritmlari, neyron tarmoqlar va statistic modellash metodlari ilmiy asosda ko‘rib chiqiladi [6].

Shuningdek Data Science yondashuvari yordamida boshqaruv tizimining funksional bloklarni aniqlash, ular orasidagi bog‘liqlikni modellashtirish va bu strukturalarni optimallashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi [7]. Ushbu yondashuv avtomatlashtirilgan tizmlarda moslachuvchan, yuqori aniqlikdagi va real vaqt rejimida ishlovchi boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqishga xizmat qilishi mumkin. Shu bilan birga, tizimning ishonchliligini baholash, nosozliklarni erta aniqlash va profilaktik chora-tadbirlarni belgilashda Data Science yondashuvlarining ahamiyati ham alohida ko‘rsatib o‘tiladi [8].

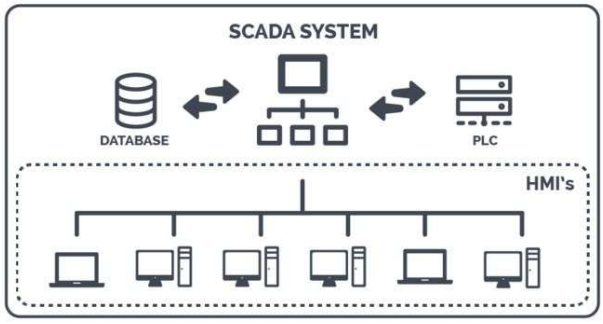
Amaliy jihatdan, maqolada irrigatsiya tizimlari misolida Data Science yondashuvlarini avtomatik boshqaruv tizimlariga integratsiyalash bo‘yicha amalga oshirilgan eksperimental tadqiqotlar, simulyatsiya natijalari hamda real ma’lumotlarga asoslangan tahlillar orqali dalillangan yondashuvlar keltiriladi. Shuningdek, Python, MATLAB va SCADA platformalari orqali amalga oshirilgan ma’lumotlarni qayta ishlash, vizualizatsiya qilish va boshqaruv signalini generatsiyalash bo‘yicha texnik tafsilotlar ham bayon etiladi [9].

Natijada, Data Science texnologiyalarini avtomatika elementlari bilan uzviy bog‘liq holda qo‘llash orqali tizimlarning intellektuallashuvi, ularning moslashuvchanligi va samaradorligini oshirishga erishish mumkinligi ilmiy va amaliy asosda isbotlanadi.

**Avtomatik boshqaruv tizimlari haqida umumiy tushunchalar.** Hozirgi zamon sanoatida boshqaruv tizimlari – inson ishtirokisiz yoki minmal aralashuvi bilan texnologik jarayonlarni maqsadli ravishda boshqaruvchi texnik, dasturiy va intellektual vositalar majmuasidir.

Avtomatik boshqaruv tiziminig asosiy vazifasi – tizim parametlarini oldinda belgilangan qiymatlar atrofida saqlab turish va barqaror ish holatini ta’minlashdir.

Bu tizimlar, SCADA, PLC, IoT va Data Science asosidagi tahlil platformalari bilan integratsiyalashgan holda, real vaqt rejimida o‘lchash, tahlil va qaror qabul qilish imkonini beradi [10], [11].

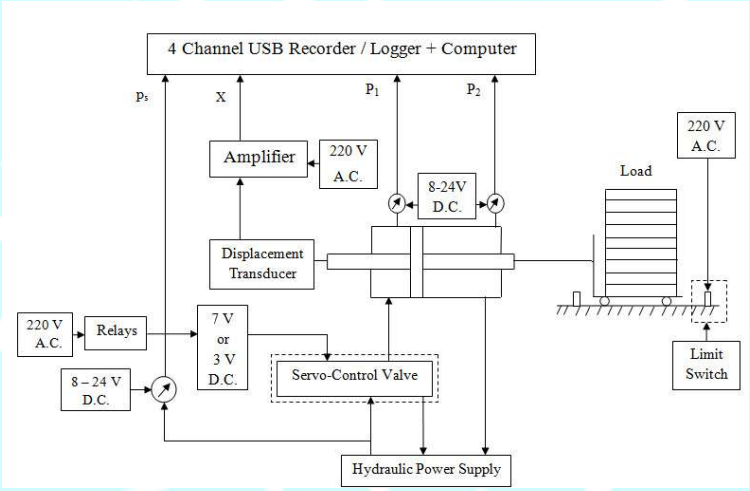



**1-rasm. SCADA boshqaruv tizimi**


ISSN 3030-3907

Avtomatika boshqaruv tizimlarining tarkibiy qismlari quyidgilaridan iborat:

- **Sensorlar (datchiklar) –** o‘lchovlarni real vaqt rejimida uzatadi;
- **Regulyator (controller) –** boshqaruv algoritmini amalga oshiradi;
- **Akutator (ijro) mexanizmi –** regulyator signallariga ko‘ra obyektlarni boshqaradi;
- **Aloqa kanallari –** signallarni uzatish protokollari;
- **Obyekt (process) –** boshqarilayotgan texnologik jarayon.



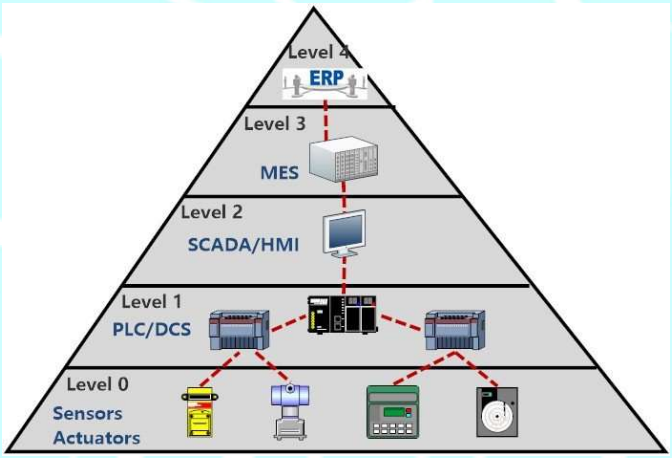

**2-rasm. Avtomatik boshqaruv tizmining umumiy blok sxemasi**

2-rasmda avtomatik boshqaruv tizimining asosiy elementlari – boshqruv obyekti, boshqaruvchi qurilma, o‘lchov sensor qurilmasi va teskari aloqa kanali tasvirlangan. Ushbu sxema jaryonining mohiyati – chiqish signali asosida xatolikni hisoblash va uni minimallashtirish orqali boshqaruv ta’sirini shakllantirish mexanizmini ifodalaydi.

Tizim boshqaruvchi qurilma (controller), boshqaruv obyekti, o‘lchov vositasi (sensor), ta’sir etuvchi element (akutator) hamda teskari aloqa zanjiri kabi asosiy komponentlardan tashkil topadi. Sensor qurilmalari obyektning chiqish o‘zgaruvchisni (masalan, harorat, bosim, daraja yoki tezlik) real vaqt rejimida o‘lchab, uni elektr signal ko‘rinishida boshqaruv qurilmasiga uzatadi [12]. Boshqaruvchi qurilma bu signalni belgilangan maqsad qiyamati bilan solishtiradi va ular orasidagi xatorik siganalini $e(t) = r(t) - y(t)$ ko‘rinishida hisoblaydi . Ushbu xatolik miqdoriga ko‘ra, u boshqaruv ta’siri $u(t)$ ni shakllantiradi [13].

Hosil qilingan boshqaruv signali ijrochi mexanizm orqali boshqaruv obyektiga yuborilib, tizim parametrlarini o‘zgartiradi. Shu tarzda, teskari aloqa mexanizmi yordamida tizim o‘z holatini doimiy tarzda kuzatib boradi va tashqi ta’sirlar yoki ichki o‘garishlarga qarshi avtomatik tarzda moslashadi.


ISSN 3030-3907




**3-rasm. Sanoat avtomatlashtirilgan tizimning arxitekturasi.**

Yuqorida keltirilgan 3-rasmda sanoat avtomatlashtirish tizimining ko‘p darajali (ierarxik) arxitekturasi bo‘lib, u zamonaviy ishlab chiqarish muhitining mantiqiy va funksional tuzilmasini ifodalaydi. Ushbu arxitektura “Sanoat 4.0” konsepsiyasining nazariy va texnologik asosini tashkil etadi hamda ishlab chiqarish jararyonlarini vertical va gorizontal integratsiya tamoyillari asosida boshqarisni ta’minlaydi.

Tizim bir nechta funksional darajalarni o‘z ichiga oladi:

1. **Datchiklar va ijro mexanizmlari darajasi (Field Level)**

Bu eng pastki qatlab bo‘lib, u sensorlar, o‘lchov vositalari, ijro mexanizmlar (akutatorlar) va mahsulot ishlab chiqaruvchi qurilmalardan tashkil topadi. Ushbu daraja texnologik parameterlarni (harorat, bosim, oqim, sath, tebranish va boshqalar) o‘lchash va ularni elektr signal ko‘rinishida yuqori darajalarga uzatish vazifasini bajaradi.

**2. Nazorat darajasi (Control Level)**

Ushbu qatlamda PLC lar, DCS va PID regulyatorlar orqali jarayonlarni real vaqt rejimida boshqarish amalga oshiriladi. PLC lar kirish signallarini tahlil qilib, chiqish signallarini shakllantiradi va shu orqali texnologik jarayonni avtomatik tarzda boshqaradi [14].

**3. Dispetcherlik va vizualizatsiya darjasi (Control Level)**

Bu bosqichda SCADA tizimlari orqali butun ishlab chiqarish jarayonini markazlashtirilgan tarzda kuzatiladi, visual interfeyslar orqali operatorlarga real vaqt ma’lumotlari taqdim etiladi, avariya holatlari aniqlanadi va arxiv ma’lumotlar bazasiga yoziladi [10].

**4. Ishlab chiqarish boshqaruvi darajasi (MES level):**

MES (Manufacturing Execution System) ishlab chiqarish jarayonlarini rejalashtirish, resurslardan foydalanishni optimallashtirish, mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligini monitoring qilish uchun mo‘ljallangan. Bu tizim SCADA orqali olingan ma’lumotlarni qayta ishlaydi va ularni yuqori darajadagi boshqaruv tizimlariga uzatadi.


ISSN 3030-3907

**5. Korxona boshqaruvi darjasi (Enterprise Level)**

Eng yuqori qatlam – ERP (Enterprise Resource Planning) tizimi bo‘lib, u butun korxonaning strategic boshqaruvini amalga oshiradi. ERP tizimlari ishlab chiqarish, moliya, logistika, kadrlar va ta’minot bo‘yicha yagona integratsiyalashgan platformani yaratadi.

Mazkur ierarxik arxitektura quyidagi matematik ifoda orqali tavsiflanadi:

$$A = \{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5\}, \qquad L_i \rightarrow L_{i+1}, \; i = 1,2,3,4,$$

**Bu yerda:**

- $L_1$ – datchiklar va ijro mexnizmlari darajasi;
- $L_2$ – PLClar va DCS darajasi;
- $L_3$ – SCADA tizimlari darajasi;
- $L_4$ – MES tizimlari darajasi;
- $L_5$ – ERP tizimi darajasi;

va ular orasidagi → belgisi axborot almashinuvi va funksional bog‘liqlikni bildiradi [10], [14].

**Data Science va Sun’iy intellekt algoritmlari asosida avtomatik boshqaruvni tashkillashtirish.** Zamonaviy sanoat tizimlarida, xususan energetika, ishlab chiqarish, transport va qishloq xo‘jaligi kabi tarmoqlarda murakkab texnologik obyektlarning boshqaruvi yuqori darajadagi avtomatlashtirish va raqamlashtirish talab qilinmoqda. Ushbu obyektlar o‘z mohiyatiga ko‘ra ko‘p parametrli, noaniq, nolinear xarakterlarga ega bo‘libm ular ko‘plab tashqi va ichki omillari ta’sirida faoliyat yuritadi [15]. Bunday tizimlarning samarali ishlashi uchun an’anaviy determenstik yoki qisman dinamik modellar ko‘plab holatlarda yetarli aniqlikni ta’minlay olmaydi.

Avtomatik boshqaruv tizimlari uchun eng muhim talab – bu tizimning real vaqt rejimida o‘zgaruvchan muhitga moslasha olish (adaptive control) va qaror qabul qilish jarayonlarida optimal strategiyani ta’minlashdir. Shu jihatdan qaraganda, an’anaviy PID, LQR yoki fuzzy-logic asosidagi nazorat modellariini faqat statistik yo‘l bilan sozlash samaradorlikni chegaralaydi. Endilikda, Data Science va Sun’iy Intellekt texnologiyalari avtomatika tizimlariga integratsiya qilish bu chegaralarni kengaytirib, tizimlarning intellektual adaptive boshqaruv bosqichiga o‘tishini ta’minlamoqda [16].

Data Science yondashuvlari – ya’ni statistic tahlil, mashinali o‘rganish (ML) bashoratli modellashtirish (predictive modeling) va raqamli signalni qayta ishlash (DSP) metodlari – tizimni nazariy va amaliy boshqarishda yangi ufqlarni ochmoqda. Katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data) yig‘ish, tozalash. Qayta ishlash va ularni tahlil qilish orqali murakkab korrelyatsion bog‘liqliklarni aniqlash va boshqaruv parametrlarni real vaqt rejimida optimallashtirish imkoniyati paydo bo‘lmoqda.


ISSN 3030-3907

Masalan sanoat ishlab chiqarish linyasida turli datchiklardan keluvchi siganllar yordamida tizim holati aniqlanadi. Ushbu ma'lumotlar Data Science modellariga uzatiladi, ular esa mashinali o'rganish algoritmlari yordamida nosozliklarni erta aniqlash (fault prediction), energiyani tejash, samaradorlikni oshirish va ish jarayonini adaptive boshqarish imkonini beradi [17].

Boshqaruv tizmining adaptivlik darajasi $(\alpha)$ quyidagi matematik ifoda bilan tavsiflanadi:

$$\alpha = f(\frac{dU/dt}{dY/dt}, \sigma_e^2, \Delta t$$

Bu yerda:

$U(t)$ – boshqaruv signali;

$Y(t)$ – chiqish signali;

$\sigma_e^2$ – xatolik dispersiyasi;

$\Delta t$ – yangilanish davri.

Bu funksiya adaptiv tizimning javob tezligi va barqarolik darajasini ifodalaydi.

Data science yondashuvlari asosida boshqaruvb parametrlarini optimallashtirish quyidagi matematik tarzda ko'rsatiladi:

$$\min_{u(t)} J = \int_0^T [(y(t) - y^*(t))^2 + \lambda u^2(t)]dt$$

Bu yerda: $y^*(t)$ – maqsadli qiymat, $\lambda$ – energiya yo'qotish koeffitsienti. Ushbu optimallik funksionali Data Science modelida ML yordamida minimallashtiriladi.

Shuningdek, real vaqt ma'lumotlariga asoslangan bashotarli modellar quyidagi regressiya shaklida aniqlanadi:

$$\hat{y}(t + \tau) = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i(t) + b$$

Bu yerda: $w_i$ – model vaznlari, $x_i(t)$ – kirish parametlari, $b$ – bias kompenenti.

Ushbu modelni gradient descend yordamida quyidagicha optimallashtirish mumkin:

$$w_i^{k+1} = w_1^{(k)} - \eta \frac{\partial J}{\partial w_i}$$

Bu yerda, $\eta$ – o'rganish tezligi, $J$ – yo'qotish funksiyasi.

Avtomatik boshqaruv tizimlarida Data Science asosidagi bashoratli regulyatorni quyidagi umumiy differensial tenglama orqali modellashtirish mumkin:



ISSN 3030-3907

$$\frac{dY(t)}{dt} = AY(t) + BU(t) + \Phi(X(t), \theta$$

Bu yerda: $\Phi(X(t), \theta$ – Data Science modeli (masalan, neyron tarmoq yoki regression blok) tomonidan nolinear funksiya.

Bundan tashqari tizimning stabil holatidagi bashorat aniqligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{N}(y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{N}(y_t - \bar{y})^2}$$

Ushbu koeffitsient, $R^2$ Data Science modelining boshqaruv natijalarini qanchalik to‘g‘ri bashorat qilayotganligini baholaydi.

Natijada, Data Science va avtomatiak sintezi orqali hosil bo‘lgan boshqaruv tizimlari quyidagi asosiy afzallaklilarga ega bo‘ladi:

- Boshqaruv algortimlarining o‘z-o‘zini moslashtirish (self-adaptive control);
- Nosozliklarni erta aniqlash va oldini olish;
- Energiya samaradorligini oshirish;
- Real vaqt rejimida optimallashtirilgan qaror qabul qilish [18].

**Xulosa.**

Xulosa qilib aytganda, ushbu maqolada Data Science va Sun’iy intellekt (AI) metodlarini avtomatik boshqaruv tizimlariga chuqur integratsiyalash orqali shakllanayotgan “intellektuallashtirilgan boshqaruv” paradigmasi ilmiy asosda yoritilib berildi. Maqolada nazariy, metodologik va amaliy jihatdan ushbu konsepsiyaning dolzarbligi, ustunliklari hamda texnik samardorligi tahlil qilinib, quyidagi muhim yo‘nalishlar asosida ilmiy xulosalar berildi:

- **Nazariy va metodolgik asoslarning mustahakamlanishi**

Avtomatik boshqaruv tizimlarining klassik modellari – chiziqli va chiziqsiz differensial tenglamalar, transfer funksiyalari, PID (Proportional-Integral-Derivative), LQR (Linear Quadratic Regulator) va MPC (Model Predective Control) kabi algoritmlar an’anaviy boshqaruv nazariyasinig asosi hisoblanadi. Ushbu modellar odatda determenistik jarayonlarni ifodalaydi va tizim dinamikasini qat’iy fizik qonuniyatlarga asoslanib modellashtiradi.

Biroq zamonaviy texnologik tizimlarda jarayonlarning o‘zgaruvchanligi, noaniqligi va ko‘p parametrli xususiyatlari sababli bu yondashuvlar ko‘p hollarda yetarli aniqlikni ta’minlay olmaydi. Shu sababli, ushbu tadqiqotda Data Science metodlari – ya’ni statistic tahlil, bashoratli regressiya modellari, mashinali o‘rganish (Machine Learning) algoritmlari, neyron tarmoqlar va anomal aniqlash usulllarini boshqaruv tizimlari bilan integratsiya qilish taklif etildi.

- **Strukturaviy optimallashtirish va blok sintez yondashuvi**

Boshqaruv tizimlarining samaradorligi ko‘p jihatdan ularning strukturaviy arxitekturasiga bog‘liq. Ushbu tadqiqotda boshqaruv tizimining funksional bloklari


ISSN 3030-3907

– sensor moduli, signalni qayta ishlash bloke, regulyator, bashoratli boshqaruv moduli, akutator va teskari aloqa kanali o‘rtasidagi bog‘liqliklar Data Science yondashuvlari asosida tahlil qilinadi.

- **Nosozliklarni erta aniqlash, profilaktika va tizim xavfsizligi**

Sanoat avtomatlashtirish tizimlarida yuzaga keluvchi nosozliklarni erta aniqlash va ularning oldini olish tizimning ishonliligi uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Tadqiqot davomida real vaqt rejimida yig‘iladigan sensor ma’lumotlarni tahlil qilish orqali nosozliklarning ehtimollik modellarini shakllantirish yondashuvi ishlab chiqiladi.

- **Kutilayogan ilmiy natija**

Data Science va sun’iy intellekt texnologiyalarning avtomatik boshqaruv tizimlariga integratsiyasi nafaqat ularning funksional imkoniyatlarini kengaytirad, balki boshqaruvni moslashuvchan, bashoratli va o‘z-o‘zini rivojlantiruvchi tizimga aylantiradi. Bu yondashuv Sanoat 4.0 va Kiber-fizika tizimlari (CPS) konsepsiyalarinig amaliy asosini mustahkamlaydi hamda avtomatika sohasining kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishini belgilaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. H.Z.Igamberdiyev, U.F.Mamirov, B.M.Buronov. Algorithms for structural synthesis of control systems for dynamic objects under conditions of unmeasurable disturbances.
2. I.X.Siddikov, R.N.Izmyalova. Control system synthesis with self-adapting regulator by interactive adaptation method.
3. Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., & Lin, J. (2018). Mechanical systems and Signal processing, 104, 799-834. Machinery health prgonostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction.
4. Jardine, A.K.S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). Mechanical systems and Siganl processing, 20(7), 1483-1510. A review on machinery diagnostic implementing condition-based maintenance.
5. Martin Pech, Jaroslav Vrochta, Jiri Bednar. Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: Review
6. Wenjun Li & Ting Li. Comparison of deep learning models for predictive maintenance in industrial manufacturing systems using sensor data.
7. Max Mowbray, Mattia Vallerio, Carlos Perez-Galvan, Dongda Zhang, Antonio Del Rio Chanona and Francisoco J.Navarro-Brull. Royal Society of Chemistry. Industrial data-science – a review of machine learning applications for chemical and process industries.
8. Emanuele Carpanzano, Daniel Knuttel. Advances in artificial intelligence methods applications in industrial control systems: towards cognitive self-optimizing manufacturing systems.


ISSN 3030-3907

9. Chao Shang, Member, IEEE, Wei-Han Chen, Abraham Duncan Stroock, and Fengqi You, Member, IEEE. Robust model predictive control of irrigation systems with active uncertainty learning and data analytics.
10. Francisco Javier Folgado, David Calderon, Isaias Gozalez, Antonio Jose Calderon. Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions, architectures and recent trends.
11. Sascha Julian Oks, Max Jalowski, Michael Lechner, Stefan Mirschberger, Marion Merklein, Birgit Vogel-Heuser&Kathrin M. Moslein. Cyber-Physical systems in the context of Industry 4.0: A review, categorization and outlook.
12. Oroos Arshi & Surajit Mondal. Advancements in sensors and acutators technologies for smart cities: a comprehensive review.
13. Christopher James Forman. Controlling control – A primer in open-source experimental control systems.
14. Edwin Mauricio Martinez, Pedro Ponce, Israel Macias, Arturo Molina. Automation Pyramid as Constructor for a complete Digital Twin, Case Study: A Didactic Manufacturing System.
15. Li Sun & Fengqi You. Sep 21, Volume 7 Issue 9. Machine Learning and Data-Driven Techniques for the control of Smart Power Generation systems: An uncertainty Handling perspective.
16. Min-Fan Ricky. A review on intelligent control theory and applications in process optimization and smart manufacturing.
17. Emanuele Carpanzano, Daniel Knuttel. Advances in Artificial intelligence methods in industrial control systems: Towards Cognitive Self-Optimzing manufacturing systems.
18. Abdelrahman Elsharkawi, Danny Krautz, Erik Rodner. AutoML for Industrial process control.


ISSN 3030-3907