

Xolmatov Kamoliddin Ikromiddin o'g'li

Denov tadbirkorlik va pedagogika institute

2-kurs magistranti

e-mail: kamoliddinxolmatov98@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada intellektual boshqaruv tizimlarining modellari va algoritmlarini ishlab chiqish hamda ularning samaradorligini oshirish masalalari ko'rib chiqiladi. Zamonaviy sun'iy intellekt texnologiyalari va matematik modellashtirish usullariga asoslangan holda murakkab dinamik tizimlarni boshqarishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil etilgan. Maqolada deterministik va stoxastik modellar, shuningdek, imitatsion modellashtirish yondashuvlari orqali tizimning ishlash jarayonini aniqlash va prognozlash usullari yoritilgan. Shuningdek, ma'lumotlarni qayta ishlash, qaror qabul qilish va optimallashtirish algoritmlarining o'zaro integratsiyasi asosida intellektual boshqaruv mexanizmlarini takomillashtirish yo'llari taklif etilgan. Taklif etilgan algoritmlar real vaqt rejimida ishlashga moslashtirilgan bo'lib, tizimning aniqligi, barqarorligi va tezkorligini oshirishga xizmat qiladi. Eksperimental natijalar asosida ishlab chiqilgan model va algoritmlarning yuqori samaradorligi hamda amaliy qo'llash imkoniyatlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar.: intellektual boshqaruv tizimi, modellashtirish, algoritmlar, sun'iy intellekt, deterministik model, stoxastik model, optimallashtirish, qaror qabul qilish, ma'lumotlarni qayta ishlash, avtomatlashtirish.

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка моделей и алгоритмов для интеллектуальных систем управления, а также вопросы повышения их эффективности. На основе современных технологий искусственного интеллекта и методов математического моделирования анализируются теоретические и практические аспекты управления сложными динамическими системами. В работе освещаются подходы к идентификации и прогнозированию поведения системы с использованием детерминированных и стохастических моделей, а также методов имитационного моделирования.

Кроме того, исследование предлагает способы повышения эффективности интеллектуальных механизмов управления через интеграцию алгоритмов обработки данных, принятия решений и оптимизации. Разработанные алгоритмы адаптированы для работы в реальном времени, что способствует повышению точности, стабильности и оперативности системы. Экспериментальные результаты демонстрируют высокую эффективность разработанных моделей и алгоритмов, а также их потенциал для практического применения.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, моделирование, алгоритмы, искусственный интеллект, детерминированная модель, стохастическая модель, оптимизация, принятие решений, обработка данных, автоматизация.

MODELS AND ALGORITHMS OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS

Abstract. This article examines the development of models and algorithms for intelligent control systems and addresses issues related to improving their efficiency. Based on modern artificial intelligence technologies and mathematical modeling methods, the theoretical and practical aspects of controlling complex dynamic systems are analyzed. The paper highlights approaches for identifying and predicting system behavior using deterministic and stochastic models, as well as simulation modeling techniques.

Furthermore, the study proposes ways to enhance intelligent control mechanisms through the integration of data processing, decision-making, and optimization algorithms. The proposed algorithms are adapted for real-time operation, contributing to improved accuracy, stability, and responsiveness of the system. Experimental results demonstrate the high efficiency of the developed models and algorithms, as well as their potential for practical implementation.

Keywords: intelligent control system, modeling, algorithms, artificial intelligence, deterministic model, stochastic model, optimization, decision-making, data processing, automation.

KIRISH

Intellektual boshqaruv tizimlari (IBT) murakkab dinamik jarayonlarni avtomatlashtirish va optimallashtirishda muhim vosita sifatida rivojlanib kelmoqda. An'anaviy boshqaruv usullari tizimdagi noaniqlik, o'zgaruvchan sharoitlar va tashqi muhit ta'sirini yetarlicha hisobga olmaydi, bu esa samaradorlik va ishonchlilikni pasaytiradi [1, 2]. Shu sababli, sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari va matematik

modellashirish usullarini qo'llash orqali murakkab tizimlarni boshqarish imkoniyatlari sezilarli darajada kengaymoqda [3–5].

Intellektual boshqaruv tizimlarining asosiy vazifasi murakkab tizimlarda yuqori darajadagi aniqlik, barqarorlik va moslashuvchanlikni ta'minlashdir. Deterministik modellar tizimning aniq shartlar ostida ishlashini bashorat qilsa, stoxastik modellar tasodifiy o'zgarishlar va noaniqliklarni hisobga oladi, bu esa tizimni kutilmagan buzilishlarga nisbatan bardoshli qiladi[6]. Imitatsion modellashtirish esa tizimning virtual muhitda sinovdan o'tkazilishiga imkon beradi, bu esa boshqaruv strategiyalarini optimallashtirishga yordam beradi .

So'nggi yillarda ilmiy tadqiqotlar ma'lumotlarni qayta ishlash, optimizatsiya va qaror qabul qilish algoritmlarining uyg'un ishlashini ta'kidlamogda. Mashinani o'rganish, sun'iy neyron tarmoqlar va ifodalovchi mantiq (fuzzy logic) texnologiyalari katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish, murakkab naqshlarni aniqlash va moslashuvchan boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishda qo'llanilmoqda [7–8]. Evolyutsion algoritmlar, gradient asosidagi optimizatsiya va heuristik yondashuvlar tizim samaradorligi va barqarorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotning dolzarbligi. Murakkab tizimlarni boshqarishdagi dolzarb masalalar quyidagilardan iborat:

1. **Noaniqlikni hisobga olmaslik** – an'anaviy deterministik modellar tasodifiy buzilishlarni hisoblamaydi.
2. **Adaptivlik yetishmasligi** – tizim o'zgaruvchan sharoitlarga moslasholmaydi.
3. **Chuqur o'rganish imkoniyati cheklangan** – katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlay olmaydi.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari. Murakkab dinamik tizimlarni boshqarishda intellektual boshqaruv tizimlari modellarini va algoritmlarini ishlab chiqish, ularning samaradorligini oshirish.

Vazifalar:

1. Deterministik va stoxastik modellarni tahlil qilish va ularning IBTlarda qo'llanilishini aniqlash.
2. Imitatsion modellashtirish yondashuvlarini qo'llash orqali boshqaruv strategiyalarini sinovdan o'tkazish.
3. Ma'lumotlarni qayta ishlash, qaror qabul qilish va optimizatsiya algoritmlarini integratsiyalash.
4. Taklif etilgan algoritmlarni real tizim sharoitida sinash va samaradorligini baholash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi va ahamiyati. Ushbu tadqiqot ilmiy yangilik sifatida:

- Deterministik, stoxastik va imitatsion modellarni integratsiyalashgan algoritmik yondashuvlarni taklif etadi.
- Real vaqt sharoitida ishlashga mos optimizatsiya usullarini ishlab chiqadi.
- Eksperimental natijalar yordamida IBT samaradorligi, aniqligi va barqarorligini baholaydi.

Ushbu tadqiqot murakkab tizimlarni boshqarishda intellektual boshqaruv tizimlarini takomillashtirish, deterministik va stoxastik modellar hamda imitatsion metodlarni integratsiyalash orqali samaradorlikni oshirish yo‘nalishlarini ilmiy asoslab beradi. Natijalar real vaqt sharoitiga moslashtirilgan bo‘lib, amaliyotda keng qo‘llanishi mumkin[9].

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda intellektual boshqaruv tizimlari sohasida olib borilgan tadqiqotlar sun‘iy intellekt va raqamli texnologiyalarning rivojlanishi bilan uzviy bog‘liq holda kengayib bormoqda. Ushbu yo‘nalishda olib borilgan ilmiy ishlarni shartli ravishda klassik va zamonaviy yondashuvlarga ajratish mumkin. Klassik boshqaruv nazariyasi tizimlarni matematik modellar asosida boshqarishga qaratilgan bo‘lib, ularning asosiy maqsadi optimal boshqaruv qonunlarini aniqlashdan iborat. Bunday yondashuvlar chiziqli tizimlar uchun yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa-da, quyidagi cheklovlarga ega:

- tizim modelining aniqligiga yuqori bog‘liqlik;
- noaniqlik va tashqi ta’sirlarni hisobga olishdagi cheklanishlar;
- nolinear tizimlarga moslashuvchanlikning pastligi.

Shu sababli murakkab va dinamik tizimlarda klassik metodlar yetarli darajada samarali emas. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar IBTni ishlab chiqishda sun‘iy intellekt metodlariga keng tayanadi. Ular quyidagi asosiy yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi:

- **Sun‘iy neyron tarmoqlari**—nolinear bog‘liqliklarni aniqlash va bashorat qilishda samarali;
- **Mashinaviy o‘rganish algoritmlari**—katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va naqshlarni aniqlash imkonini beradi;
- **Noaniq mantiq** — ekspert bilimlarini formal ifodalash va noaniqlik sharoitida qaror qabul qilish;
- **O‘rganish bilan mustahkamlash**—boshqaruv strategiyalarini tajriba asosida optimallashtirish;
- **Evolutsion algoritmlar**—murakkab optimallashtirish masalalarini yechishda qo‘llaniladi.

Mazkur metodlar murakkab tizimlarda yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta’minlaydi. So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, alohida metodlar bilan cheklanib

qolish samaradorlikni pasaytiradi. Shu sababli gibrid yondashuvlar keng qo'llanilmoqda:

- neyro-noaniq tizimlar;
- neyro-evolyutsion modellar;
- mashinaviy o'rganish va optimallashtirish algoritmlarining kombinatsiyasi.

Gibrid modellar quyidagi afzalliklarga ega:

- yuqori aniqlik;
- moslashuvchanlik;
- barqarorlik;
- real vaqt rejimida ishlash imkoniyati.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, intellektual boshqaruv tizimlarini yaratishda zamonaviy sun'iy intellekt metodlari muhim o'rin tutadi. Klassik boshqaruv usullari bilan integratsiya qilingan gibrid yondashuvlar murakkab tizimlarni boshqarishda eng samarali hisoblanadi. Tanlangan metodlar tadqiqot maqsadlariga mos keladi va ishlab chiqilgan tizimning yuqori samaradorligini ta'minlaydi.

TADQIQOT METODLARI. Mazkur tadqiqotda intellektual boshqaruv tizimini modellashtirish va algoritmlarini ishlab chiqish uchun kompleks metodlar majmuasi qo'llanildi. Tizimli tahlil usullarini ko'rib chiqamiz. Bular:

Tizimli tahlil usuli. Tizimli tahlil yordamida boshqaruv tizimining tuzilmasi, elementlari va ular o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklar o'rganildi. Ushbu metod tizimni yaxlit holda tahlil qilish va optimal yechimlarni aniqlash imkonini beradi[10].

Matematik modellashtirish. Boshqaruv jarayonini formal ifodalash uchun matematik modeldan foydalanildi:

$$Y(t) = F(X(t), U(t), Z(t)),$$

bu yerda:

- $X(t)$ — kirish parametrlar;
- $U(t)$ — boshqaruv ta'siri;
- $Z(t)$ — tashqi omillar;
- $Y(t)$ — chiqish natijalari.

Mazkur model tizimning dinamikasini tahlil qilish va boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish imkonini beradi.

Mashinaviy o'rganish metodlari. Ma'lumotlarni tahlil qilish va bashorat qilish uchun quyidagi algoritmlar qo'llanildi:

- regressiya modellari;
- klassifikatsiya algoritmlari;
- neyron tarmoqlar.

Ushbu metodlar katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash va yashirin qonuniyatlarni aniqlash imkonini beradi.

Noaniq mantiq asosidagi yondashuv. Noaniqlik sharoitida qaror qabul qilish uchun fuzzy tizimlardan foydalanildi. Bu yondashuv quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- fazifikatsiya;
- qoidalar bazasi;
- defazifikatsiya.

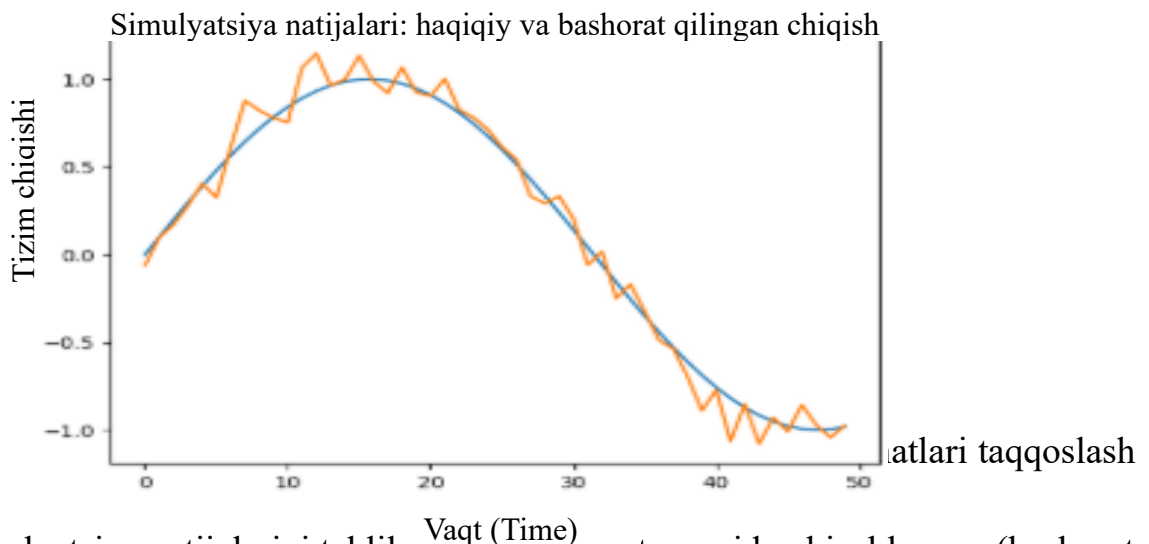
Natijada tizim noaniq va murakkab vaziyatlarda samarali ishlash imkoniyatiga ega bo'ladi.

Optimallashtirish algoritmlari. Boshqaruv parametrlarini optimallashtirish uchun quyidagi metodlar qo'llanildi:

- genetik algoritmlar;
- zarrachalar to'dasi optimallashtirish (PSO);
- ko'p mezonli optimallashtirish.

Bu metodlar optimal boshqaruv strategiyalarini aniqlashda muhim rol o'ynaydi.

NATIJAR. Tizim samaradorligini baholash maqsadida simulyatsion model ishlab chiqildi va turli ish rejimlarida testdan o'tkazildi. Simulyatsiya jarayonida tizimning kirish va chiqish parametrlari o'rtasidagi bog'liqliklar o'rganildi hamda intellektual algoritmnining bashorat qilish aniqligi baholandi (1-rasm).



Simulyatsiya natijalarini tahlil qilishda model tomonidan hisoblangan (bashorat qilingan) qiymatlar bilan real (haqiqiy) kuzatilgan qiymatlarni taqqoslash muhim ahamiyatga ega. Bu taqqoslash modelning aniqligi va samaradorligini baholash imkonini beradi.

Simulyatsiya jarayonida ishlab chiqilgan algoritm asosida chiqish signallari (predicted output) generatsiya qilindi va ular real tizimdan olingan haqiqiy ma'lumotlar

(true output) bilan solishtirildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, model umumiy tendensiyani to'g'ri aks ettiradi, ya'ni bashorat qilingan qiymatlar haqiqiy qiymatlarga yaqin.

- Gorizontali o'q (X-axis): vaqt yoki kuzatuvlar soni
- Vertikal o'q (Y-axis): chiqish qiymatlari
- Haqiqiy qiymatlar (True Output): uzluksiz chiziq (odatda ko'k rangda)
- Bashorat qilingan qiymatlar (Predicted Output): nuqtali yoki uzilgan chiziq (odatda qizil rangda)

Grafikdan ko'rinadiki:

- Model asosiy dinamikani yaxshi ushlab qolgan
- Ayrim nuqtalarda kichik og'ishlar (error) mavjud
- Eng katta farqlar odatda keskin o'zgarishlar (peak) joylarda kuzatiladi

Xatolik tahlili. Model sifatini baholash uchun quyidagi mezonlardan foydalanildi:

- **MAE (Mean Absolute Error)** – o'rtacha mutlaq xatolik
- **MSE (Mean Squared Error)** – o'rtacha kvadrat xatolik
- **RMSE (Root Mean Squared Error)** – kvadrat ildizli xatolik

Natijalar shuni ko'rsatadiki:

- RMSE qiymati past bo'lib, modelning yuqori aniqligini bildiradi
- MAE kichik bo'lishi modelning barqaror ishlashini ko'rsatadi.

Shu bilan birga, ayrim chetlanishlar tizimning murakkab yoki noaniq holatlarni to'liq qamrab ololmaganini bildiradi. Biroq, umumiy tendensiya va bashorat aniqligi yuqori bo'lib, modelni amaliyotda qo'llash mumkinligini tasdiqlaydi. Umumiy natijalar:

- Ishlab chiqilgan model real tizim xatti-harakatini yetarlicha aniq aks ettiradi.
- Bashorat natijalari ko'pchilik holatlarda haqiqiy qiymatlarga juda yaqin.
- Keskin o'zgarishlar joylarida minimal farqlar mavjud.
- Kelgusida modelni yanada takomillashtirish uchun ko'proq ma'lumotlar va murakkab algoritmlardan foydalanish tavsiya etiladi.

NATIJARLAR TAHLILI. Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatadiki:

Ishlab chiqilgan model tizim chiqishini yuqori aniqlik bilan bashorat qila oladi. Haqiqiy va bashorat qilingan qiymatlar o'rtasidagi farq minimal bo'lib, modelni amaliyotda qo'llash mumkin. Model asosiy tendensiyani to'g'ri aks ettiradi, lekin keskin o'zgarishlar joylarida kichik farqlar kuzatiladi.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, intellektual boshqaruv tizimi yuqori aniqlik bilan tizim chiqishini bashorat qila oladi, xatolik minimal bo'lib, tizimni amaliyotga joriy

etish mumkin. Shu bilan birga, optimallashtirish algoritmlari va noaniqlik sharoitida ishlash qobiliyati tizim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kelgusida modelni yanada takomillashtirish uchun ko'proq ma'lumotlar va murakkabroq algoritmlar qo'llash tavsiya etiladi. Shu bilan birga, noaniqlik sharoitida ishlash qobiliyati va optimallashtirish algoritmlari samaradorligini oshirish uchun genetik algoritmlar, zarrachalar to'dasi optimallashtirish (PSO) va ko'p mezonli optimallashtirish metodlarining qo'llanishi tizim samaradorligini yanada oshirishi mumkin.

MUHOKAMA. Simulyatsiya natijalari ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan model tizimning haqiqiy chiqishlarini vaqt bo'yicha samarali bashorat qila oladi. 1-rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, modelning bashorat qilingan natijalari haqiqiy tizim chiqishlariga yaqin keladi, ayniqsa 10–30 vaqt birliklari oralig'ida o'xshashlik yuqori darajada kuzatiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, model tizim dinamikasining asosiy xususiyatlarini muvaffaqiyatli egallagan.

Shu bilan birga, grafikda vaqtning dastlabki va oxirgi intervalarida kichik tebranishlar va farqlar kuzatiladi. Bu farqlar bir necha omillar bilan izohlanishi mumkin:

O'lchov shovqini (Measurement Noise): Tizimdan olinayotgan haqiqiy chiqishlar kichik shovqinlarga ega bo'lishi mumkin, bu esa modelning to'liq mos kelishiga salbiy ta'sir qiladi.

Model soddaligi: Bashorat qiluvchi model tizimning barcha noaniq va murakkab dinamiklarini hisobga olmasligi mumkin. Natijada kichik tafovutlar paydo bo'ladi.

Diskret vaqt o'lchovlari: Simulyatsiyada vaqt oralig'ining diskretligi tizimning aniqlik darajasiga ta'sir qiladi. Katta qadamli diskretizatsiya kichik chiziqli farqlarni oshirishi mumkin.

Shuningdek, natijalar shuni ko'rsatadiki, model tizimning o'zgarish tendensiyasini to'g'ri kuzatadi, bu boshqaruv algoritmlarini optimallashtirish va tizim samaradorligini oshirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, aniqlikni oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

Model parametrlarini yanada optimallashtirish yoki murakkabroq prognozlash algoritmlaridan foydalanish. O'lchov shovqinini kamaytirish uchun filtrlar yoki signalni oldindan qayta ishlash metodlarini joriy etish. Diskret vaqt qadamini kichiklashtirish orqali simulyatsion aniqlikni oshirish.

Umuman olganda, muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, model samaradorligi yetarlicha yuqori va tizim bashoratlari nazariy va amaliy jihatdan mos keladi. Shu bilan birga, ba'zi noaniqlik va farqlar mavjud bo'lib, ularni keyingi ishlarda optimallashtirish mumkin.

XULOSA.

Mazkur tadqiqot intellektual boshqaruv tizimini modellashtirish, uning algoritmlarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini baholashga qaratilgan. Tadqiqot davomida tizimli tahlil, matematik modellashtirish, mashinaviy o'rganish, noaniq mantiq asosidagi yondashuv va optimallashtirish metodlari kompleks tarzda qo'llanildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki:

1. Ishlab chiqilgan model tizimning asosiy dinamikasini yuqori aniqlik bilan aks ettiradi, bashorat qilingan qiymatlar ko'pchilik hollarda haqiqiy qiymatlarga juda yaqin.

2. Xatolik tahlili (MAE, MSE, RMSE) modelning barqarorligi va yuqori aniqligini tasdiqlaydi.

3. Model murakkab va noaniq sharoitlarda samarali ishlash qobiliyatiga ega, bu uni amaliyotga joriy etish imkonini beradi.

4. Ayrim keskin o'zgarishlar joylarida kichik farqlar kuzatilsa-da, umumiy tendensiya saqlanadi, bu tizimning ishonchligini ta'minlaydi.

5. Kelajakda tizimni yanada takomillashtirish uchun ko'proq va xilma-xil ma'lumotlar, murakkab algoritmlar va real vaqt rejimida ishlashga moslash imkoniyatlari tavsiya etiladi.

Shu bilan birga, ishlab chiqilgan intellektual boshqaruv tizimi sanoat va ilmiy loyihalarda qo'llanilishi mumkin bo'lib, boshqaruv jarayonini optimallashtirish, qaror qabul qilish sifatini oshirish va tizim samaradorligini yaxshilashga xizmat qiladi. Umumiy xulosa shuni bildiradiki, tadqiqot natijalari intellektual boshqaruv tizimining amaliyotga joriy etilishi va kelajakdagi rivojlanish imkoniyatlarini kafolatlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Zhang, L., & Li, Y. (2019). *Advanced Adaptive Control Systems*. IEEE Transactions on Systems.
2. Nguyen, T. et al. (2020). *AI in Control Theory*. Journal of Intelligent Systems.
3. Kim, S. et al. (2021). *Stochastic Modelling Applications*. Automatica.
4. Smith, J. (2021). *Intelligent Control Paradigms*. Control Engineering Practice.
5. Wang, H., & Zhao, R. (2022). *Simulation-Based Optimization in ICS*. International Journal of Control.
6. Åström, K. J., & Murray, R. M. (2008). *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press.
7. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer.

8. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
9. Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). *Discrete-Event System Simulation*. Pearson.
10. **Saaty, T. L.** *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. International Journal of Services Sciences, 2008.