



UDK 681.5:004.8:004.032.26

NEYRON TARMOQLI IDENTIFIKATSIYA ASOSIDA TEXNOLOGIK JARAYONLARNI ADAPTIV BOSHQARISH ALGORITMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

O'roqova Shahzoda Tojimurodovna

Temiz shahar 20- sonli maktab

shahzodatojimurodovna@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisdagi texnologik jarayonlarni boshqarishda neyron tarmoqli identifikatsiya va adaptiv boshqaruv algoritmlarini birlashtirish masalalari ko'rib chiqiladi. Nolinear, parametrlari vaqt davomida o'zgaruvchi va tashqi ta'sirlarga sezgir obyektlarda klassik boshqaruv usullarining cheklovlari tahlil qilinib, real vaqt rejimida obyekt dinamikasini baholash va regulator parametrlarini moslashtirishga asoslangan yondashuv taklif etiladi. Sun'iy neyron tarmoqlar yordamida kirish-chiqish bog'lanishlarini identifikatsiyalash, xatolik signalidan foydalanib model parametrlarini yangilash, adaptiv regulatorning ishlash mantiqi hamda barqarorlikni ta'minlash shartlari yoritiladi. Taklif qilinayotgan yondashuv kimyo, energetika, oziq-ovqat, metallurgiya va boshqa uzluksiz texnologik jarayonlarda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: texnologik jarayon, neyron tarmoq, adaptiv boshqaruv, identifikatsiya, nolinear obyekt, real vaqt, regulator, bashoratlash, sun'iy intellekt.

Аннотация. В тезисе рассматриваются вопросы интеграции нейросетевой идентификации и адаптивных алгоритмов управления технологическими процессами. Анализируются ограничения классических методов управления для нелинейных объектов с изменяющимися во времени параметрами и внешними возмущениями. Предлагается подход, основанный на оценивании динамики объекта в реальном времени и последующей адаптации параметров регулятора. Рассматриваются идентификация входно-выходных зависимостей с помощью искусственных нейронных сетей, обновление параметров модели по сигналу ошибки, логика адаптивного регулятора и условия обеспечения устойчивости. Подход может быть использован в химической, энергетической, пищевой, металлургической и других отраслях с непрерывными технологическими процессами.

Ключевые слова: технологический процесс, нейронная сеть, адаптивное управление, идентификация, нелинейный объект, реальное время, регулятор, прогнозирование, искусственный интеллект.



Abstract. This thesis considers the integration of neural-network identification and adaptive control algorithms for technological processes. The limitations of conventional control methods are discussed for nonlinear plants with time-varying parameters and external disturbances. An approach is proposed in which the process dynamics are estimated online and the controller parameters are adapted according to the current model and tracking error. Particular attention is paid to input-output identification using artificial neural networks, online updating of model parameters, the logic of adaptive control, and practical conditions for maintaining stability. The proposed framework can be applied to continuous processes in chemical, energy, food-processing, metallurgical, and related industries.

Keywords: technological process, neural network, adaptive control, identification, nonlinear plant, real-time control, controller, prediction, artificial intelligence.

KIRISH

Zamonaviy sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlari murakkablashib, boshqaruv tizimlariga qo'yiladigan talablar keskin ortmoqda. Harorat, bosim, sarf, sath, tezlik va tarkib kabi parametrlarni belgilangan chegarada saqlash nafaqat mahsulot sifatiga, balki energiya sarfi, uskunaning ishonchliligi va texnologik xavfsizlikka ham bevosita ta'sir qiladi. Biroq ko'plab real obyektlarda dinamik xarakteristikalar ish rejimi, xomashyo xususiyati, tashqi muhit va uskunaning eskirishi sababli vaqt davomida o'zgarib boradi.

Klassik PID-regulatorlar oddiy va ishonchli bo'lsa-da, ularning doimiy parametrlar asosida ishlashi kuchli nolinearlik, kechikish, o'zgaruvchan yuklama yoki noaniq matematik model mavjud bo'lgan sharoitda boshqaruv sifatini pasaytirishi mumkin. Bunday holatlarda regulatorni davriy qayta sozlash talab qilinadi, bu esa operatorga bog'liqlikni oshiradi va avtomatlashtirish darajasini cheklaydi.

Neyron tarmoqlar murakkab nolinear bog'lanishlarni eksperimental ma'lumotlar asosida o'rganish qobiliyatiga ega. Shu sababli ular texnologik obyektni identifikatsiyalash, chiqish parametrlarini bashoratlash, nosozliklarni aniqlash va boshqaruv signalini shakllantirishda samarali vosita bo'lishi mumkin. Adaptiv boshqaruv esa obyekt xususiyatlari o'zgarganda regulator parametrlarini avtomatik ravishda moslashtirishga xizmat qiladi. Ushbu ikki yondashuvning integratsiyasi boshqaruv tizimini statik sozlamalardan dinamik, o'z-o'zini moslashtiruvchi tuzilishga o'tkazish imkonini beradi.

Mazkur tezisning maqsadi neyron tarmoqli identifikatsiya asosida texnologik jarayonlarni adaptiv boshqarish algoritmlarini takomillashtirishning nazariy va amaliy jihatlarini yoritish, bunday tizimning strukturasi, ishlash tamoyili va asosiy afzalliklarini tahlil qilishdan iborat.

ASOSIY QISM



Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarishda birinchi muhim masala obyektning adekvat matematik modelini olishdir. An'anaviy identifikatsiya usullarida obyekt differensial tenglamalar, uzatish funksiyalari yoki holat tenglamalari orqali ifodalanadi. Bunday modellar fizik mazmuni jihatidan tushunarli bo'lsa-da, murakkab nolinear jarayonlarda model tuzish katta hajmdagi eksperimental va nazariy ishni talab qiladi. Ayrim hollarda esa barcha fizik bog'lanishlarni to'liq hisobga olish amalda qiyin.

Neyron tarmoqli identifikatsiyada esa obyektning kirish va chiqish signallari orasidagi bog'lanish ma'lumotlar asosida o'rganiladi. Ko'p qatlamli perceptron, radial bazis funksiyali tarmoq yoki qayta bog'langan neyron tarmoqlar dinamik jarayonlarni approksimatsiya qilish uchun ishlatilishi mumkin. Agar $y(k)$ obyekt chiqishi, $u(k)$ boshqaruv signali bo'lsa, neyron modelning vazifasi oldingi o'lchovlar asosida $y(k+1)$ qiymatini baholashdan iborat bo'ladi. Model xatoligi haqiqiy va bashoratlangan chiqish orasidagi farq orqali aniqlanadi.

Onlayn identifikatsiyaning asosiy ustunligi shundaki, neyron model faqat boshlang'ich o'qitish bilan cheklanmaydi. Jarayon ishlayotgan vaqtda yangi ma'lumotlar kelishi bilan tarmoq og'irliklari yangilanadi. Natijada model obyekt parametrlaridagi sekin o'zgarishlarni kuzatib borishi mumkin. Biroq yangilash tezligi haddan tashqari yuqori bo'lsa, sensor shovqini yoki qisqa muddatli tasodifiy og'ishlar modelga salbiy ta'sir qiladi. Shu sababli o'qitish tezligi, filtrlash va ma'lumotlar oynasining uzunligi ehtiyotkorlik bilan tanlanishi kerak.

Adaptiv boshqaruvning umumiy tamoyili boshqaruv tizimida ikki asosiy kontur mavjud bo'lishiga asoslanadi. Birinchi kontur texnologik obyektни bevosita boshqaradi. Ikkinchi kontur esa obyekt holatini kuzatadi, model xatoligini hisoblaydi va regulator parametrlarini yangilaydi. Agar jarayon dinamikasi o'zgarsa, identifikatsiya moduli bu o'zgarishni aniqlaydi va regulator yangi sharoitga moslashtiriladi.

Neyron tarmoqdan foydalanishning bir necha sxemasi mavjud. Birinchi variantda neyron tarmoq faqat obyekt modeli sifatida ishlaydi, boshqaruv esa klassik yoki optimal regulator yordamida amalga oshiriladi. Ikkinchi variantda neyron tarmoq bevosita boshqaruvchi vazifasini bajaradi va kerakli boshqaruv signalini shakllantiradi. Uchinchi variant gibrid yondashuv bo'lib, unda PID-regulatorning K_p , K_i va K_d koeffitsientlari neyron tarmoq yordamida real vaqt rejimida sozlanadi. Sanoat uchun aynan gibrid variant ko'pincha xavfsizroq va tushunarliroq hisoblanadi.

Texnologik jarayonlarda vaqt kechikishi alohida muammo hisoblanadi. Masalan, issiqlik almashinish qurilmasida boshqaruv ta'siri berilganidan so'ng harorat darhol o'zgarmaydi. Kechikish katta bo'lsa, oddiy teskari aloqa tizimida ortiqcha rostlash yoki tebranish yuzaga kelishi mumkin. Neyron tarmoq jarayonning yaqin kelajakdagi holatini bashorat qilishi va regulatorga kechikishni hisobga olgan holda boshqaruv signalini oldindan shakllantirish imkonini beradi.



Adaptiv neyron boshqaruv tizimining samaradorligi ma'lumotlarning sifatiga juda bog'liq. Sensor kalibrovkasidagi xato, yetarli bo'lmagan diskretlash chastotasi, signalning uzilishi yoki kuchli shovqin noto'g'ri model hosil bo'lishiga olib keladi. Shu sababli amaliy tizimda ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash, anomaliyalarni aniqlash, sensorlarni diagnostika qilish va normalizatsiya qilish jarayonlari alohida modul sifatida ko'zda tutilishi lozim.

Barqarorlik masalasi neyron tarmoqli boshqaruvning eng muhim jihatlaridan biridir. Neyron tarmoq yuqori approksimatsiya imkoniyatiga ega bo'lsa ham, uning har bir chiqishi avtomatik ravishda xavfsiz boshqaruv ta'sirini anglatmaydi. Sanoat obyektlarida aktuatorning maksimal va minimal chegaralari, texnologik parametrlarning ruxsat etilgan diapazoni hamda avariya holatlari qat'iy hisobga olinishi kerak. Shu sababli intellektual regulator ustidan cheklovchi himoya konturi yoki klassik zaxira regulatorining mavjudligi maqsadga muvofiq.

Amaliy realizatsiyada tizim real vaqt talablariga javob berishi zarur. Neyron tarmoqning murakkabligi boshqaruv sikli davomida hisob-kitobni yakunlash imkonini berishi kerak. Agar texnologik obyekt sekin o'zgaruvchi bo'lsa, hisoblash uchun ko'proq vaqt mavjud; yuqori tezlikdagi elektr yuritma yoki robot tizimida esa millisekundlik kechikishning o'zi sezilarli bo'lishi mumkin. Shuning uchun tarmoq arxitekturasida jarayon dinamikasiga mos ravishda tanlanadi.

Neyron tarmoqli adaptiv boshqaruvning istiqbolli yo'nalishlaridan biri raqamli egizak bilan integratsiyadir. Raqamli egizak real texnologik obyektning virtual nusxasi sifatida jarayon holatini kuzatadi, turli boshqaruv strategiyalarini xavfsiz muhitda sinovdan o'tkazadi va regulator parametrlarini optimallashtirishga yordam beradi. Bunda neyron model real ma'lumotlar bilan doimiy yangilanib, obyektning joriy holatini aniqroq aks ettiradi.

Takomillashtirilgan boshqaruv arxitekturasida uch bosqichni ajratish mumkin: ma'lumotlarni yig'ish va oldindan qayta ishlash; neyron identifikatsiya va holatni bashoratlash; adaptiv boshqaruv signalini shakllantirish. Ushbu bosqichlarning uzluksiz o'zaro bog'lanishi tizimning o'zgaruvchan ish sharoitlariga moslashishini ta'minlaydi.

1-jadval. Texnologik jarayonlarni boshqarishda asosiy yondashuvlarning qiyosiy tavsifi

Yondashuv	Afzalligi	Cheklovi	Qo'llash sohasi
Klassik PID	Sodda, ishonchli, sanoatda keng tarqalgan	Parametrlar o'zgarsa qayta sozlash talab etadi	Barqaror va nisbatan chiziqli jarayonlar
Adaptiv PID	Regulator koeffitsientlari ish jarayonida moslashadi	Moslashtirish qonunini to'g'ri tanlash kerak	O'zgaruvchan yuklamali obyektlar



Neyron identifikatsiya + PID	Nolinear obyektning ma'lumotlar asosida baholaydi	Ma'lumot sifati va o'qitish barqarorligiga bog'liq	Murakkab texnologik jarayonlar
Neyron boshqaruvchi	Murakkab nolinear bog'lanishlarni o'rganadi	Tushuntiriluvchanlik va xavfsizlik muammosi	Yuqori darajadagi intellektual boshqaruv
Gibrid adaptiv tizim	Klassik ishonchlilik va AI moslashuvchanligini birlashtiradi	Arxitektura va hisoblash murakkabroq	Sanoatning mas'uliyatli boshqaruv obyektlari

Taklif etilayotgan gibrid yondashuvning asosiy g'oyasi neyron tarmoqni klassik regulatorni to'liq almashtirish vositasi sifatida emas, balki uning moslashuvchanligini oshiruvchi identifikatsiya va parametrlarni tuzatish moduli sifatida qo'llashdan iborat. Bunday yechim sanoat sharoitida xavfsizlik, tushuntiriluvchanlik va mavjud avtomatika vositalari bilan integratsiya nuqtai nazaridan amaliyroq hisoblanadi.

Algoritmning soddalashtirilgan ishlash ketma-ketligi quyidagicha: sensorlardan ma'lumot olinadi; signal filtrlab va normallashtirib olinadi; neyron model jarayonning keyingi holatini hisoblaydi; bashorat xatosi aniqlanadi; xato belgilangan chegaradan oshsa, neyron model va regulator parametrlari yangilanadi; so'ng yangi boshqaruv signali shakllantiriladi. Bu sikl real vaqt rejimida takrorlanadi.

Texnologik samaradorlikni baholashda faqat rostlash xatoligiga tayanish yetarli emas. Integral absolut xato, o'tish jarayonining davomiyligi, ortiqcha rostlash, energiya sarfi, aktuatorning ishlash intensivligi va texnologik cheklovlarning buzilish chastotasi kabi mezonlar birgalikda hisobga olinishi lozim. Shu yondashuvga intellektual algoritmning haqiqiy ishlab chiqarish sharoitidagi foydasini to'liq ko'rsatadi.

XULOSA

Texnologik jarayonlarni neyron tarmoqli identifikatsiya asosida adaptiv boshqarish klassik avtomatik boshqaruv tizimlarining moslashuvchanligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Neyron model obyektning nolinear va vaqt davomida o'zgaruvchi xususiyatlarini ma'lumotlar asosida baholaydi, adaptiv regulator esa ushbu baholardan foydalanib boshqaruv parametrlarini joriy ish rejimiga moslashtiradi.

Eng maqbul amaliy yechimlardan biri gibrid arxitektura bo'lib, unda neyron tarmoq mavjud PID yoki boshqa klassik regulatorni to'liq almashtirmaydi, balki uning koeffitsientlarini aniqlashtirish, obyekt holatini bashoratlash va parametr o'zgarishini kompensatsiya qilish



vazifasini bajaradi. Bu yondashuv sanoat avtomatikasida zarur bo'lgan ishonchlilik va intellektual moslashuvchanlikni birlashtiradi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda onlayn o'qitishning barqarorligi, sensor ma'lumotlaridagi noaniqlik, neyron modelning tushuntiriluvchanligi, kiberxavfsizlik va real vaqt hisoblash xarajatlarini birgalikda hisobga olish muhim. Shuningdek, neyron boshqaruvni raqamli egizak, prediktiv diagnostika va sanoat IoT platformalari bilan integratsiyalash texnologik jarayonlarni boshqarishning yangi avlod tizimlarini yaratishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Åström, K. J., & Wittenmark, B. (2008). Adaptive control (2nd ed.). Dover Publications.
2. Haykin, S. (2009). Neural networks and learning machines (3rd ed.). Pearson.
3. Narendra, K. S., & Parthasarathy, K. (1990). Identification and control of dynamical systems using neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1(1), 4–27.
4. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.
5. Ljung, L. (1999). System identification: Theory for the user (2nd ed.). Prentice Hall.
6. Sjöberg, J., Zhang, Q., Ljung, L., Benveniste, A., Delyon, B., Glorennec, P.-Y., Hjalmarsson, H., & Juditsky, A. (1995). Nonlinear black-box modeling in system identification: A unified overview. *Automatica*, 31(12), 1691–1724.
7. Camacho, E. F., & Bordons, C. (2007). Model predictive control (2nd ed.). Springer.
8. Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A., & Doyle, F. J. (2017). Process dynamics and control (4th ed.). Wiley.
9. Slotine, J.-J. E., & Li, W. (1991). Applied nonlinear control. Prentice Hall.
10. Qin, S. J., & Badgwell, T. A. (2003). A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice*, 11(7), 733–764.