



UDK 681.5:621.865:004.89

MEXATRONIKA TIZIMLARIDA SENSORLAR VA INTELLEKTUAL BOSHQARUV ALGORITMLARINI QO'LLASH

Boyirov Shodmon Erkinovich

Muxammad Al- Xorazmiy nomidagi ixtisoslashtirilgan maktab Termiz filiali Matematika fani
o'qituvchisi

shodmonboyirov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisdagi mexatronika tizimlarida sensorlardan foydalanish va intellektual boshqaruv algoritmlarini joriy etishning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilinadi. Pozitsiya, tezlik, kuch, harorat, bosim va tasvir sensorlaridan olinadigan ma'lumotlar mexatronik qurilmalarning holatini real vaqt rejimida baholash, nosozliklarni erta aniqlash hamda boshqaruv sifatini oshirish imkonini beradi. Fuzzy logic, neyron tarmoqlar, adaptiv boshqaruv va modelga asoslangan prediktiv boshqaruv algoritmlarining afzalliklari va qo'llash shartlari ko'rib chiqiladi. Sensor ma'lumotlarini birlashtirish, filtrlash va intellektual qaror qabul qilish mexanizmlarining robototexnika, avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish va servis mexatronikasidagi ahamiyati asoslanadi.

Kalit so'zlar: mexatronika, sensor, intellektual boshqaruv, fuzzy logic, neyron tarmoq, adaptiv boshqaruv, prediktiv boshqaruv, sensor fusion, robototexnika.

Аннотация. В тезисе анализируются современные подходы к применению сенсоров и интеллектуальных алгоритмов управления в мехатронных системах. Данные, получаемые от датчиков положения, скорости, силы, температуры, давления и машинного зрения, позволяют оценивать состояние мехатронного объекта в реальном времени, повышать точность управления и выявлять неисправности на ранней стадии. Рассматриваются преимущества и условия применения нечеткой логики, нейронных сетей, адаптивного управления и модельно-прогнозного управления. Обосновывается роль объединения сенсорных данных, цифровой фильтрации и интеллектуальных механизмов принятия решений в робототехнике, автоматизированном производстве и сервисной мехатронике.

Ключевые слова: мехатроника, сенсор, интеллектуальное управление, нечеткая логика, нейронная сеть, адаптивное управление, прогнозное управление, объединение данных, робототехника.

Abstract. This thesis examines modern approaches to the use of sensors and intelligent control algorithms in mechatronic systems. Data obtained from position, velocity, force, temperature, pressure, and vision sensors make it possible to estimate system states in real time,



improve control accuracy, and detect faults at an early stage. The paper discusses the advantages and application conditions of fuzzy logic, neural networks, adaptive control, and model predictive control. Particular attention is paid to sensor fusion, digital filtering, and intelligent decision-making mechanisms in robotics, automated manufacturing, and service mechatronics.

Keywords: mechatronics, sensor, intelligent control, fuzzy logic, neural network, adaptive control, model predictive control, sensor fusion, robotics.

KIRISH

Mexatronika mexanika, elektronika, avtomatik boshqaruv va axborot texnologiyalarining integratsiyasiga asoslangan fanlararo yo‘nalish bo‘lib, zamonaviy robotlar, CNC dastgohlari, avtomatlashtirilgan transport vositalari, tibbiy uskunalari va aqlli ishlab chiqarish tizimlarining texnologik asosini tashkil etadi. Bunday tizimlarning ishlash sifati faqat ijro mexanizmlarining aniqligi bilan emas, balki tashqi va ichki muhit haqidagi ma’lumotni qay darajada tez va ishonchli qabul qila olishi bilan ham belgilanadi.

Sensorlar mexatronika tizimning “sezgi organlari” vazifasini bajaradi. Ular mexanik siljish, aylanish burchagi, tezlik, tezlanish, kuch, moment, bosim, harorat, yorug‘lik va tasvir kabi fizik kattaliklarni elektr yoki raqamli signalga aylantiradi. Shu signal asosida boshqaruvchi qurilma obyekt holatini baholaydi va kerakli boshqaruv ta’sirini shakllantiradi. Amaliyotda sensorlardan olinadigan ma’lumot shovqin, kechikish yoki noaniqlik bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin, shuning uchun faqat klassik boshqaruv qonunlari bilan yuqori aniqlikni ta’minlash har doim ham yetarli emas.

So‘nggi yillarda mexatronika tizimlarda intellektual boshqaruv algoritmlarining roli ortib bormoqda. Fuzzy logic, sun‘iy neyron tarmoqlar, adaptiv algoritmlar, modelga asoslangan prediktiv boshqaruv hamda mashinaviy o‘rganishga tayangan diagnostika usullari tizimning noma’lum, o‘zgaruvchan yoki kuchli nolinear sharoitlarda ham barqaror ishlashiga yordam beradi. Mazkur tezisning maqsadi sensor ma’lumotlari va intellektual boshqaruv usullarining o‘zaro integratsiyasini tahlil qilish hamda ularning mexatronika tizimlar samaradorligiga ta’sirini yoritishdan iborat.

ASOSIY QISM

Mexatronika qurilmalarda qo‘llaniladigan sensorlar vazifasiga ko‘ra bir necha guruhga ajratiladi. Pozitsiya va siljish sensorlariga enkoderlar, potensiometrlar, LVDT datchiklari va optik o‘lchov tizimlari kiradi. Aylanish tezligi va tezlanishni o‘lchashda tahometr, giroskop va akselerometrlar qo‘llaniladi. Kuch va moment datchiklari manipulyatorlarda obyektidan ushlab kuchini nazorat qilishda, kollaborativ robotlarda esa inson bilan xavfsiz o‘zaro ta’sirni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Harorat, bosim va oqim sensorlari sanoat mexatronikasida texnologik jarayonning barqarorligini nazorat qiladi.



Sensor tanlashda faqat o'lchash diapazoni emas, balki aniqlik, sezgirlik, takrorlanuvchanlik, javob berish vaqti, shovqinga chidamlilik, ish harorati va interfeys turi ham hisobga olinadi. Masalan, yuqori tezlikdagi servo tizimda kechikishi katta bo'lgan sensor yopiq konturdagi boshqaruv sifatini keskin pasaytirishi mumkin. Shuning uchun sensorning texnik tavsifi boshqaruv algoritmi talablariga moslashtirilishi zarur.

Mexatronik tizimlarda sensorlardan olingan xom signal odatda bevosita boshqaruv konturiga uzatilmaydi. Avvalo signalni normallashtirish, raqamlashtirish va filtrlash bajariladi. Past chastotali filtr, median filtri yoki Kalman filtri yordamida shovqin ta'siri kamaytiriladi. Ayniqsa inertial o'lchov modullari, mobil robotlar va avtonom platformalarda Kalman filtridan foydalanish bir nechta datchik ma'lumotlarini uyg'unlashtirib, tizim holatini aniqroq baholash imkonini beradi.

Bir nechta sensor ma'lumotlarini yagona qarorga birlashtirish sensor fusion deb ataladi. Masalan, mobil robot navigatsiyasida enkoder g'ildirak aylanishi haqida, IMU tezlanish va burchak tezligi haqida, lidar yoki kamera esa tashqi muhitdagi obyektlar haqida axborot beradi. Alohida olingan har bir sensor xatoga ega bo'lishi mumkin, biroq ularning ma'lumotlarini matematik yoki intellektual algoritm orqali birlashtirish natijasida holatni baholash ishonchliligi oshadi.

Klassik PID boshqaruv algoritmi sanoatda keng tarqalgan bo'lsa-da, parametrlar tez-tez o'zgaradigan, nolinear yoki noaniq obyektlar uchun uning samaradorligi cheklanishi mumkin. Shu holatda fuzzy logic boshqaruvi foydali bo'ladi. Fuzzy regulator qat'iy matematik modeldan ko'ra ekspert qoidalariga asoslanadi. Masalan, "xato katta va xato tezligi musbat bo'lsa, boshqaruv ta'sirini keskin oshirish" kabi qoidalar orqali tizimga moslashuvchan javob berish mumkin. Bunday yondashuv robot manipulyatorlari, elektr yuritmalar va harakatni barqarorlashtirish tizimlarida qo'llanadi.

Neyron tarmoqlar nolinear bog'lanishlarni o'rganish qobiliyati sababli mexatronik boshqaruvda tobora ko'proq qo'llanmoqda. Neyron model real tizimning kirish-chiqish bog'lanishini tajriba ma'lumotlari asosida o'rganishi mumkin. Natijada noma'lum parametrlari obyekt uchun kompensator yaratish, nosozliklarni tasniflash yoki keyingi holatni oldindan baholash imkoniyati paydo bo'ladi. Biroq neyron boshqaruvning ishonchliligi o'qitish ma'lumotlari sifati, model arxitekturasini va hisoblash resurslariga bog'liq.

Adaptiv boshqaruvning asosiy ustunligi boshqaruv parametrlarini tizim ish jarayonida o'zgartira olishidir. Mexatronik obyektning massasi, ishqalanish koeffitsienti yoki yuklama sharoiti o'zgarganda oldindan sozlangan parametrlar optimal bo'lmay qolishi mumkin. Adaptiv regulator obyekt dinamikasi haqidagi baholarni yangilab boradi va boshqaruv qonunini shunga mos ravishda tuzatadi. Bu xususiyat robotlar, dronlar, servo yuritmalar va aniqligi yuqori pozitsion tizimlar uchun ayniqsa muhim.



Model Predictive Control (MPC) boshqaruvning kelajakdagi natijalarini model orqali prognoz qilib, ma'lum vaqt oralig'ida optimal boshqaruv ketma-ketligini hisoblaydi. MPCning afzalligi cheklovlarni bevosita optimallashtirish masalasiga kiritish imkoniyatidir. Masalan, dvigatel toki, tezlik yoki aktuatorning maksimal harakat diapazoni kabi fizik cheklovlar hisobga olinadi. Shu sababli MPC energiya samaradorligi va harakat aniqligi bir vaqtning o'zida talab qilinadigan mexatronik tizimlarda istiqbolli usul hisoblanadi.

Intellectual boshqaruv algoritmlarining samaradorligi ko'p jihatdan sensor ma'lumotlari sifatiga bog'liq. Sensorning kalibrlanmaganligi, vaqt sinxronizatsiyasidagi xato yoki signalning uzilishi noto'g'ri qaror qabul qilinishiga sabab bo'lishi mumkin. Shu bois zamonaviy mexatronik arxitekturada sensor diagnostikasi, redundant o'lchash kanallari va fault-tolerant control yondashuvlari ham qo'llanadi. Tizim bir sensor ishdan chiqqanda boshqa manbalar yordamida ishni davom ettirishi xavfsizlik darajasini oshiradi.

Amaliy nuqtai nazardan, sensorlar va intellectual algoritmlarni yagona real vaqt platformasida ishlatish apparat va dasturiy ta'minotning muvofiqligini talab qiladi. Mikrocontroller, PLC, DSP, FPGA yoki embedded computer tanlashda algoritmnining hisoblash murakkabligi, diskretlash chastotasi va aloqa protokollari hisobga olinadi. CAN, EtherCAT, Modbus, Profinet va ROS 2 kabi interfeys hamda platformalar sensorlar, drayverlar va boshqaruv modullarini integratsiya qilishda qo'llanmoqda.

Umuman olganda, zamonaviy mexatronik tizimning samaradorligi alohida sensor yoki alohida algoritmi bilan emas, balki sensorika, signalga ishlov berish, boshqaruv, ijro mexanizmi va dasturiy ta'minotning yagona arxitekturaga birlashtirilishi bilan belgilanadi. Shu integratsiya mexatronikaning klassik avtomatlashtirishdan asosiy farqlaridan biri hisoblanadi.

1-jadval. Mexatronika tizimlarida sensorlar va boshqaruv algoritmlarining funksional mosligi

Sensor turi	O'lchanadigan kattalik	Mos boshqaruv yondashuvi	Qo'llanish sohasi
Enkoder	Pozitsiya, tezlik	PID, adaptiv, MPC	Servo yuritma, robot bo'g'ini
IMU	Tezlanish, burchak tezligi	Kalman filtri, fuzzy	Dron, mobil robot
Kuch/moment sensori	Kuch va moment	Impedans, fuzzy, adaptiv	Kollaborativ robot



Kamera	Tasvir va obyekt holati	Neyron tarmoq, vision-based control	Robot ko'rishi, inspeksiya
Harorat/bosim sensori	Texnologik parametrlar	PID, MPC	Sanoat jarayonlari

XULOSA

Mexatronika tizimlarida sensorlar va intellektual boshqaruv algoritmlarini birgalikda qo'llash boshqaruvning aniqligi, tezkorligi va moslashuvchanligini oshiradi. Sensorlar obyekt va muhit haqidagi real vaqt ma'lumotlarini shakllantirsa, intellektual algoritmlar ushbu ma'lumotlar asosida noaniqlik va nolinearlik mavjud bo'lgan sharoitlarda samarali qaror qabul qilish imkonini beradi.

Fuzzy logic matematik modeli to'liq aniqlanmagan obyektlar uchun qulay, neyron tarmoqlar murakkab nolinear bog'lanishlarni o'rganishda samarali, adaptiv boshqaruv o'zgaruvchan parametrliligi tizimlarda barqarorlikni saqlashga yordam beradi, MPC esa cheklovlarni hisobga olgan holda optimal boshqaruvni shakllantiradi. Ushbu yondashuvlarning tanlovi mexatronik obyektning dinamikasi, sensor sifati, real vaqt talabi va mavjud hisoblash resurslariga bog'liq.

Kelgusida mexatronik tizimlarning rivojlanishi sun'iy intellekt, edge computing, raqamli egizaklar va prediktiv diagnostika bilan yanada chambarchas bog'lanadi. Shu sababli sensor ma'lumotlarining ishonchliligini oshirish, algoritmlarning tushuntiriluvchanligi va real vaqt rejimida xavfsiz ishlashini ta'minlash mexatronika sohasidagi asosiy ilmiy-amaliy vazifalardan bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- Bolton, W. (2015). Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering (6th ed.). Pearson.
- Bishop, R. H. (Ed.). (2007). The mechatronics handbook (2nd ed.). CRC Press.
- Ogata, K. (2010). Modern control engineering (5th ed.). Prentice Hall.
- Åström, K. J., & Murray, R. M. (2008). Feedback systems: An introduction for scientists and engineers. Princeton University Press.
- Ross, T. J. (2010). Fuzzy logic with engineering applications (3rd ed.). Wiley.
- Haykin, S. (2009). Neural networks and learning machines (3rd ed.). Pearson.
- Camacho, E. F., & Bordons, C. (2007). Model predictive control (2nd ed.). Springer.
- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). Robotics: Modelling, planning and control. Springer.
- Simon, D. (2006). Optimal state estimation: Kalman, H_∞ , and nonlinear approaches. Wiley.



Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2019). Feedback control of dynamic systems (8th ed.). Pearson.