

ROBOTOTEXNIKA TIZIMLARIDA AVTOMATIK BOSHQARUV VA HARAKAT ANIQLIGINI TAKOMILLASHTIRISH USULLARI

Boyirov Shodmon Erkinovich

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

shodmonboyirov@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu tezisdan robototexnika tizimlarida avtomatik boshqaruv sifatini yaxshilash va ijro mexanizmlarining harakat aniqligini oshirish yondashuvlari tahlil qilinadi. Kinematik va dinamik modellash, PID-boshqaruv, modelga asoslangan hamda adaptiv boshqaruv, sensor ma'lumotlarini birlashtirish va trayektoriyani rejalashtirishning o'zaro bog'liqligi yoritiladi. Nazariy manbalar asosida yechim tanlashda kuzatuv xatosi, hisoblash kechikishi, tashqi ta'sirlarga chidamlilik va texnik resurslar o'rtasidagi muvozanat asoslanadi.

Kalit so'zlar: robototexnika, avtomatik boshqaruv, harakat aniqligi, PID-regulyator, adaptiv boshqaruv, trayektoriya, sensorli qayta aloqa.

Аннотация

В тезисе рассматриваются подходы к повышению качества автоматического управления и точности движения исполнительных механизмов робототехнических систем. Раскрывается взаимосвязь кинематического и динамического моделирования, ПИД-регулирования, модельно-ориентированного и адаптивного управления, объединения данных датчиков и планирования траектории. На основе научной литературы обоснован выбор решений с учетом ошибки слежения, вычислительных задержек, устойчивости к возмущениям и ограниченности технических ресурсов.

Ключевые слова: робототехника, автоматическое управление, точность движения, ПИД-регулятор, адаптивное управление, траектория, обратная связь.

Abstract

This thesis examines approaches to improving automatic control performance and motion accuracy in robotic systems. It discusses the relationships among kinematic and

dynamic modelling, PID control, model-based and adaptive control, sensor fusion, and trajectory planning. Drawing on established robotics literature, the paper argues that controller selection should account for tracking error, computational latency, disturbance rejection, and practical hardware constraints.

Keywords: robotics, automatic control, motion accuracy, PID controller, adaptive control, trajectory planning, sensor feedback.

Kirish

Robotlarning ishlab chiqarish, logistika, tibbiyot va xizmat ko'rsatish sohalaridagi vazifalari murakkablashgani sari ularning faqat belgilangan nuqtaga yetib borishi emas, balki harakatni takroriy, silliq va xavfsiz bajarishi ham muhim ahamiyat kasb etmoqda. Harakat aniqligiga mexanik uzatmalardagi bo'shliq, ishqalanish, foydali yukning o'zgarishi, sensor shovqini va boshqaruv signallarining kechikishi ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun yuqori aniqlikka erishish muammosi bitta regulyatorni tanlash bilan cheklanmaydi; u matematik model, o'lchash tizimi va real vaqt algoritmlarini uyg'unlashtirishni talab etadi (Siciliano et al., 2009; Lynch & Park, 2017). Mazkur ishning maqsadi harakat aniqligini oshirishning asosiy usullarini nazariy qiyoslash va ularni amaliy qo'llash mezonlarini belgilashdir.

Asosiy qism

Robot manipulyatorining dinamikasi odatda $M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) + f(\dot{q}) = \tau + d$ ko'rinishida ifodalanadi. Bu yerda q — bo'g'in koordinatalari, $M(q)$ — inertsia matritsasi, $C(q, \dot{q})$ — markazdan qochma va Koriolis hadlari, $g(q)$ — gravitatsion ta'sir, $f(\dot{q})$ — ishqalanish, τ — boshqaruv momentlari, d — tashqi bezovtaliklar. Modeldagi noaniqliklar harakatning rejalashtirilgan va haqiqiy holati o'rtasida farq paydo bo'lishiga olib keladi. Kuzatuv xatosi $e(t) = q^d(t) - q(t)$ orqali tavsiflanadi; bunda $q^d(t)$ maqsadli koordinatani bildiradi (Siciliano et al., 2009).

Sanoat robotlarida PID-regulyatorlar nisbatan sodda tuzilishi va amaliy sozlash qulayligi tufayli keng qo'llanadi. Proporsional had tezkor javobni shakllantiradi, integral had barqaror xatoni kamaytiradi, differensial had esa tebranishni susaytirishga ko'maklashadi. Biroq ish rejimi keskin o'zgarganda yoki ishqalanish va yuklama noaniq bo'lganda doimiy koeffitsiyentli PID yetarli bo'lmasligi mumkin. Bundan tashqari, differensial had sensor shovqinini kuchaytirishi ehtimoli bor; filtr va integral to'yinishining oldini olish mexanizmi zarur (Craig, 2023).

Modelga asoslangan boshqaruv, jumladan hisoblangan momentlar usuli, robot dinamikasidan foydalanib tizimning chiziqli bo'lmagan xususiyatlarini qisman

kompensatsiyalaydi. Model yetarlicha aniq bo'lsa, trayektoriya kuzatuv yaxshilanadi; model parametrlari noto'g'ri baholanganida esa kutilgan ustunlik kamayadi. Adaptiv boshqaruv noma'lum yoki o'zgaruvchan parametrlarni ish jarayonida baholash imkonini beradi, biroq sozlash murakkabligi va hisoblash yukini oshiradi. Shu sababli murakkab regulyator doimo eng yaxshi yechim degan xulosa asossizdir: boshqaruv sifati real mexanizm va qo'yilgan vazifada tekshirilishi lozim (Lynch & Park, 2017).

Harakat aniqligi faqat regulyatorga bog'liq emas. Enkoderlar bo'g'in burchagi va tezligini aniqlashga, inertsia o'lchov bloklari orientatsiyani baholashga, kamera va kuch-moment sensorlari esa tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirni kuzatishga yordam beradi. O'lchash manbalarini uyg'unlashtirish yakka sensorning cheklovini kamaytirishi mumkin, ammo kalibrlash xatolari, sinxronlashtirish va signalning kechikishi nazorat qilinishi shart. Silliqlik tezlanishli trayektoriyalar aktuatorlarning keskin yuklanishini cheklab, vibratsiya hamda ortiqcha tezlik hosil bo'lish xavfini pasaytiradi (Craig, 2023).

Boshqaruv algoritmlarini solishtirish uchun faqat yakuniy pozitsiya xatosi kifoya qilmaydi. O'rtacha kvadratik kuzatuv xatosi, maksimal og'ish, rostlanish vaqti, energiya sarfi va boshqaruv siklining bajarilish muddati birgalikda baholanishi kerak. Masalan, murakkabroq algoritm nazariy jihatdan aniqroq bo'lsa-da, hisoblash vaqti boshqaruv sikli uchun ajratilgan muddatdan oshsa, amaliy barqarorlik yomonlashishi mumkin. Shu sababli algoritmnin dastlab simulyatsiyada, keyin apparat bilan integratsiyalashgan sinovda va nihoyat haqiqiy robotda tekshirish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa

Robototexnika tizimlarida harakat aniqligini oshirish uchun kinematik-dinamik model, sifatli sensorli qayta aloqa, mos boshqaruv qonuni va sillikli trayektoriya yagona tizim sifatida loyihalanishi zarur. PID-regulyatorlar oddiy va barqaror ish sharoitlarida samarali boshlang'ich yechim bo'lsa, kuchli noaniqliklar va o'zgaruvchan yuklamalarda modelga asoslangan yoki adaptiv usullarni ko'rib chiqish o'rinlidir. Usulning haqiqiy samarasi esa bir xil sinov sharoitida kuzatuv xatosi, tashqi ta'sirlarga chidamlilik va real vaqt cheklovlarini hisobga olgan holda aniqlanishi kerak. Tezis adabiyotlar tahliliga asoslangan bo'lib, tajriba natijalarini da'vo qilmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

Craig, J. J. (2023). Introduction to robotics: Mechanics and control (4th ed.). Pearson.

Lynch, K. M., & Park, F. C. (2017). Modern robotics: Mechanics, planning, and control. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316661239>

Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). Robotics: Modelling, planning and control. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>