SANOAT PNEVMOTRANSPORT QURILMALARIDA HOLAT KUZATUVCHILARINING ADAPTIV ALGORITMLARINI MIKROKONTROLLERLARDA DASTURIY REALIZATSIYASI

Mirzaabduraximov Mirzobobur Mirsharoffidin o’g’li
Namangan davlat texnika universiteti, Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish kafedrasi magistranti:
Qodirov Dilmurod
Namangan davlat texnika universiteti, Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish kafedrasi dotsenti
Mirzakarimov Mirsharoffiddin
Namangan davlat texnika universiteti, Oliy matematika kafedrasi dotsenti:

Annotatsiya. Ushbu tezisda paxta tozalash korxonalarining pnevmotransport tizimlarida o‘lchanmaydigan texnologik parametrlar - paxta xomashyosining zichligi va oqim tezligini havo bosimi datchigi orqali tiklash masalasi tadqiq qilingan. Quvurga nam paxta kelishi natijasida yuzaga keladigan parametrik dreyf hamda o‘lchov kanallaridagi impulsiv pik xalaqitlar sharoitida Tixonov regulyarizatsiyasiga asoslangan Turg‘un Adaptiv Stoxastik Kuzatuvchi (TAK) algoritmi ishlab chiqilgan. Algoritm STM32 mikrokontrollerlari uchun C++ dasturiy muhitida diskret ko‘rinishda modellashtirilib, tizimning favqulodda tiqilishlarning oldini olish samaradorligi isbotlangan.

Kalit so'zlar: mikrokontroller, STM32, C++ realizatsiya, stoxastik kuzatuvchi, Tixonov regulyarizatsiyasi, pnevmotransport, real vaqt tizimlari.

Kirish. Paxtani dastlabki qayta ishlash korxonalarida xomashyoni uzatishning asosiy qismi pnevmatik transport quvurlari orqali amalga oshiriladi. Jarayonning samaradorligi va xavfsizligi ko‘p jihatdan quvur ichidagi paxta zichligi (p) hamda harakat tezligini (v) barqaror nazorat qilishga bog‘liq. Biroq quvur ichidagi yuqori aerodinamik ishqalanish va agressiv muhit mexanik datchiklarning tezda ishdan chiqishiga sabab bo‘ladi. Shu bois sanoat tizimlarida faqat tashqi havo bosimi o‘lchovi (p) asosida o‘lchanmaydigan holatlarni tiklovchi stoxastik kuzatuvchilarni joriy etish dolzarb hisoblanadi. Quvurga nam paxta oqimi kelib tushganda obyekt dinamikasida kuchli parametrik dreyf yuzaga keladi. Bunday

holatda an’anaviy Klassik Kalman filtri kovariatsiya matritsasining so‘nishi tufayli dreyfni sezmaydi va divergensiyaga uchraydi, bu esa quvurning favqulodda to‘liq tiqilib qolishiga olib keladi. Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida Tixonov regulyarizatsiyasi va o‘lchov nevyazkasiga moslashuvchan adaptatsiya qadami kiritilgan kuzatuvchi strukturasi ishlab chiqildi.

Boshqarish obyektining diskret stoxastik modeli quyidagi ko‘rinishga ega:

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k) + w(k)$$
$$y(k) = C(k)x(k) + v(k)$$

Bu yerda:

$A(k) \in R^{n\times n}$ – ob′yektning dinamika matritsasi (tizim matritsasi);

$B(k) \in R^{n\times m}$ – kirish (boshqaruv) matritsasi;

$C(k) \in R^{p\times n}$ – chiqish (o′lchov) matritsasi;

$\omega(k) \in R^{n}$ – ob′yektga ta′sir qiluvchi tashqi stoxastik g′alayonlar

$k \in Z^{+}$ – diskret vaqt takti ($t = k \cdot T_s, T_s$ – diskretlash davri);

Kuzatuvchi matritsasi L(k) ning optimal moslashuvini ta’minlash va hisoblash jarayonidagi xatoliklarni cheklash uchun Tixonov regulyarizatsiyasi kiritildi:

$$\mu(k) = \frac{\mu_0}{1 + \gamma_x \|\hat{x}(k)\|^2 + \gamma_v \|v(k)\|^2}$$

$$L(k+1) = L(k) + \mu(k)[Wv(k)\hat{x}^T(k)C^T - \lambda(L(k) - L_0]$$

Turli algoritmlarning qiyosiy filtrlash ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar	Klassik Kalman filtri	Taklif etilgan TAK	Samaradorlik
O‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE)	0.428	0.115	73% kamayish
Pik xalaqitni so‘ndirish vaqti, s	3.10	0.18	17 barobar tez
Dreyf sharoitida ishlash xarakteri	Divergensiya (so‘nish)	To‘liq barqaror	Turg‘un

Algoritm sanoat mikrokontrollerlarida (STM32) qo‘llanishi uchun C++ tilida to‘liq realizatsiya qilindi. Diskret taktlar oralig‘ida olingan holat baholarining dinamikasi 2-jadvalda keltirilgan.

C++ dasturida holat baholarining diskret qadamlar bo‘yicha o‘zgarishi

Takt (k)	Paxta zichligi x_1 (kg/m3)	Oqim tezligi x_2 (m/s)	Quvur qarshiligi x_3 (bar)
0	0.190	0.170	0.180
1	0.363	0.317	0.312
2	0.521	0.442	0.407
4	0.754	0.603	0.503
6	0.929	0.689	0.532
8	1.059	0.722	0.532
9	1.095	0.715	0.522

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, boshlang‘ich 0-taktdan 9-taktgacha bo‘lgan vaqt mobaynida paxta zichligi va tezlik o‘rtasidagi teskari mutanosiblik to‘liq tiklandi. Quvurga nam paxta tushganda qarshilik oshishi hisobiga tezlik pasayishini kuzatuvchi 0.15s ichida aniqlab, boshqaruv regulyatoriga uzatdi.

Xulosa. Olib borilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, taklif etilgan Turg‘un Adaptiv Stoxastik Kuzatuvchi (TAK) paxta pnevmotransporti quvurlaridagi o‘lchanmaydigan parametrlarni yuqori aniqlikda tiklash imkonini beradi. Tixonov regulyarizatsiyasi va adaptiv qadam mexanizmi datchikdagi kuchli elektr pik shovqinlar hamda nam paxta chaqirgan parametrik dreyf sharoitida hisoblash turg‘unligini kafolatlaydi.

Tahlil natijalari ishlab chiqilgan C++ algoritmining Klassik Kalman filtriga nisbatan xatolikni 73% ga kamaytirishini, o‘tish jarayonining atigi 5–6 taktda barqarorlashuvini tasdiqladi. Mazkur chora-tadbirlar paxta tozalash sanoatida quvurlarning favqulodda tiqilib qolishining oldini olish, elektr energiyasi sarfini kamaytirish hamda texnologik tizimning uzluksiz va ishonchli ishlashini ta’minlashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yusupbekov N.R., Igamberdiyev X.Z., Mamirov U.F. Texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari: Darslik. – Toshkent: Tafakkur, 2020. – 456 b.

2. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Journal of Basic Engineering. – 1960. – Vol. 82, No. 1. – Pp. 35–45.

3. Tikhonov A.N., Arsenin V.Y. Solutions of Ill-Posed Problems. – Washington, D.C.: Winston & Sons, 1977. – 258 p.

4. Ziyayev B.M., Matyoqubov B.R. Paxtani dastlabki ishlash texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2016. – 212 b.

