ILMIY TADQIQOTLAR VA JAMIYAT MUAMMOLARI
nomli ko'p tarmoqli masofaviy,onlayn respublika konferensiyasi

Sayt havolasi:https://e-conference.uz/index.php/itjm Sentabr,2026

VIGNA RADIATA L. DONLARINI QADOQLASHNING AVTOMATIK BOSHQARUV TIZIMI ASOSLARI

Djurayev Sherzod. S,
Fayzullayev Lutfiddin.F
Namangan Davlat Texnika Universiteti, Namangan, O'zbekiston;
f.lutfiddin.98@gmanil.com
DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.22934115

Dukkakli ekinlar orasida mosh (Vigna radiata L.) O'zbekiston uchun strategik eksport mahsulotiga aylandi. Statistika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, 2022-yilning sakkiz oyida 23 ta davlatga 59,0 ming tonna mosh (45 mln AQSh dollari) eksport qilingan, ularning 47,9 ming tonnasi Xitoyga to'g'ri kelgan [1]. 2024-yilning yanvar–noyabr oylarida eksport hajmi 106,6 ming tonnaga, qiymati 85,5 mln dollarga yetdi [2], 2025-yilning birinchi yarmida esa 32,86 ming tonna mosh 30,0 mln dollarga sotildi (o'rtacha narx 0,91 USD/kg) [3]. AQSh Qishloq xo'jaligi departamenti hisobotiga ko'ra, O'zbekiston Xitoyning mosh importida Myanmadan keyingi ikkinchi yetkazib beruvchi davlatiga aylangan (2023/24 marketing yilida 121,4 ming t) [4].

Shu bilan birga, eksportning asosiy qismi 25 kg va 50 kg lik polipropilen qoplarda, qo'shilgan qiymati past bo'lgan xomashyo sifatida amalga oshiriladi. Chakana (0,5–5 kg) qadoqlashga o'tish mahsulot qiymatini oshiradi, biroq u qonuniy metrologiya talablariga qat'iy rioya qilishni talab qiladi. OIML R 87:2016 xalqaro tavsiyasiga ko'ra, nominal miqdori Q_n = 500–1000 g bo'lgan qadoqlar uchun yo'l qo'yiladigan interval T = 15 g ni tashkil etadi; partiyadagi o'rtacha miqdor Q_n dan kam bo'lmasligi, T dan katta intervalli (T1) qadoqlar ulushi 2,5 % dan oshmasligi va 2T dan katta intervalli (T2) qadoq bo'lmasligi kerak [5]. Ishlab chiqaruvchi bu talablarni bajarish uchun maqsadli massani nominaldan yuqori o'rnatadi. Natijada har bir paketda «ortiqcha to'ldirish» paydo bo'ladi: 1 kg lik paketdagi atigi 3–5 g ortiqcha massa yiliga bitta liniyada o'nlab tonna mahsulotga to'g'ri keladi.

Gravimetrik dozatorlarda aniqlikni cheklovchi asosiy omil kesish (ta'minlagichni to'xtatish) momentidagi noaniqlikdir. Kesish buyrug'i berilgan paytda ta'minlagich bilan tortish bunkeri orasida havoda bo'lgan don ustuni, ta'minlagichning inertsiyasi va o'lchov filtrining kechikishi hisobiga bunkerga qo'shimcha massa tushadi. Sanoat kontrollerlarida bu massa «preakt» yoki «havodagi massa» deb ataluvchi o'zgarmas kattalik bilan kompensatsiya qilinadi va oxirgi bir necha sikl xatosi bo'yicha o'rtacha korreksiya qilinadi. Ammo havodagi massa aslida kesish paytidagi oqimga proporsional va uning koeffitsiyenti don namligi, partiyasi, bunker sathi va tushish balandligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Bundan tashqari, nozik oqim tezligi, maqsadli massa va qadoqlash mashinasining harorat rejimlari odatda bir-biridan mustaqil, tajribaga asoslanib sozlanadi.

Maqsad – mosh donini dozalab qadoqlash jarayoni uchun ta'minlagich, massa bo'yicha dozalash, sikldan-siklga (R2R) moslashuv va qadoqlash mashinasi konturlarini yagona iqtisodiy mezon asosida muvofiqlashtiruvchi ko'p konturli adaptiv boshqaruv tizimini (AKKB) nazariy asoslash, ishlab chiqish va imitatsion modelda baholash. Ilmiy yangilik quyidagilardan iborat:

1. Havo qarshiligi, zarba koeffitsiyenti va boshlang'ich tezlikni hisobga olgan holda havodagi don ustuni uchun impuls balansi (Lemma 1) va kesishdan keyingi massaning dispersiyasi (Lemma 2) keltirib chiqarildi; bular asosida oqimga proporsional kesish qonuni va har qanday kesish qonuni uchun aniqlikning fundamental quyi chegarasi isbotlandi (Teorema 1).

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

2. Ta'minlagichning vaqt bo'yicha optimal tormozlanishi (Lemma 4) va mashina chastotasidagi sinxron tebranishni hisobga oluvchi, unutish koeffitsiyenti Puasson zarba shovqini va oqim pulsatsiyasi nisbatidan aniqlanadigan Bayes eng kichik kvadratlar baholagichi (Lemma 5) taklif etildi.

3. Kechikish parametrini NLMS bilan sikldan-siklga baholashning yaqinlashishi va dreyf sharoitidagi xato chegarasi isbotlandi (Teorema 2).

4. Nozik oqim tezligini tanlash vaqt va ortiqcha massa narxlarini hisobga oluvchi iqtisodiy optimallashtirish masalasi sifatida qo'yildi va uning yagona global yechimga ega ekani isbotlandi (Teorema 3).

5. OIML R 87 talablarini taqsimot turidan qat'i nazar kafolatlaydigan xavfga asoslangan maqsadli massa qonuni (Teorema 4) va qadoqlash mashinasining harorat konturiga dozalash unumdorligi bo'yicha oldinga uzatish orqali konturlararo muvofiqlashtirish ishlab chiqildi.

Ko'p konturli boshqaruv tizimining arxitekturasi. Taklif etilgan Ko'p konturli boshqaruv tizimining arxitekturasi tuzilmasi rasmda ko'rsatilgan. U to'rtta konturdan iborat. **K1** – vibratsion ta'minlagich konturi: dag'al fazada ta'minlagich kuchaytirish koeffitsiyenti $\hat{K}$ ni baholaydi, nozik faza amplitudasini rejalashtiradi va tezkor tormozlashni amalga oshiradi. **K2** – massa bo'yicha dozalash konturi: dag'al va nozik fazalarni almashtiradi, signalga ishlov beradi va adaptiv qonun bo'yicha kesish momentini aniqlaydi. **K3** – sikldan-siklga moslashuv qatlami: kechikish parametri $\hat{\lambda}$ ni, optimal nozik oqim q^* ni va xavfga asoslangan maqsadli massa M^* ni yangilaydi. **K4** – qadoqlash mashinasi konturlari: payvandlash jag'i harorati, plyonka tortish va paketni shakllantirish. Konturlar bir-biridan vaqt masshtabi bo'yicha ajratilgan. Ta'minlagich doimiysi $\tau \approx 0{,}05$ s, dozalash sikli $T_{cyc} \approx 3–5$ s, R2R qatlamining xarakterli vaqti $T_{cyc}/\gamma \approx 30–50$ s, jag' issiqlik doimiysi $T_p \approx 150$ s.

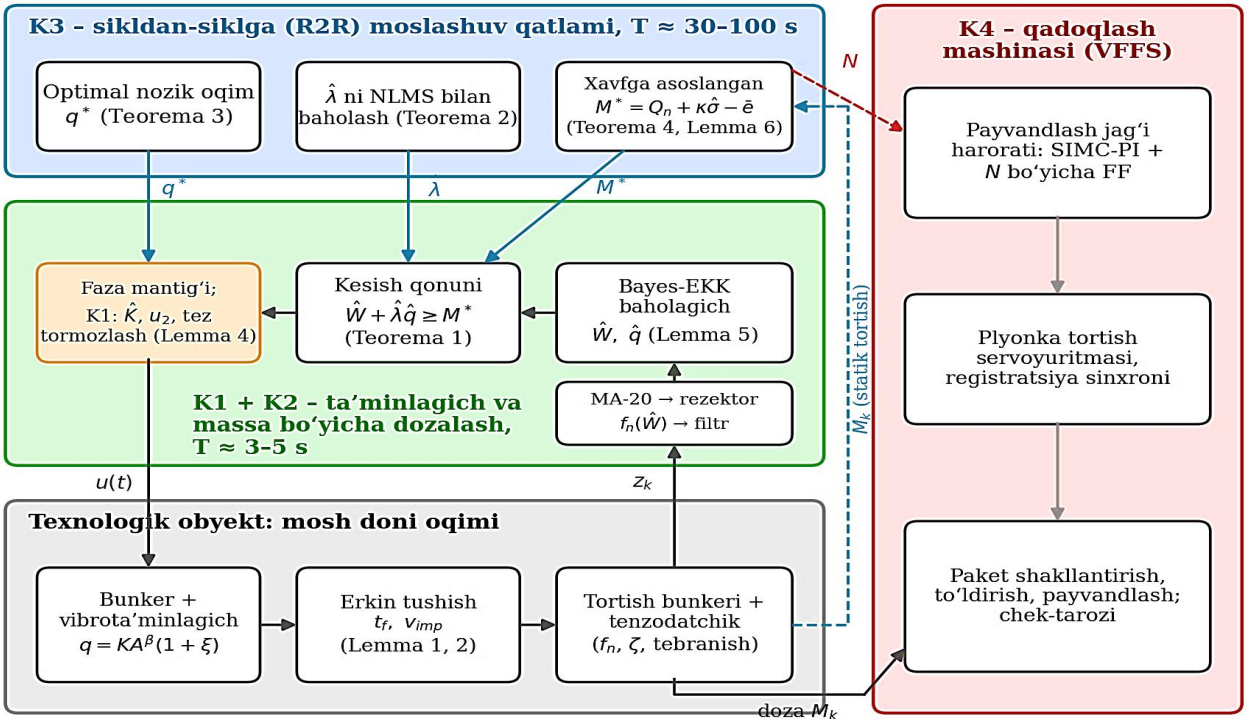
$$\varepsilon_1 = \frac{\tau}{T_{cyc}} \approx 0{,}01 \ll 1, \qquad \varepsilon_2 = \frac{T_{cyc}}{T_{cyc}/\gamma} = \gamma \approx 0{,}1 \ll 1. \tag{1}$$

Bu singulyar g'alayonlar nazariyasi ruhida konturlarni ketma-ket, ichkisidan tashqisiga qarab loyihalash va tahlil qilishga imkon beradi: tashqi kontur uchun ichki kontur kvazistatsionar, ichki kontur uchun esa tashqi kontur parametrlari o'zgarmas deb qaraladi. Konturlar bir-biridan vaqt masshtabi bo'yicha ajratilgan. Ta'minlagich doimiysi $\tau \approx 0{,}05$ s, dozalash sikli $T_{cyc} \approx 3–5$ s, R2R qatlamining xarakterli vaqti $T_{cyc}/\gamma \approx 30–50$ s, jag' issiqlik doimiysi $T_p \approx 150$ s. Shunday qilib,

$$\varepsilon_1 = \frac{\tau}{T_{cyc}} \approx 0{,}01 \ll 1, \qquad \varepsilon_2 = \frac{T_{cyc}}{T_{cyc}/\gamma} = \gamma \approx 0{,}1 \ll 1. \tag{1}$$

Bu singulyar g'alayonlar nazariyasi ruhida konturlarni ketma-ket, ichkisidan tashqisiga qarab loyihalash va tahlil qilishga imkon beradi: tashqi kontur uchun ichki kontur kvazistatsionar, ichki kontur uchun esa tashqi kontur parametrlari o'zgarmas deb qaraladi.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.



Rasm. Mosh donini dozalab qadoqlashning ko'p konturli adaptiv boshqaruv tizimi (AKKB) tuzilmasi: uzluksiz strelkalar – signal oqimi, ko'k uzuq strelkalar – sikldan-siklga qayta aloqa, qizil uzuq strelka – dozalash unumdorligi N bo'yicha K4 konturiga oldinga uzatish.

Olingan eng muhim nazariy xulosa – gravimetrik dozalashda aniqlikning fundamental chegarasi (Teorema 1(II)). Kesish paytida havoda bo'lgan va kesishdan keyin chiqadigan donlarning soni tasodifiy. Bu tasodifiylik hech qanday o'lchash yoki algoritm bilan bartaraf etilmaydi. Mosh doni uchun a_P = 0,0171 g²·s/g bo'lib, q = 40 g/s da bu chegara 0,83 g ni, q^* da 1,24 g ni tashkil etadi. S3 va S4 strategiyalarining erishgan aniqligi bu chegaradan atigi 1,3 marta yuqori. Demak, algoritmik yaxshilash imkoniyatlari deyarli tugagan va aniqlikni yanada oshirish uchun konstruktiv yechimlar kerak: tushish balandligini kamaytirish (t_f ni qisqartiradi), ta'minlagichni tezroq to'xtatish (masalan, qo'shimcha to'siq bilan, $\theta+\tau/\beta$ ni kamaytiradi) yoki oxirgi fazada juda kichik oqimga o'tish. Kombinatsion tarozilarda k ta bunker yig'indisi dispersiyani qo'shadi, ammo optimal kombinatsiya tanlash uni kamaytiradi. Shu sababli taklif etilgan kesish qonunini har bir kallakda qo'llash kombinatsion tarozining aniqligini ham oshiradi.

Ikkinchi muhim xulosa – o'zgarmas preaktning cheklanganligi (Teorema 1(III)) va sanoat avto-korreksiyasi dispersiyani oshirishi (Lemma 6). Sanoat kontrollerlarida «oxirgi n sikl bo'yicha o'rtacha» qoidasi sistematik siljishni yo'qotadi, lekin tasodifiy xatolarni ham keyingi sikllarga uzatadi. Taklif etilgan yondashuv esa xatoni fizik ma'noli regressorga (q_c) proyeksiyalaydi va kichik γ bilan moslashadi. Natijada siljish va dispersiya birgalikda kamayadi. Bu xulosa R2R boshqaruvi nazariyasidagi natijalar bilan muvofiq.

Uchinchi xulosa – nozik oqimni tanlash texnologik emas, balki iqtisodiy masala (Teorema 3). h(q) ning monotonligi optimumni oddiy bisektsiya bilan topish va narxlar o'zgarganda uni avtomatik qayta

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

hisoblash imkonini beradi. Teorema 4 bilan birgalikda bu natija ishlab chiqaruvchiga «qancha ortiqcha massa berish» savoliga statistik asoslangan javob beradi.

1. Mosh donini dozalab qadoqlash jarayoni uchun to‘rt konturli (ta’minlagich, massa bo‘yicha dozalash, sikldan-siklga moslashuv va qadoqlash mashinasi) adaptiv avtomatik boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Uning fizik asoslangan modeli ta’minlagich dinamikasi, donlarning Puasson oqimi, havo qarshiligi bilan erkin tushish, zarba kuchi va tenzodatchik rezonansini o‘z ichiga oladi.

2. 1 200 siklli imitatsion tajribada taklif etilgan kesish qonuni massa o‘rtacha kvadratik chetlanishini sanoatdagi avto-korreksiyaga nisbatan 33,5 % ga (1,61 → 1,07 g) kamaytirdi. Tizim namlik dreyfi va partiya almashinuviga avtomatik moslashdi.

3. Xavfga asoslangan maqsadli massa qonuni ortiqcha massani 4,96 g dan 2,39 g gacha kamaytirdi. Bu bitta liniyada yiliga 8,0 t mahsulot yoki 85,9 mln so‘m tejash demakdir. Bunda T1 va T2 kamomadli qadoqlar kuzatilmadi.

4. Natijalar AKKB ni mavjud gravimetrik dozatorlarga dasturiy yangilash sifatida joriy etish mumkinligini ko‘rsatadi. Keyingi bosqich – real ishlab chiqarish liniyasida eksperimental tasdiqlash.

Adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi. (2022). O‘zbekiston 8 oyda 23 ta davlatga mosh eksport qilgan. https://www.stat.uz/en/press-center/news-of-committee/28528-o-zbekiston-8-oyda-23-ta-davlatga-mosh-eksport-qilgan-3
2. Kursiv Uzbekistan. (2025, January 5). Uzbekistan exports 106,600 tonnes of mung beans. https://uz.kursiv.media/en/2025-01-05/uzbekistan-exports-106600-tonnes-of-mung-beans/
3. UPL.uz. (2025). O‘zbekiston 2025-yilning birinchi yarmida mosh eksporti [Mung bean exports of Uzbekistan in H1 2025]. https://upl.uz/economy/54591-news.html
4. USDA Foreign Agricultural Service. (2025). China: 2025 Pulses Report (GAIN Report No. CH2025-0039). Beijing: USDA FAS.
5. OIML. (2016). OIML R 87: Quantity of product in prepackages (Edition 2016 (E)). Paris: International Organization of Legal Metrology. https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r087-e16.pdf

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.