



AKTUAR MOLIYA VA BUXGALTERIYA HISOBI ILMIY JURNALI

Vol. 6 Issue 10 | pp. 138-147 | ISSN: 2181-1865

Available online <https://finance.tsue.uz/index.php/afa>

KICHIK BIZNES SUBYEKTLARIDA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA ISHLAB CHIQRISHDAGI NUQSONLARNI KAMAYTIRISHNING IQTISODIY SAMARADORLIGI



Sodiqova Dilnoza Jumanazarovna

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi,

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, t.f.n., PhD

Annotatsiya. Maqolada kichik biznes subyektlarida sun'iy intellekt asosida ishlab chiqarishdagi nuqsonlarni kamaytirishning iqtisodiy samaradorligi sifat xarajatlari nazariyasi doirasida o'rganilgan. Oldini olish, baholash, ichki va tashqi nosozlik xarajatlari tasnifi, Taguchi yo'qotish funksiyasi va statistik jarayon nazorati g'oyalari asosida past sifat xarajatini nuqson ulushi, aniqlash darajasi va yolg'on signal ulushi orqali ifodalovchi model taklif etildi. Statistika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, kichik tadbirkorlikning sanoat mahsulotidagi ulushi 2025-yilda 34,9 foizni tashkil etgani qayd etildi. Shartli korxona misolida sun'iy intellekt vizual nazorati past sifat xarajatini 64,9 foizga qisqartirgani, investitsiya 3,1 yilda qoplanishi va zararsizlik chegarasi 2,8 foizli nuqson ulushiga to'g'ri kelishi hisoblandi. Muallif natijani aniqlash darajasidan ko'ra ko'proq tashqi nosozlik qiymati belgilashini asosladi va kichik korxonalar uchun sifat darvozasi modelini ishlab chiqdi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, kichik biznes, nuqsonlarni aniqlash, sifat xarajatlari, past sifat xarajati, mashinaviy ko'rish, qoplanish muddati, sifat darvozasi.

Аннотация

В статье в рамках теории затрат на качество исследована экономическая эффективность снижения производственных дефектов на основе искусственного интеллекта в субъектах малого бизнеса. На основе классификации затрат на предупреждение, оценку, внутренние и внешние отказы, функции потерь Тагучи и статистического управления процессами предложена модель, выражающая затраты низкого качества через долю дефектов, уровень обнаружения и долю ложных сигналов. По данным Агентства статистики, доля малого предпринимательства в промышленной продукции в 2025 году составила 34,9 процента. На примере условного предприятия рассчитано, что визуальный контроль на основе искусственного интеллекта сократил затраты низкого качества на 64,9 процента, инвестиции окупились за 3,1 года, а точка безубыточности соответствовала доле дефектов 2,8 процента. Автор обосновал, что результат определялся прежде всего стоимостью внешних отказов, и разработал модель качественного шлюза для малых предприятий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, малый бизнес, обнаружение дефектов, затраты на качество, затраты низкого качества, машинное зрение, срок окупаемости, качественный шлюз

Abstract. The article examined the economic efficiency of artificial intelligence-based reduction of production defects in small business entities. Drawing on the prevention, appraisal

and failure cost classification, the Taguchi loss function and statistical process control, a model was proposed that linked the cost of poor quality to the defect rate, detection rate and false alarm rate. Official statistics showed that small businesses produced 34.9 percent of industrial output in 2025. For a hypothetical enterprise, artificial intelligence-based visual inspection reduced the cost of poor quality by 64.9 percent, the investment paid back in 3.1 years and the break-even defect rate was 2.8 percent. The author showed that the result depended chiefly on external failure costs and developed a quality gate model for small enterprises.

Keywords: artificial intelligence, small business, defect detection, cost of quality, cost of poor quality, machine vision, payback period, quality gate.

KIRISH

Sifat iqtisodiyoti mustaqil ilmiy yo‘nalish sifatida XX asrning o‘rtalarida, mahsulot sifati korxona xarajatlari tarkibida alohida hisobga olinadigan obyekt deb e‘tirof etilgan paytdan boshlab shakllandi. A. Feygenbaum umumiy sifat nazorati konsepsiyasida sifatni faqat nazorat bo‘limining emas, balki loyihalashdan tortib sotuvdan keyingi xizmatgacha bo‘lgan butun tizimning vazifasi deb talqin qildi va sifat bilan bog‘liq xarajatlarni oldini olish, baholash hamda nosozlik xarajatlariga ajratish g‘oyasini ilgari surdi [1]. J. Juran bu tasnifni “past sifat xarajati” tushunchasi bilan boyitib, nosozliklar natijasida yo‘qotilgan resurslar korxona rahbariyati uchun ko‘rinmas xaxira ekanini ko‘rsatdi. Keyingi o‘n yilliklarda shakllangan sifat xarajatlari modellari bir umumiy tamoyilga tayanadi: nuqsonni qanchalik erta aniqlash mumkin bo‘lsa, unga sarflanadigan mablag‘ shunchalik kam bo‘ladi, mijozga yetib borgan nuqson esa eng qimmat turdagi yo‘qotishga aylanadi [2].

G. Taguchi sifat yo‘qotishini mahsulot ko‘rsatkichining maqsadli qiymatdan har qanday og‘ishi bilan bog‘lab, an‘anaviy “ruxsat chegarasi ichida yoki tashqarisida” mantig‘idan voz kechdi: uning kvadratik yo‘qotish funksiyasiga ko‘ra, og‘ish kichik bo‘lsa ham jamiyat va iste‘molchi uchun ma‘lum yo‘qotish yuzaga keladi [3]. “Olti sigma” konsepsiyasi bu g‘oyani tashkiliy darajaga ko‘tardi. K. Linderman va hammualliflari uni maqsad qo‘yish nazariyasi nuqtai nazaridan tahlil qilib, aniq va yuqori sifat maqsadlari tuzilmaviy takomillashtirish usullari bilan birga qo‘llanilgandagina samarali ishlashini asosladi [4]. Uchala nazariy yondashuvda nuqson ehtimoli va uni aniqlash qobiliyati korxona iqtisodiy natijasining bevosita omili sifatida qaraladi.

Sun‘iy intellekt, xususan mashinaviy ko‘rish va chuqur o‘qitish texnologiyalari, nuqsonni aniqlash qobiliyatini inson ko‘zi va an‘anaviy o‘lchov vositalari imkoniyatidan yuqori darajaga olib chiqmoqda. Kichik biznes uchun asosiy savol texnik imkoniyatda emas, balki uning iqtisodiy oqlanishida: tizimga qilingan xarajat past sifat xarajatining qisqarishi hisobiga qancha muddatda qoplanadi va qaysi sharoitda u foyda keltiradi. Maqolaning maqsadi kichik biznes subyektlarida sun‘iy intellekt asosida nuqsonlarni kamaytirishning iqtisodiy samaradorligini sifat xarajatlari nazariyasi asosida baholash modelini ishlab chiqishdan iborat. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yildi: sifat xarajatlari tarkibida sun‘iy intellekt ta‘sir ko‘rsatadigan richaglarni aniqlash; past sifat xarajatini aniqlash darajasi va yolg‘on signal ulushi orqali ifodalovchi formula tuzish; shartli korxona misolida zararsizlik chegarasi va sezgirlikni hisoblash; kichik korxona uchun sifat darvozasi modelini taklif etish.

ADABIYOTLAR SHARHI

Sifat xarajatlari bo'yicha nazariy va amaliy ishlarni eng to'liq tizimlashtirgan manbalardan biri A. Shiffauerova va V. Tomsonning sharhidir. Mualliflar oldini olish, baholash va nosozlik (PAF) modeli, F. Krosbi modeli, yo'qotilgan imkoniyatlar xarajatini hisobga oluvchi modellar, jarayon xarajatlari modeli va faoliyatga asoslangan hisob modellarini qiyosiy tahlil qilib, amaliyotda PAF tasnifi eng keng tarqalganini, sifat xarajatlarni muntazam o'lchaydigan korxonalar esa sifatni oshirish dasturlarida yaxshiroq natijaga erishishini qayd etgan [2]. K. Ittner 21 kompaniyaning 49 ta ishlab chiqarish bo'linmasi ma'lumotlari asosida nomuvofiqlik xarajatlari vaqt o'tishi bilan izchil kamayib borganini, oldini olish va baholash xarajatlari esa o'zgarmagan yoki pasayganini aniqlagan [5]. Bu xulosa sifat sohasidagi o'rganish samarasini tasdiqlaydi: samarali tizim bir marta yo'lga qo'yilgach, nosozlik xarajatlari qo'shimcha mablag'siz qisqarishda davom etadi.

Statistik jarayon nazorati nuqsonni mahsulotda emas, balki jarayonda, uning sababi paydo bo'lgan bosqichda ushlab qolishga qaratilgan. V. Vudoll va D. Montgomeri statistik jarayon nazorati bo'yicha tadqiqotlar yo'nalishlarini umumlashtirib, nazorat kartalarining samaradorligi jarayon buzilishini aniqlash tezligi va yolg'on signallar chastotasi o'rtasidagi muvozanat bilan belgilanishini, nazorat parametrlarini tanlashda iqtisodiy mezonlarni hisobga olish zarurligini ko'rsatgan [6]. Bu muvozanat sun'iy intellekt asosidagi tizimlar uchun ham markaziy ahamiyatga ega: aniqlash darajasini oshirishga qaratilgan sozlash odatda yolg'on signallar sonini ko'paytiradi, har bir yolg'on signal esa qo'shimcha qo'lda tekshiruv xarajatini keltirib chiqaradi.

Mashinaviy ko'rish sohasida T. Tsimmerman va hammualliflari metall, keramika va to'qimachilik materiallaridagi nuqsonlarni ko'rinadigan va seziladigan turlarga ajratib, ularni aniqlash usullarini statistik, tuzilmaviy, filtrlash va modelga asoslangan yondashuvlar hamda nazoratli, nazoratsiz klassifikatorlar va chuqur o'qitish guruhlariga bo'lgan [7]. J. Vang va hammualliflari aqlli ishlab chiqarishda chuqur o'qitish arxitekturalarini, jumladan svyortkali neyron tarmoqlar, avtoenkoderlar va rekurrent tarmoqlarni tahlil qilib, ular ma'lumotlardan belgilarni avtomatik ajratib olish orqali sifat nazorati va nosozlikni tashxislash imkoniyatlarini kengaytirishini asoslagan [8]. P. Bergman va hammualliflari tomonidan yaratilgan MVTec AD ma'lumotlar to'plami 70 dan ortiq nuqson turini qamragan 5354 ta yuqori aniqlikdagi tasvirdan iborat bo'lib, sanoat nuqsonlarini nazoratsiz aniqlash usullarini solishtirishning umume'tirof etilgan mezoniga aylangan [9]. K. Rot va hammualliflari taklif etgan PatchCore usuli shu to'plamda tasvir darajasida AUROC ko'rsatkichi bo'yicha 99,6 foizgacha natijaga erishgan [10].

Sifat xarajatlari nazariyasida uzoq vaqt hukmron bo'lgan klassik qarashga ko'ra, muvofiqlik xarajatlari, ya'ni oldini olish va baholash xarajatlari ortishi bilan nosozlik xarajatlari kamayadi va ularning yig'indisi muayyan sifat darajasida minimumga erishadi. Keyingi tadqiqotlar bu nuqta texnologiya va tashkiliy o'rganish ta'sirida nuqsonsizlik tomon siljib borishini ko'rsatdi [2]. Olti sigma tajribasi ham shuni tasdiqlaydi: aniq o'lchanadigan sifat maqsadi va ma'lumotlarga tayangan takomillashtirish jarayoni birgalikda qo'llanilganda xarajatlar egri chizig'ining o'zi pastga suriladi [4]. Sun'iy intellekt bu siljishning texnologik omili sifatida qaralishi mumkin, chunki u baholash birligining narxini pasaytirib, ayni paytda nuqsonlar haqidagi ma'lumot hajmini

ko'paytiradi. Natijada kichik korxona ilgari faqat yirik ishlab chiqaruvchilar uchun iqtisodiy jihatdan oqlangan yuqori sifat darajasiga nisbatan kam xarajat bilan erishish imkoniga ega bo'ladi.

Nuqsonni aniqlashdan uni oldindan bashorat qilishga o'tish bashoratli sifat yo'nalishini shakllantirdi. H. Terjan va T. Maysen 2012-2021-yillarda chop etilgan ilmiy ishlarning tizimli sharhi asosida 81 ta nashrni tanlab, mashinaviy va chuqur o'qitish usullari ishlab chiqarish jarayoni parametrlaridan mahsulot sifatini oldindan baholashda katta salohiyatga egaligini, biroq yechimlarni boshqa jarayonlarga ko'chirish va ma'lumotlar sifati bilan bog'liq ochiq masalalar saqlanib qolayotganini ko'rsatgan [11]. Bashoratli sifat sifat darvozasidan jarayonga qaytuvchi teskari aloqa kanali vazifasini bajaradi va nuqson ulushining o'zini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kichik korxonalarda bunday texnologiyalarni joriy etish xususiyatlari alohida yo'nalishda o'rganilgan. A. Moyof va hammualliflari kichik va o'rta korxonalarda Industriya 4.0 loyihalarini tahlil qilib, ular asosan bulutli hisoblash va narsalar interneti vositalarini monitoring maqsadida qo'llashini, loyihalar ko'proq xarajatlarni qisqartirishga yo'naltirilganini va mavjud resurslardan to'liq foydalanilmayotganini aniqlagan [12]. S. Mittal va hammualliflari aqlli ishlab chiqarish yetuklik modellarning boshlang'ich darajasi ko'plab kichik korxonalarning haqiqiy raqamlashuv holatiga mos kelmasligini qayd etib, ular uchun alohida "nol daraja" va o'z yo'l xaritasini ishlab chiqishni taklif qilgan [13]. Ko'rib chiqilgan ishlar texnik jihatdan yetarlicha boy bo'lsa-da, nuqsonni aniqlash ko'rsatkichlarini sifat xarajatlari bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'lovchi va kichik korxona qaroriga moslashtirilgan soddalashtirilgan iqtisodiy model kam uchraydi. Maqola aynan shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

METODOLOGIYA

Tadqiqot nazariy umumlashtirish, iqtisodiy-matematik modellashtirish va tasviriy hisob-kitob usullarini birlashtirdi. Birinchi bosqichda PAF tasnifi asosida sifat xarajatlarning har bir guruhida sun'iy intellekt ta'sir ko'rsatadigan richaglar aniqlandi. Ikkinchi bosqichda O'zbekiston sanoatida kichik biznesning o'rni Statistika agentligining rasmiy ma'lumotlari bo'yicha baholandi. Uchinchi bosqichda past sifat xarajati model tuzildi. Model nazorat tizimini ikkilik klassifikator sifatida qaraydi: nuqsonli birlik aniqlansa ichki nosozlik, aniqlanmay mijozga yetib borsa tashqi nosozlik xarajati yuzaga keladi, sifatli birlikning nuqsonli deb belgilanishi esa qayta tekshiruv xarajati talab qiladi. Bu mantiq quyidagi formulada ifodalandi:

$$COPQ = Q \cdot p \cdot [(1 - r) \cdot c_{ext} + r \cdot c_{int}] + Q \cdot (1 - p) \cdot f \cdot c_{fa} \quad (1)$$

Bu yerda $COPQ$ – yillik past sifat xarajati; Q – yillik ishlab chiqarish hajmi, dona; p – nuqsonli mahsulot ulushi; r – nazorat tizimining aniqlash darajasi, ya'ni nuqsonli birliklarning aniqlangan qismi (recall); f – yolg'on signal ulushi, ya'ni sifatli birliklarning xato ravishda rad etilgan qismi; c_{int} – aniqlangan nuqsonli birlikni qayta ishlash yoki brak qilish bilan bog'liq ichki nosozlik xarajati; c_{ext} – mijozga yetib borgan nuqsonli birlik keltiradigan tashqi nosozlik xarajati (qaytarish, kafolat, obro'ga ta'sir); c_{fa} – bitta yolg'on signalni qo'lda qayta tekshirish xarajati. Formulaning birinchi qo'shiluvchisi nuqsonli birliklar oqimini aniqlangan va o'tib ketgan qismlarga taqsimlaydi, ikkinchisi esa sifatli birliklar oqimida yuzaga keladigan ortiqcha xarajati ko'rsatadi. c_{ext} odatda c_{int} dan bir

necha barobar katta bo'lgani sababli r ning o'sishi xarajatni tashqi guruhdan arzonroq ichki guruhga ko'chiradi; f ning o'sishi esa teskari yo'nalishda ta'sir qiladi. Formula statistik jarayon nazoratidagi aniqlash va yolg'on signal muvozanatini pul ko'rinishida ifodalaydi.

Modelni tuzishda uchta soddalashtiruvchi faraz qabul qilindi. Birinchidan, nuqsonlar ishlab chiqarish oqimida bir tekis taqsimlangan va har bir birlik mustaqil tekshiriladi deb hisoblandi; bu faraz partiyalab ishlaydigan kichik korxonalar uchun maqbul yaqinlashish hisoblanadi. Ikkinchidan, aniqlangan nuqsonli birlikning keyingi taqdiri, ya'ni qayta ishlanishi yoki brak qilinishi o'rtacha ichki nosozlik xarajati c_{int} orqali umumlashtirildi. Uchinchidan, Taguchi yondashuvidagi ruxsat chegarasi ichidagi og'ishlar keltiradigan yashirin yo'qotishlar modelga kiritilmadi, shuning uchun hisoblangan samara pastki baho xarakteriga ega. Bunday soddalashtirish modelni kichik korxona buxgalteriya hisobidagi mavjud ko'rsatkichlar bilan to'ldirish imkonini beradi: ishlab chiqarish hajmi, brak va qaytarishlar soni hamda nazoratchilar mehnat haqi har qanday korxonada qayd etib boriladi.

Sun'iy intellekt tizimining iqtisodiy samaradorligini baholash uchun amaldagi nazorat holati (0 indeksi) va sun'iy intellekt asosidagi nazorat holati (1 indeksi) taqqoslandi. Yillik sof tejamni yakuniy ko'rsatkichga aylantirish uchun oddiy qoplanish muddati qo'llanildi:

$$T = \frac{I}{(COPQ_0 + C_0) - (COPQ_1 + C_1)} \quad (2)$$

Bu yerda T – investitsiyaning qoplanish muddati, yil; I – sun'iy intellekt tizimiga boshlang'ich investitsiya (kameralar, yoritish, hisoblash qurilmasi, modelni o'qitish va integratsiya); $COPQ_0$ va $COPQ_1$ – (1) formula bo'yicha hisoblangan past sifat xarajati; C_0 – amaldagi qo'lda nazoratning yillik xarajati; C_1 – sun'iy intellekt tizimining yillik joriy xarajati, jumladan litsenziya, texnik xizmat va operator mehnati. Maxraj yillik sof tejamni S ifodalaydi. Zararsizlik chegarasi sifatida S yillik amortizatsiya $\frac{I}{L}$ ga teng bo'ladigan nuqson ulushi p^* qabul qilindi, bu yerda L – tizimning xizmat muddati. p bu chegaradan yuqori bo'lsa, tizim to'liq xarajatlarini hisobga olgan holda ham foyda keltiradi. Hisob-kitoblar Python muhitida bajarildi, sezgirlik tahlili esa r va f ning bir nechta qiymatlari uchun o'tkazildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Tahlilning boshlang'ich nuqtasi sifatida O'zbekiston sanoatida kichik biznesning o'rni aniqlandi. Statistika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, kichik tadbirkorlik subyektlarining jami sanoat mahsulotidagi ulushi 2017-yilda 41,2 foizni, 2019-yilda 25,8 foizni tashkil etgan, keyingi yillarda esa izchil tiklanib, 2023-yilda 27,0, 2024-yilda 31,9 va 2025-yilda 34,9 foizga yetgan [14]. 2025-yilda respublikada 1 101 130,8 mlrd so'mlik sanoat mahsuloti ishlab chiqarilib, sanoat ishlab chiqarish indeksi 106,8 foizni tashkil etdi; ishlab chiqaradigan sanoatning jami hajmdagi ulushi 86,0 foizga teng bo'lib, uning o'sishi 7,7 foizni ko'rsatdi [15]. Bu ko'rsatkichlar har uchinchi so'mlik sanoat mahsuloti kichik korxonalarda yaratilayotganini va ularda sifatni boshqarish samaradorligi butun sanoat raqobatbardoshligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini anglatadi. Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasida sanoat, transport va

logistika sohalarida ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish jarayonlarini sun'iy intellekt yordamida monitoring qilish hamda optimallashtirish vazifasi belgilangan, sun'iy intellekt asosidagi dasturiy mahsulotlar va xizmatlar hajmini 1,5 mlrd AQSh dollariga yetkazish maqsadi qo'yilgan [16]. Bu yo'nalish kichik ishlab chiqaruvchilarga mos, arzon va tayyor sifat nazorati yechimlari bozorining shakllanishiga qulay institutsional zamin yaratadi.

Keyingi bosqichda sifat xarajatlarining PAF tasnifi asosida har bir xarajat guruhida sun'iy intellekt qanday richag orqali ta'sir qilishi tizimlashtirildi (1-jadval).

1-jadval

Sifat xarajatlari tarkibi va sun'iy intellekt richaglari¹

Xarajat guruhi	Tarkibi	Sun'iy intellekt richagi	Kutiladigan o'zgarish
Oldini olish	Jarayonni rejalashtirish, xodimlarni o'qitish, uskunani sozlash	Jarayon parametrlaridan sifatni bashorat qilish	Nuqson ulushi p kamayadi
Baholash	Kirish, oraliq va yakuniy nazorat, o'lchov vositalari	Kamera va chuqur o'qitish asosidagi uzluksiz vizual nazorat	Qo'lda nazorat xarajati C qisqaradi
Ichki nosozlik	Qayta ishlash, brak, xomashyo yo'qotilishi, to'xtab qolish	Nuqsonni yuzaga kelgan bosqichda aniqlash	c(int) arzonroq bosqichga ko'chadi
Tashqi nosozlik	Qaytarish, kafolat ta'miri, jarima, mijoz yo'qotilishi	Aniqlash darajasini oshirish	O'tib ketgan nuqsonlar $(1 - r)$ qisqaradi
Yolg'on signal	Sifatli mahsulotni qayta tekshirish va ortiqcha rad etish	Chegaraviy qiymatni iqtisodiy mezon bo'yicha sozlash	f boshqariladi

1-jadval sun'iy intellektning sifat xarajatlariga ta'siri bir yo'nalishli emasligini ko'rsatdi. Baholash guruhida u qo'lda nazoratni qisman almashtirib, bevosita xarajatni kamaytiradi; ichki va tashqi nosozlik guruhlarida u xarajat hajmini emas, balki uning tarkibini o'zgartiradi, ya'ni nuqsonni mijozdan oldin, arzonroq bosqichda ushlab qoladi. Eng katta iqtisodiy natija oldini olish guruhida shakllanadi: nazoratdan olingan ma'lumotlar jarayon parametrlariga qaytarilsa, nuqsonning o'zi kamroq paydo bo'ladi va bu Ittner kuzatgan o'rganish samarasining raqamli shaklidir. Yolg'on signal alohida qator sifatida ajratildi, chunki u odatda loyiha bosqichida e'tibordan chetda qoladi, ammo kichik korxonada qayta tekshiruv uchun ajratiladigan har bir ish soati sezilarli xarajat hisoblanadi.

Modelning amaliy imkoniyatlarini ko'rsatish uchun (1) va (2) formulalar shartli kichik ishlab chiqaruvchi misolida hisoblandi. Misol tasviri xarakterga ega: barcha boshlang'ich qiymatlar muallif tomonidan shartli birliklarda (sh.b.) tanlangan va real korxona ma'lumotlarini ifodalamaydi. Korxona yiliga 200 ming dona mahsulot ishlab chiqaradi; ichki nosozlik xarajati 4 sh.b., tashqi nosozlik xarajati 40 sh.b., bitta yolg'on signalni qayta tekshirish 0,5 sh.b. deb olindi. Amaldagi qo'lda nazoratda nuqson ulushi 4

¹ Shiffauerova va Tomson [2], Vudoll va Montgomeri [6] hamda Terjan va Maysen [11] yondashuvlari asosida muallif ishlanmasi.

foiz, aniqlash darajasi 80 foiz, yolgʻon signal ulushi 3 foiz, nazorat xarajati yiliga 120 ming sh.b. deb qabul qilindi. Sunʼiy intellekt tizimi uchun aniqlash darajasi 97 foiz, yolgʻon signal ulushi 2 foiz, jarayonga teskari aloqa natijasida nuqson ulushining 3 foizgacha pasayishi, investitsiya 250 ming sh.b., yillik joriy xarajat 100 ming sh.b., xizmat muddati 4 yil deb faraz qilindi. Aniqlash darajasi uchun tanlangan qiymat ochiq mezonlarda erishilgan natijalardan pastroq olindi, chunki laboratoriya toʻplamidagi AUROC koʻrsatkichi real sexdagi aniqlash darajasiga toʻgʻridan-toʻgʻri teng emas [10]. Natijalar 2-jadvalda keltirildi.

2-jadval

Shartli korxona boʻyicha hisob-kitob va sezgirlik tahlili²

Ssenariy	r, foizda	f, foizda	COPQ, ming sh.b.	S, ming sh.b.	T, yil
Qoʻlda nazorat, p = 4%	80	3	92,5	–	–
SI, asosiy ssenariy, p = 3%	97	2	32,4	80,1	3,1
SI, teskari aloqasiz, p = 4%	97	2	42,6	69,9	3,6
SI, aniqlash darajasi past	90	2	47,5	64,9	3,8
SI, aniqlash darajasi yuqori	99	2	28,1	84,4	3,0
SI, yolgʻon signal koʻp	97	5	35,3	77,2	3,2
SI, yolgʻon signal juda koʻp	97	10	40,2	72,3	3,5

2-jadval asosiy ssenariyda sunʼiy intellekt vizual nazorati past sifat xarajatini 92,5 dan 32,4 ming sh.b. gacha, yaʼni 64,9 foizga qisqartirganini koʻrsatdi. Tejamning asosiy manbai tashqi nosozlik boʻldi: oʻtib ketgan nuqsonlar xarajati 64,0 dan 7,2 ming sh.b. gacha kamaydi, ichki nosozlik xarajati esa 25,6 dan 23,3 ming sh.b. gacha deyarli oʻzgarmadi. Nazorat xarajatidagi farqni qoʻshganda yillik sof tejam 80,1 ming sh.b. ni, investitsiyaning qoplanish muddati 3,1 yilni tashkil etdi. Teskari aloqa kanali boʻlmaganda qoplanish muddati 3,6 yilgacha uzaydi, demak nuqson ulushini kamaytirish natijaning taxminan sakkizdan bir qismini beradi. Aniqlash darajasining 90 foizdan 99 foizgacha oshishi qoplanish muddatini 3,8 yildan 3,0 yilgacha qisqartirdi, yolgʻon signal ulushining 2 foizdan 10 foizgacha ortishi esa uni bor-yoʻgʻi 3,5 yilgacha uzaytirdi. Model natijaning aniqlash darajasiga nisbatan sezgirroq ekanini, yolgʻon signallar esa qayta tekshiruv arzon boʻlgan sharoitda ikkinchi darajali omil boʻlib qolishini koʻrsatdi.

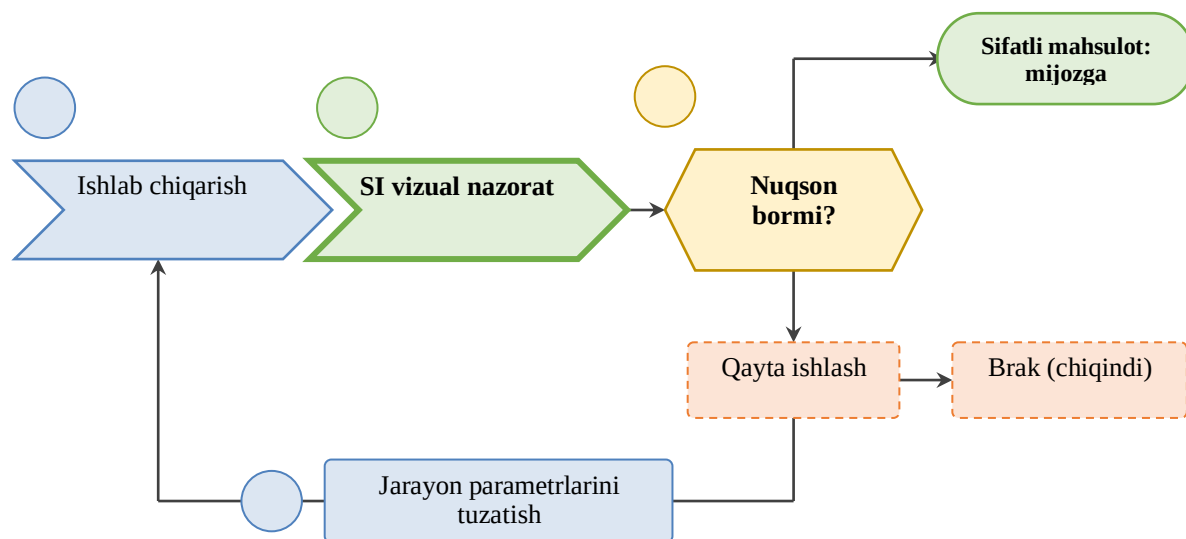
Muallif hisobiga koʻra, yillik amortizatsiyani hisobga olgan holda zararsizlik chegarasi teskari aloqa mavjud boʻlganda 2,8 foizli, teskari aloqasiz esa 3,4 foizli boshlangʻich nuqson ulushiga toʻgʻri keldi. Boshqacha aytganda, nuqson ulushi past boʻlgan korxona uchun tizim faqat jarayonni yaxshilash kanali ishga tushirilgandagina oʻzini oqlaydi. Asosiy ssenariyda tizimning aniqlik koʻrsatkichi (precision) 0,60 ni tashkil etdi: rad etilgan har besh birlikdan ikkitasi aslida sifatli boʻladi. Bu holat nuqsonlar kam uchraydigan sharoitda yuqori aniqlash darajasi oʻz-oʻzidan yuqori aniqlikni kafolatlamasligini koʻrsatadi va yolgʻon signal xarajatini modelga alohida kiritish zarurligini tasdiqlaydi.

Hisob-kitob natijalari kichik korxonaning tarmoq xususiyatiga qarab turlicha talqin qilinishi kerak. Oziq-ovqat, qadoqlash, toʻqimachilik va mebel ishlab chiqarishi kabi

² (1) va (2) formulalar asosida muallif tomonidan hisoblangan; boshlangʻich qiymatlar shartli (tasviri).

tarmoqlarda nuqson ko‘pincha mahsulot yuzasida ko‘rinadi va kamera orqali yaxshi aniqlanadi, ularning tashqi nosozlik xarajati esa savdo tarmoqlari va eksport hamkorlari oldidagi majburiyatlar tufayli yuqori bo‘ladi. Bunday korxonalar uchun model qisqa qoplanish muddatini beradi. Ichki tuzilmasidagi nuqsonlar ustun bo‘lgan mahsulotlarda vizual nazorat yetarli emas va o‘lchov sensorlari bilan to‘ldirilishi talab etiladi, natijada investitsiya hajmi ortadi. Sanoat mahsulotida kichik biznes ulushining so‘nggi uch yilda barqaror o‘sib borayotgani hamda ishlab chiqaradigan sanoatning yuqori sur‘atlarda rivojlanayotgani sifat nazoratini raqamlashtirishga bo‘lgan talab kengayib borishidan dalolat beradi; bu talab mahalliy dasturiy ta‘minot ishlab chiqaruvchilari uchun ham istiqbolli bozor hisoblanadi.

Olingan natijalar asosida kichik korxona uchun sun‘iy intellekt asosidagi sifat darvozasi modeli ishlab chiqildi. Model nazoratni ishlab chiqarish oqimidagi qaror nuqtasi sifatida talqin qiladi va nuqsonli mahsulot oqimini jarayonni yaxshilash manbaiga aylantiradi (1-rasm).



1-rasm. Sun‘iy intellekt asosidagi sifat darvozasi modeli³

Izoh: chapdagi ikki o‘q shaklidagi blok ishlab chiqarish va sun‘iy intellekt asosidagi vizual nazorat bosqichlarini, sariq olti burchakli shakl esa qaror nuqtasini ifodalaydi. Yuqori yo‘nalish sifatli mahsulotning mijozga yetib borishini, quyidagi uzun chiziqli bloklar nuqsonli mahsulot yo‘lini, havorang fonli blok esa jarayonga qaytuvchi teskari aloqani ko‘rsatadi; raqamlar bosqichlar tartibini bildiradi.

1-rasmda sifat darvozasi to‘rt bosqichli halqa sifatida tasvirlandi. Birinchi va ikkinchi bosqichlarda mahsulot ishlab chiqariladi va kamera orqali uzluksiz tekshiriladi, uchinchi bosqichda model har bir birlik bo‘yicha qaror qabul qiladi. Yuqori yo‘nalish (1) formuladagi aniqlangan sifatli oqimni, quyi yo‘nalish esa aniqlangan nuqsonlar va ichki nosozlik xarajati c_{int} yuzaga keladigan qismni ifodalaydi. To‘rtinchi bosqich modelning iqtisodiy jihatdan eng muhim qismi hisoblanadi: qayta ishlashga yuborilgan birliklar haqidagi ma‘lumot jarayon parametrlarini tuzatishga qaytariladi va p ning pasayishini ta‘minlaydi. 2-jadvaldagi teskari aloqasiz ssenariy shuni miqdoriy ko‘rsatdiki, bu halqa

³ Vudoll va Montgomeri [6], Terjan va Maysen [11] yondashuvlari hamda 2-jadval natijalari asosida muallif ishlanmasi.

uzilsa qoplanish muddati yarim yilga uzayadi va zararsizlik chegarasi yuqoriga siljiydi. Demak, kichik korxona sun'iy intellektni faqat saralash vositasi emas, jarayonni o'rganish vositasi sifatida joriy etganda eng yuqori samaraga erishadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot kichik biznes subyektlarida sun'iy intellekt asosida nuqsonlarni kamaytirishning iqtisodiy samaradorligini sifat xarajatlari nazariyasi orqali baholash mumkinligini va zarurligini asosladi. Feygenbaum va Juran tasnifi, Taguchi yo'qotish funksiyasi va statistik jarayon nazorati g'oyalari nuqson ulushi, aniqlash darajasi va yolg'on signal ulushini yagona pul ko'rsatkichiga bog'lovchi (1) formulada umumlashtirildi. O'zbekistonda kichik tadbirkorlikning sanoat mahsulotidagi ulushi 2025-yilda 34,9 foizga yetgani bu modelning amaliy ahamiyatini oshiradi. Shartli korxona misolida sun'iy intellekt vizual nazorati past sifat xarajatini 64,9 foizga qisqartirgani, investitsiya 3,1 yilda qoplanishi aniqlandi. Natija birinchi navbatda tashqi nosozlik qiymati va aniqlash darajasiga bog'liq ekani, nuqson ulushi past korxonalarda esa samaradorlik jarayonga teskari aloqa orqali ta'minlanishi ko'rsatildi.

Natijalar asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi. Birinchidan, kichik ishlab chiqaruvchilarga sun'iy intellekt asosidagi nazorat tizimini xarid qilishdan oldin sifat xarajatlarni PAF tasnifi bo'yicha kamida bir yil davomida hisobga olish, tashqi nosozlik xarajatini alohida baholash tavsiya etiladi, chunki loyiha samarasining asosiy qismi aynan shu ko'rsatkichga bog'liq. Ikkinchidan, tizimni tanlashda yetkazib beruvchidan laboratoriya ko'rsatkichlari emas, balki korxonaning o'z mahsuloti namunasida o'lgan aniqlash darajasi va yolg'on signal ulushini talab qilish, chegaraviy qiymatni (1) formula asosida iqtisodiy mezon bo'yicha sozlash maqsadga muvofiq. Uchinchidan, loyihani faqat saralash bilan cheklamay, nazorat natijalarini jarayon parametrlariga qaytaruvchi teskari aloqa kanalini dastlabki bosqichdanoq rejalashtirish lozim. To'rtinchidan, sanoat hududlari va tarmoq uyushmalari qoshida bir nechta kichik korxona birgalikda foydalanadigan sun'iy intellekt sifat nazorati xizmatlarini obuna asosida tashkil etish investitsiya to'sig'ini pasaytiradi. Beshinchidan, tijorat banklari kichik korxonalarning bunday loyihalarini kreditlashda (2) formula bo'yicha qoplanish muddati va zararsizlik chegarasini baholash mezoni sifatida qo'llashi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Huggins, L. P. (1998). Total quality management and the contributions of A.V. Feigenbaum. *Journal of Management History*, 4(1), 60–67. <https://doi.org/10.1108/13552529810369623>
2. Schiffauerova, A., & Thomson, V. (2006). A review of research on cost of quality models and best practices. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(6), 647–669. <https://doi.org/10.1108/02656710610672470>
3. Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). Taguchi's quality engineering handbook. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470258354>
4. Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193–203. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
5. Ittner, C. D. (1996). Exploratory evidence on the behavior of quality costs. *Operations Research*, 44(1), 114–130. <https://doi.org/10.1287/opre.44.1.114>

6. Woodall, W. H., & Montgomery, D. C. (1999). Research issues and ideas in statistical process control. *Journal of Quality Technology*, 31(4), 376–386. <https://doi.org/10.1080/00224065.1999.11979944>
7. Czimmermann, T., Ciuti, G., Milazzo, M., Chiurazzi, M., Roccella, S., Oddo, C. M., & Dario, P. (2020). Visual-based defect detection and classification approaches for industrial applications: A survey. *Sensors*, 20(5), 1459. <https://doi.org/10.3390/s20051459>
8. Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X., & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 144–156. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.003>
9. Bergmann, P., Fauser, M., Sattlegger, D., & Steger, C. (2019). MVTec AD: A comprehensive real-world dataset for unsupervised anomaly detection. In 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00982>
10. Roth, K., Pemula, L., Zepeda, J., Schölkopf, B., Brox, T., & Gehler, P. (2022). Towards total recall in industrial anomaly detection. In 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 14298–14308). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01392>
11. Tercan, H., & Meisen, T. (2022). Machine learning and deep learning based predictive quality in manufacturing: A systematic review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33(7), 1879–1905. <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01963-8>
12. Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118–1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
13. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi. (2026). Kichik tadbirkorlik subyektlarining jami ishlab chiqarilgan sanoat mahsulotlari (xizmatlari)dagi ulushi (1.10.02.0007-ko‘rsatkich) [SIAT ma’lumotlari]. https://api.siat.stat.uz/media/uploads/sdmx/sdmx_data_374.pdf
15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi. (2026). O‘zbekiston Respublikasining ijtimoiiy-iqtisodiy holati: 2025-yil yanvar-dekabr. https://stat.uz/img/press-relizlar/2_talil-2025-j_yanvar-dekabr-lotin_p58591.pdf
16. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarori. <https://lex.uz/docs/-7158604>

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- 4.0 International License (CC - BY 4.0)

