ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

AVTOMOBIL BUFERLARI SIFAT NAZORATINI SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA AVTOMATLASHTIRISH: NAZARIY ASOSLAR TAHLILI

Safarov Elyorbek Xasanovich
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
0000-0003-2985-7932
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.com
Tel: +998937819264
Toshxo'jayeva Xayitxon Mashrabjon qizi
Andijon davlat texnika instituti magistranti
0009-0000-9488-5863
E-mail: xayitxonadixamova20@gamil.com
Tel: +998934424542

Annotatsiya. Ushbu aqolada avtomobil buferlari sifat nazoratini sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish texnologiyalari asosida avtomatlashtirishning nazariy asoslari ko'rib chiqiladi. An'anaviy vizual va mexanik nazorat usullarining inson omiliga bog'liqligi va cheklovlari tahlil qilinib, kamera, yoritish tizimi, konveyer va sensorlardan iborat avtomatlashtirilgan tizim konsepsiyasi bayon etiladi. Shuningdek, turli AI-usullarning aniqligi va tezligi bo'yicha natijalari qiyoslab, ayniqsa konvolyutsion neyron tarmoqlar asosida bufer sirtidagi nuqsonlarni barqaror aniqlash istiqbollari asoslanadi.

Kalit so'zlar: avtomobil buferi; sifat nazorati; sun'iy intellekt; kompyuter ko'rish; konvolyutsion neyron tarmoq; avtomatlashtirilgan tekshiruv tizimi.

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические основы автоматизации контроля качества автомобильных буферов на базе искусственного интеллекта и технологий компьютерного зрения. Анализируются ограничения традиционного визуального и механического контроля, а также описывается концепция автоматизированной системы с камерами, системой освещения, конвейером и датчиками. Приводится сравнительная оценка точности и скорости различных AI-методов и обосновывается перспективность применения сверточных нейронных сетей для устойчивого обнаружения дефектов поверхности буферов.

Ключевые слова: автомобильный буфер; контроль качества; искусственный интеллект; компьютерное зрение; сверточная нейронная сеть; автоматизированная система контроля.

Annotation. The article discusses the theoretical foundations of automating the quality control of automotive bumpers using artificial intelligence and computer vision technologies. It analyzes the limitations of traditional visual and mechanical

ISSN 3030-3907

inspection and outlines the concept of an automated system comprising cameras, an illumination unit, a conveyor, and sensors. A comparative view of accuracy and speed of different AI-based methods is presented, and the use of convolutional neural networks for robust surface defect detection on bumpers is shown to be highly promising.

Keywords: automotive bumper; quality control; artificial intelligence; computer vision; convolutional neural network; automated inspection system.

KIRISH.

Sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar jadal rivojlanishi sharoitida avtomobil sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va sifat nazoratini takomillashtirish ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining sanoatni modernizatsiya qilish, raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish hamda mahsulotlar raqobatbardoshligini oshirishga qaratilgan qaror va farmonlarida ham mashinasozlik korxonalarida ilg‘or axborot texnologiyalarini joriy etish zarurati alohida ta'kidlanadi [1]. Shu nuqtai nazardan, avtomobil detallari, xususan, buferlarning sifatini yuqori aniqlikda va barqaror darajada nazorat qilish masalasi ham nazariy, ham amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

Avtomobil buferlari transport vositasining old va orqa qismlarini zarbalardan himoya qilish, yo‘lovchilar xavfsizligini ta'minlash hamda tashqi dizaynini shakllantirishda muhim konstruktiv element sanaladi. Buferlarning fizik-mexanik xossalari, geometrik o‘lchamlari va sirt sifatining me'yoriy talablarga muvofiqligi avtomobilning umumiy ekspluatatsion ko‘rsatkichlari va xavfsizlik darajasiga bevosita ta'sir ko‘rsatadi. An'anaviy sifat nazorati usullarida ko‘p hollarda ko‘ruv asosidagi qo‘lda tekshirish, oddiy o‘lchash asboblari va inson tajribasiga tayanish ustuvor bo‘lib, bu esa subyektivlik, inson omiliga bog‘liqlik, vaqt sarfi va mehnat zichligining yuqoriligi kabi kamchiliklarni yuzaga keltiradi. Katta hajmdagi seriyali ishlab chiqarish sharoitida bunday yondashuv nuqsonli detallar ulushining oshishi va qayta ishlov berish xarajatlarining ko‘payishiga olib keladi [2].

So‘nggi yillarda xorijiy va mahalliy tadqiqotlarda kompyuter ko‘rish va sun'iy intellekt algoritmlari asosida turli sanoat mahsulotlarining yuzasidagi nuqsonlarni avtomatik aniqlash, tasvirlar asosida klassifikatsiya qilish, geometrik parametrlarni raqamli baholash bo‘yicha samarali yondashuvlar taklif etilmoqda. Konvolyutsion neyron tarmoqlar, chuqur o‘rganish modellari va tasvirlarni qayta ishlash usullari asosida metall buyumlar, payvand choklari, tekstil mahsulotlari va boshqa detallar sifatini nazorat qilish yo‘nalishida sezilarli natijalar olingan [3]. Biroq avtomobil buferlari materialining xususiyatlari, murakkab shaklli geometrik

ISSN 3030-3907

konfiguratsiyasi, rang va sirt pardozining turlicha bo‘lishi ularni kompyuter ko‘rish asosida standartlashtirilgan tarzda nazorat qilishni murakkablashtiradi. Shu bois buferlar uchun moslashtirilgan, ularning konstruktiv va fizik-mexanik xususiyatlarini inobatga oladigan sun’iy intellektga asoslangan sifat nazorati tizimlarini ishlab chiqish hali ham yetarli darajada o‘rganilmagan ilmiy muammo sifatida saqlanib qolmoqda.

MATERIALLAR VA USULLAR

Avtomobil buferlari sifat nazoratining ahamiyati va muammolari.

Bufer — avtomobilning old va orqa qismlariga o‘rnatiladigan muhim konstruktsion element bo‘lib, u to‘qnashuv paytida, ayniqsa past tezliklarda, zarba energiyasini yutish va so‘ndirish vazifasini bajaradi. Uning asosiy maqsadi avtomobil kuzovi hamda dvigatel, chiroqlar, egzoz tizimi kabi muhim tarkibiy qismlarga yetkaziladigan shikastlanish darajasini kamaytirish orqali yo‘lovchilarning xavfsizligini ta’minlashdir. Buferning asosiy xususiyatlari va funksiyalarini 1-jadvalda ko‘rishimiz mumkin [4].

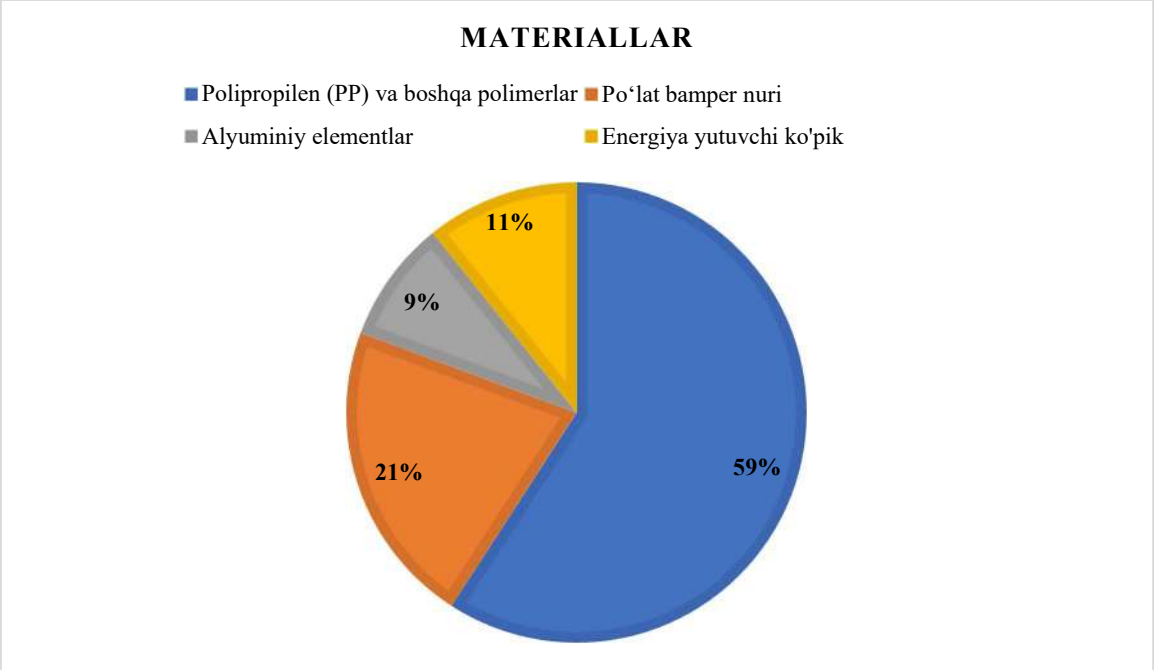
Jadvalda keltirilgan ma’lumotlar avtomobil buferining xavfsizlik, funksional va tashqi ko‘rinishga doir talablari tizimlashtirilgan. Bufer uchun foydalaniladigan materiallarni diagrammada foiz ulushida ko‘rishimiz mumkin (1-diagramma).

1-jadval

Buferning asosiy xususiyatlari va funksiyalari

Xususiyati	Funksiyasi
Ta’sirni singdirish	Past tezlikdagi to‘qnashuvlarda zarba energiyasini yutish va ichki qismlarni himoyalash.
Piyodalarni himoya qilish	Yumaloq shakl va maxsus konstruksiya orqali piyodalarga zarar yetkazish xavfini kamaytirish.
Ilovalarni o‘rnatish	Tuman chiroqlari, raqam belgisi, kamera yoki ilgak kabi elementlar uchun joylashuv bazasini ta’minlash.
Estetik qiymat	Avtomobilning tashqi ko‘rinishi va aerodinamik xususiyatlarini yaxshilash.

ISSN 3030-3907



1-diagramma. Avtomobil buferlari konstruktsiyasida materiallar taqsimoti

Diagrammada ko‘rinib turibdiki, bamper konstruktsiyasida polimer qoplama, po‘lat bamper nuri, alyuminiy elementlar hamda energiya yutuvchi ko‘pik va mahkamlovchi detallar ma’lum nisbatda qo‘llanilib, ularning barchasi tizimning umumiy mustahkamligi va xavfsizlik ko‘rsatkichlarini ta’minlashga xizmat qiladi.

Avtomobil buferlari uchun sifat talablari ikki asosiy guruhga ajratiladi: mexanik mustahkamlik talablari va sirt sifati talablari. Bu talablarda maqsad – to‘qnashuv paytida energiyani xavfsiz yutish, korpusni himoya qilish va shu bilan birga estetika hamda korroziyaga chidamlilikni ta’minlashdir.

Avvalo, bufer materialining mustahkamligi shunday bo‘lishi kerakki, u normal ekspluatatsiya sharoitida (yo‘l notekisligi, tebranishlar, mayda urilishlar) doimiy deformatsiyalanmasdan, charchashdan yorilib ketmasdan ishlay olshi kerak, bu yerda materialning statik mustahkamlik chegarasi, charchashga chidamliligi va zarbiy qovushqoqligi talablarga mos bo‘lishi talab qilinadi.

To‘qnashuv vaqtida bufer butun energiyani qattiq korpusga o‘tkazib yubormasdan, ma’lum darajada deformatsiyalanib energiyani yutishi lozim, shu sababli konstruksiyada plastik deformatsiya zonasini nazarda tutuvchi shakl va qovurg‘alar, hamda kerak bo‘lsa, energiya yutuvchi qo‘shimcha elementlar qo‘llanadi [5].

Mexanik mustahkamlik bo‘yicha talablarda zarba sinovlari alohida o‘rin tutadi: bufer ma’lum tezlikda va burchakda urilganda yorilib ketmasligi, avtomobilning asosiy yuk ko‘taruvchi elementlariga zarar yetkazmasdan

ISSN 3030-3907

energiyani taqsimlashi, montaj nuqtalarida esa keskin kuchlanish konsentratsiyalari paydo bo‘lmasligi lozim.

Bufer tizimi tebranish va dinamik yuklamalarga barqaror bo‘lishi kerak, aks holda takrorlanuvchi kichik zarbalar natijasida charchash yoriqlari paydo bo‘ladi; shuning uchun hisob-kitoblarda ruxsat etilgan kuchlanishlar, mustahkamlik zahirasi koeffitsienti va o‘zgaruvchan yuklamalar ta’siridagi ishlash muddati hisobga olinadi.

Mexanik xossalar nuqtai nazaridan material tanlashda past haroratlarda mo‘rtlashib qolmaslik, yuqori haroratlarda esa haddan tashqari yumshab ketmaslik, issiq-sovuqqa, namlik va yo‘l reagagentlariga (tuzlar, kimyoviy moddalarga) bardoshlilik talab etiladi; shuning uchun ko‘pincha kam uglerodli po‘latlar va shisha tolali polipropilen kabi kompozitlar ishlatiladi [6].

Bufer sirtining sifati, birinchi navbatda, sirt g‘adir-budurligi bilan baholanadi: sirt qanchalik silliq bo‘lsa, yeyilish shunchalik kam bo‘ladi, korroziya o‘choqlari kamroq hosil bo‘ladi va bo‘yoq qatlami yaxshiroq yopishadi.

Sirt sifati talablari faqat geometrik silliqlik bilan cheklanmaydi, balki sirtning fizik-kimyoviy holatini ham qamrab oladi: oksidlanish qatlamining holati, bo‘yoq va grunt qoplamasining bir xilligi, qatlam qalinligining me’yorda bo‘lishi, havo pufakchalari, qoplama osti bo‘shliqlari va ajralishlar yo‘qligi shart qilib qo‘yiladi.

Estetik talablar ham muhim: bufer tashqi ko‘rinish nuqtai nazaridan avtomobil dizayniga mos, yorqinligi bir xil, rang o‘tishlarisiz bo‘lishi, yelim chiziqlari, payvand izlari, qolip choklari ko‘zga tashlanmaydigan darajada ishlov berilgan bo‘lishi zarur; bu, ayniqsa, plastik buferlarda qoliplash texnologiyasi va qolip sifatiga qo‘shimcha talablar qo‘yadi.

Sirt sifati talablari diagnostikasida g‘adir-budurlikni etalon plastinkalar bilan taqqoslash, profilograf-profilometr asboblari bilan o‘lchash, hamda bugungi kunda ko‘proq optik va fotogrammetrik usullardan foydalanish mumkin, bunda lazer yoki kamera yordamida sirt profili raqamli shaklda olinib, avtomatik ravishda normativ bilan solishtiriladi.

Detal sirtining g‘adir-budurligi yuqori bo‘lgan hollarda, sirt qatlamida kuchlanishlar oshadi va buferning charchashga qarshi chidamliligi pasayadi, ya’ni mexanik mustahkamlik talablari buzilish xavfi ortadi; demak, sirt sifati aslida mustahkamlikning ajralmas qismidir.

Avtomobil buferlarini an’anaviy nazorat qilishda ikki asosiy yo‘nalish qo‘llaniladi: vizual (inson orqali) nazorat va mexanik sinovlar, ular bir-birini to‘ldiruvchi, lekin imkoniyatlari va chegaralari bo‘yicha farqlanuvchi usullar hisoblanadi [7]. Bu usullar buferning sirt sifati, umumiy ko‘rinishi va mexanik

ISSN 3030-3907

mustahkamligi talab darajasida ekanini baholashga xizmat qilsa-da, inson omili va stend sinovlarining cheklanganligi tufayli barcha nuqsonlarni to‘liq qamrab ololmasligi ma’lum.

Vizual nazorat bufer yuzasini inson ko‘zi, ba’zan lupalar, chiroq, o‘lchov shablonlari yordamida ko‘zdan kechirishga asoslangan bo‘lib, chizilishlar, yoriqlar, bo‘yoqdagi pufakchalar, notekisliklar, rangdagi bir xil bo‘lmagan joylar, montaj choklari, deformatsiya va bo‘shashgan mahkamlash elementlari kabi yuzaki nuqsonlarni aniqlashga qaratiladi.

Avtomobil buferlari sifat nazoratini avtomatlashtirish zarurati bir necha qatlamli texnik va tashkiliy omillar bilan asoslanadi. An’anaviy vizual va mexanik nazorat usullari muhim bo‘lsa-da, ular bugungi ishlab chiqarish hajmi, tezligi va sifat talablari fonida yetarli darajada barqaror va takrorlanuvchan natija bermaydi.

Sifat nazoratini avtomatlashtirish texnologiyalari

Avtomatlashtirilgan sifat nazorati tizimi – bu buferning tasvirlari va (yoki) o‘lchov ma’lumotlarini avtomatik yig‘ish, qayta ishlash va natija bo‘yicha “yaroqli/yaroqsiz” qarorini inson aralashuvisiz chiqaradigan apparat-dasturiy majmua hisoblanadi. Bunday tizim odatda datchiklar va kameralar orqali kiritma ma’lumotlarni oladi, markaziy hisoblash qismi (kompyuter, PLC yoki sanoat kompyuteri) ularni qayta ishlaydi, konveyer va ijro mexanizmlari esa nuqsonli detallarni konveyerdan chiqarish yoki belgilash bo‘yicha amaliy harakatlarni bajaradi. Avtomobil buferlari sifat nazoratini avtomatlashtirish tizimining asosiy tarkibiy qismlari quydagilardan iborat:

- Kamera
- Yoritish tizmi
- Konveyer
- Sensorlar

Yuqori aniqlikdagi sanoat kameralar buferning sirtini va geometriyasini turli burchaklardan tasvirga olish uchun qo‘llanadi, tasvirlar keyinchalik kompyuter ko‘rishi algoritmlariga kiritma bo‘lib xizmat qiladi [8]. Kameralar tarmog‘i yordamida murakkab egri sirtlar, bo‘yoqdagi nuqsonlar, chizilishlar va deformatsiyalarni uch o‘lchamli nuqta buluti yoki bir nechta proyeksiyalar asosida baholash mumkin bo‘ladi.

Yoritish tizimi – LED proyektorlar, halqali yoritgichlar, chiziqli chiroqlar yoki strukturalangan yorug‘lik generatorlaridan iborat bo‘lib, tasvirlarda kontrastni oshirish, soya va yaltirashni nazorat qilish orqali nuqsonlarni aniqlash sezgirligini keskin oshiradi. Sifatli yoritish chizilish, g‘adir-budurlik va bo‘yoqdagi pufakchalar kabi nozik nuqsonlarni ko‘zga tashlar darajada ajratib ko‘rsatadi, aks

ISSN 3030-3907

holda kamera va algoritmlar hatto kuchli bo‘lsa ham bu nuqsonlarni barqaror “ko‘rmaydi”.

Sensorlar (datchiklar) konveyerda buferning kelishiniva uning pozitsiyasini aniqlash, triggersignal berish va zarur bo‘lsa, o‘lchov parametrlarini qayd etish uchun xizmat qiladi [9]. Masalan, fotoelektrik va induktiv datchiklar detal kelganini bildiradi, enkoderlar konveyer tezligini hisobga oladi, lazer sensorlar esa masofani aniqlab, kameraning fokuslanishi va o‘lchovning geometrik aniqligini ta’minlaydi.

Avtomobil buferlari sifat nazoratini avtomatlashtirish nafaqat texnologik jihatdan yangi yechim, balki ishlab chiqarish samaradorligi va ishonchliligini keskin oshiradigan omil hisoblanadi. An’anaviy vizual va mexanik nazorat usullari bilan solishtirganda, avtomatlashtirilgan kompyuter ko‘rishi tizimlari bir qator muhim ustunliklarga ega bo‘lib, ular orasida ayniqsa tezlik, aniqlik va uzluksiz ishlash ko‘rsatkichlari alohida ahamiyat kasb etadi. Shuning uchun quyida ushbu tizimlarning asosiy afzalliklari batafsil ko‘rib chiqiladi.

Avtomatlashtirilgan kamera va kompyuter ko‘rishi tizimlari soniyada bir necha detalgacha yoki konveyer tezligiga mos ravishda ko‘plab buferlarni tekshira oladi, bu esa an’anaviy vizual nazoratga qaraganda o‘nlab marta yuqori ish unumdorligini beradi. Quyida an’anaviy va avtomatlashtirilgan tizimning shartli tezlik ko‘rsatkichlari solishtirilgan jadvalni ko‘rishimiz mumin.

2-jadval

An’anaviy va avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarining tezlik ko‘rsatkichlari taqqoslanishi

Tizim turi	Soatiga tekshiriladigan buferlar soni	1 buferga o‘rtacha vaqt (s)
An’anaviy vizual nazorat	200	18
Avtomatlashtirilgan kamera + MV	2000	1.8

Kompyuter ko‘rishi va fotogrammetriyaga asoslangan tizimlar piksel darajasida va mikrometr o‘lchamdagi og‘ishlarni qayd etishi mumkin, bu inson ko‘zining sezgirligidan sezilarli darajada yuqori, natijada sirt nuqsonlarini aniqlashda barqarorlik va aniqlik oshadi. Avtomatlashtirilgan kamera, yoritish, sensorlar va konveyer asosida qurilgan klassik kompyuter ko‘rishi tizimi, aslida, keyingi bosqichda sun’iy intellekt algoritmlarini qo‘shish uchun tayyor platformadir. Tizim allaqachon tasvir va nuqsonlar bo‘yicha katta hajmdagi tarixiy ma’lumotlarni to‘plab boradi, bu ma’lumotlar esa neyron tarmoqlarni o‘qitish, modellashtirish va sifat muammolarining ildiz sabablarini aniqlash uchun ideal datasetga aylanadi [10].

ISSN 3030-3907

Sun’iy intellekt asosidagi sifat nazorati usullari

Avtomobil buferlari uchun sun’iy intellekt asosidagi sifat nazorati—bu kompyuter ko‘rish, mashinaviy o‘rganish va chuqur o‘rganishdan foydalangan holda nuqsonlarni avtomatik va yuqori darajada aniqlash tizimlaridir. Sifat nazoratini quydagi sun’iy intellekt usullari orqali amalga oshirish mumkin:

1. Kompyuter ko‘rish (Computer Vision);
2. Mashinaviy o‘rganish (Machine Learning);
3. Chuqur o‘rganish (Deep Learning).

Kompyuter ko‘rish (Computer Vision) — bu sun’iy intellektning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, raqamli tasvirlar va videoma’lumotlar asosida obyektlarni aniqlash, ularning xususiyatlarini tahlil qilish hamda avtomatik qaror qabul qilish imkonini beruvchi texnologiyalar majmuasini ifodalaydi. Ushbu yo‘nalish inson ko‘rish tizimining funksiyalarini modellashtirishga qaratilgan bo‘lib, sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida, xususan avtomobil detallarining sifat nazoratida keng qo‘llanilmoqda. Ilmiy adabiyotlarda kompyuter ko‘rish tizimlari tasvirni qabul qilish, qayta ishlash, tahlil qilish va interpretatsiya qilish bosqichlaridan iborat ekani ta’kidlanadi [11].

Tasvirni qayta ishlash — bu kompyuter ko‘rish tizimining asosiy bosqichi bo‘lib, unda xom tasvir ma’lumotlari qayta ishlanib, keyingi tahlil uchun qulay ko‘rinishga keltiriladi. Avtomobil buferlari yuzasini tekshirish jarayonida tasvirni qayta ishlash quyidagi ketma-ket bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

1. Raqamlashtirish;
2. Shovqinni kamaytirish;
3. Kontrastni oshirish;
4. Chegaralarni aniqlash.

Filtrlash jarayoni tasvir sifatini yaxshilash va ortiqcha shovqinlarni yo‘qotishga qaratilgan bo‘lib, sanoat inspeksiya tizimlarida muhim rol o‘ynaydi. Eng keng qo‘llaniladigan filtrlar quyidagilardir:

- Gaussian filtri
- Median filtri

Filtrlash natijasida tasvirning sifat ko‘rsatkichlari yaxshilanadi va keyingi bosqichlarda aniqlik oshadi [12].

Segmentatsiya — bu tasvirni mantiqiy qismlarga ajratish jarayoni bo‘lib, sifat nazoratida eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Ushbu bosqichda bufer yuzasidagi nuqsonli joylar aniqlanadi va alohida ajratib olinadi [13]. Segmentatsiya quyidagi usullar asosida amalga oshiriladi:

- Rangga asoslangan segmentatsiya — rang o‘zgarishlari orqali nuqsonli joylar aniqlanadi.

ISSN 3030-3907

▪ Tekstura asosida segmentatsiya — sirt strukturasidagi o‘zgarishlar orqali tirnalish va deformatsiyalar aniqlanadi.

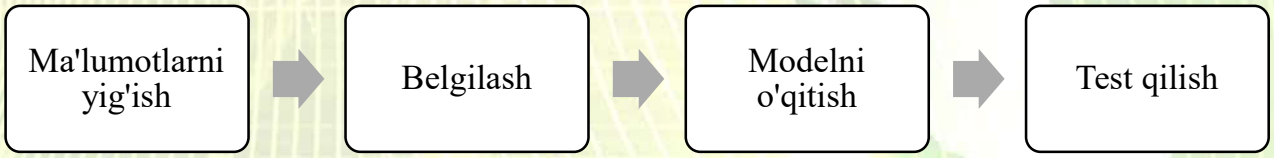
▪ Thresholding (chegaraviy ajratish) — piksel qiymatlari asosida tasvir ikkiga (nuqsonli va normal) ajratiladi.

Mashinaviy o‘rganish (Machine Learning) — bu sun’iy intellektning muhim tarkibiy qismi bo‘lib, kompyuter tizimlariga aniq dasturlashsiz, ya’ni tajriba va ma’lumotlar asosida o‘rganish imkonini beradi. Ushbu yondashuvda algoritmlar katta hajmdagi ma’lumotlardan naqsh (pattern) va bog‘lanishlarni aniqlab, keyinchalik yangi ma’lumotlar asosida mustaqil qaror qabul qilish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Ilmiy manbalarda mashinaviy o‘rganish “tajriba orqali samaradorlikni oshiruvchi algoritmlar majmuasi” sifatida ta’riflanadi [14]. Avtomobil buferlari sifat nazoratida mashinaviy o‘rganish texnologiyalari nuqsonlarni aniqlash, ularni tasniflash va ishlab chiqarish jarayonida avtomatik qaror qabul qilishda qo‘llaniladi.

Klassifikatsiya — bu mashinaviy o‘rganishning asosiy vazifalaridan biri bo‘lib, obyektlarni oldindan belgilangan sinflarga ajratish jarayonini anglatadi. Bufer sifat nazoratida klassifikatsiya modeli quyidagi sinflarni aniqlash uchun qo‘llaniladi:

1. Yaroqli mahsulot (OK)
2. Nuqsonli mahsulot (Defective)

Klassifikatsiya jarayoni bosqichlarini quydagi blok sxemada ko‘rishimiz mumkin:



1-sxema. Klassifikatsiya jarayonining blok-sxemasi

Anomaliya aniqlash — bu odatiy (normal) holatdan keskin farq qiluvchi holatlarni aniqlashga qaratilgan yondashuv bo‘lib, sanoat sifat nazoratida juda muhim hisoblanadi. Ushbu usul ayniqsa kam uchraydigan yoki oldindan belgilab bo‘lmaydigan nuqsonlarni aniqlashda samarali hisoblanadi.

Chuqur o‘rganish (Deep Learning) — bu mashinaviy o‘rganishning ilg‘or yo‘nalishi bo‘lib, ko‘p qatlamli neyron tarmoqlar yordamida murakkab ma’lumotlarni chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Tasvirlarni qayta ishlash va tahlil qilishda esa ayniqsa konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN — Convolutional Neural Networks) eng samarali modellardan biri hisoblanadi. CNN arxitekturasi inson ko‘rish tizimiga o‘xshash tarzda tasvirlardan muhim xususiyatlarni avtomatik ravishda ajratib olish qobiliyatiga ega.

CNN modellari avtomobil buferlari sifat nazoratida bir nechta muhim vazifalarni bajaradi. Avvalo, ular tasvirdan muhim xususiyatlarni (feature)

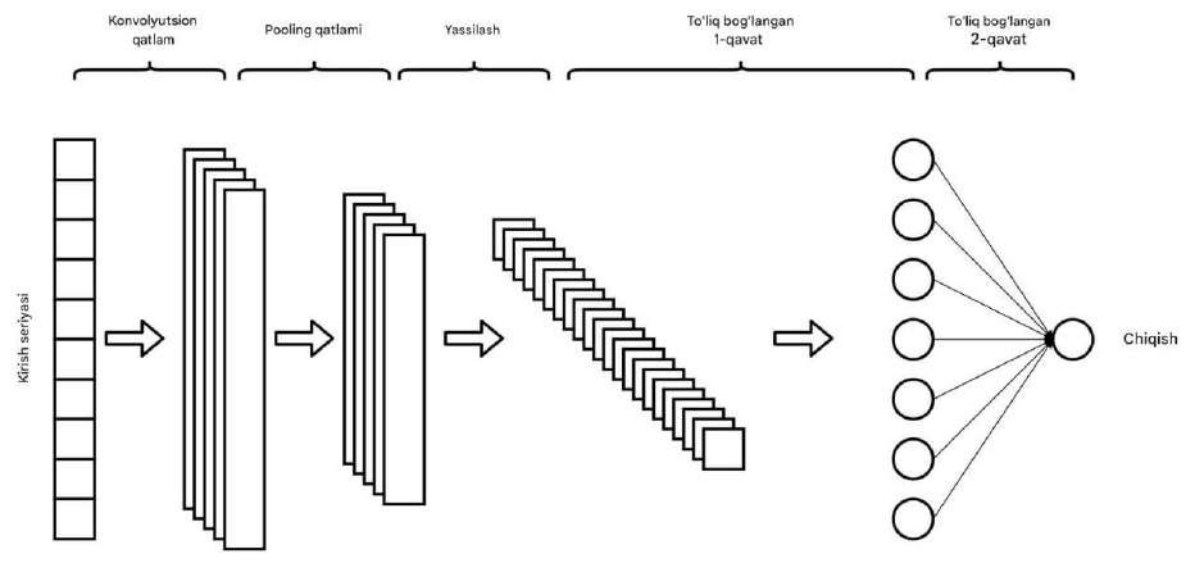
ISSN 3030-3907

avtomatik ajratib oladi, bu esa qo‘lda parametr tanlash zaruratini kamaytiradi. Bundan tashqari, CNN yordamida bufer yuzasidagi turli nuqsonlar, jumladan tirnalishlar, dog‘lar va deformatsiyalar yuqori darajada aniqlanadi. Shuningdek, ushbu model murakkab va notekis yuzalarni ham samarali tahlil qilish imkonini beradi. Konvulyatsion neyron tarmoqni ishlash bosqichini quydagi rasmda (1-rasm) ko‘rishimiz mumkin.

Rasmning eng chap tomonida kirish ma’lumotlari tasvirlangan. Bu — modelga beriladigan dastlabki tasvir hisoblanadi. Tasvir piksel qiymatlaridan iborat bo‘lib, CNN aynan shu ma’lumot bilan ishlashni boshlaydi.

Konvulyatsiya qatlamida tasvirdan muhim xususiyatlar ajratib olinadi. Maxsus filtrlar tasvir ustida harakatlanib, undagi chiziqlar, burchaklar va teksturalarni aniqlaydi. Natijada bitta rasm o‘rniga bir nechta “feature map” (xususiyat xaritalari) hosil bo‘ladi.

Pooling qatlamida olingan xususiyat xaritalari soddalashtiriladi. Ya’ni tasvir o‘lchami kichraytiriladi, lekin asosiy ma’lumot saqlab qolinadi. Bu hisoblash tezligini oshiradi va modelni ortiqcha ma’lumotlardan himoya qiladi.



1-rasm. Konvulyatsion neyron tarmoq arxitekturasi sxemasi

Yassilash bosqichida ko‘p o‘lchamli ma’lumotlar (2D yoki 3D ko‘rinishdagi xaritalar) bir o‘lchamli vektorga aylantiriladi. Ya’ni barcha ma’lumotlar bitta uzun qator ko‘rinishiga keltiriladi.

To‘liq bog‘langan birinchi qatlamda oldingi bosqichda olingan barcha xususiyatlar birlashtirilib, tahlil qilinadi. Bu yerda neyronlar orasida to‘liq bog‘lanish mavjud bo‘lib, model muhim qarorlar chiqarishga tayyorlanadi.

To‘liq bog‘langan ikkinchi qatlamda yakuniy qaror qabul qilishga yaqin bosqich hisoblanadi. Model o‘rganilgan xususiyatlar asosida obyektni qaysi sinfga

ISSN 3030-3907

tegishli ekanini aniqlaydi. Rasmning eng o‘ng tomonida natija ko‘rsatilgan. Bu yerda model yakuniy qaror chiqaradi.

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

Mavjud tadqiqotlar va ularning tahlili

Sun’iy intellekt asosidagi sifat nazorati tizimlari avtomobil sanoatida sirt nuqsonlarini aniqlashda an’anaviy qo‘l tekshiruviga nisbatan tezroq va barqarorroq ishlamoqda. Avtomobil kuzovi va tashqi panellaridagi chizilish, botiq va nuqsonlarni aniqlash uchun yaratilgan avtomatik tekshiruv tizimi botiqlar uchun 95,6%, chizilishlar uchun 97,1% va nuqsonlar uchun 96,0% aniqlik ko‘rsatgan, bitta avtomobilni tekshirish vaqti esa 1 daqiqa 50 soniyani tashkil etgan [15].

Avtomobil buferlarining bo‘yalgan yarim yaltiroq sirtlaridagi nuqsonlarni aniqlashga mo‘ljallangan deflektometriya asosidagi tizim 10 ta yirik buferda sinovdan o‘tkazilgan va har bir bo‘lakni qayta ishlash vaqti 0,35 soniya bo‘lgan. Ushbu tadqiqotda kichik nuqson namunalari uchun aksariyat hollarda 100% aniqlash natijasi qayd etilgan, ammo murakkabroq nuqsonlarda bu ko‘rsatkich pasaygan, masalan, “Cold Slug” turidagi nuqsonda 75% va “Popping” turida 50% natija kuzatilgan [16]. Katta buferlar bo‘yicha natijalarda ayrim bo‘laklarda topish darajasi 0,75-1,00 oralig‘ida bo‘lgan, ammo aniqlik yuqori egrilikli joylarda 0,30 gacha tushgan.

An’anaviy mashinali ko‘rish va tayanch vektor mashinasi asosidagi tizimlar 95-97% atrofida aniqlik bera olsa-da, ular yoritish, akslanish va geometriya o‘zgarishlariga nisbatan sezgirroq bo‘ladi. Zamonaviy chuqur o‘rganish modellari esa 20,3 millisoniya yoki sekundiga 33,52 kadr kabi tezlik bilan ishlab, aniqlikni 96-98% gacha oshirmoqda. Avtomobil buferlari sifat nazorati uchun ayniqsa yengil aniqlovchi modellar, bo‘laklarga ajratib tahlil qiluvchi tarmoqlar va deflektometriya bilan birlashtirilgan sun’iy intellekt yondashuvlari istiqbolli hisoblanadi, chunki bufer sirti katta, egri va ko‘pincha yorug‘likni qaytaruvchi bo‘ladi.

Bu sohadagi asosiy kamchiliklardan biri katta hajmdagi o‘qitish ma’lumotlari zarurligidir, chunki sanoatda nuqsonli namunalar soni ko‘p bo‘lmaydi va ularni belgilash qimmatga tushadi [17]. Yana bir muhim muammo shundaki, juda mayda, kam uchraydigan yoki past kontrastli nuqsonlar model tomonidan qiyinroq aniqlanadi.

Mavjud tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, avtomobil qismlaridagi nuqsonlarni aniqlashda qo‘llanilgan sun’iy intellekt usullari samaradorlik va resurs talabi bo‘yicha farqlanadi. Ularni aniqlik, tezlik, qo‘llanish sohasi, kamchiliklari va hisoblash resurslari mezonlari asosida qiyoslash maqsadida quyidagi jadval tuzildi (2-jadval).

ISSN 3030-3907

2-jadval

Sun’iy intellekt asosida avtomobil qismlaridagi nuqsonlarni aniqlash bo‘yicha mavjud tadqiqotlarning qiyosiy tahlili

Muallif, yil	Tadqiqot obyekti	Qo‘llangan usul	Sanoatda qo‘llanishi	Aniqlik ko‘rsatkichi	Ishlash tezligi	Kamchiliklari
Zhou va boshq., 2019	Avtomobil kuzovi sirtidagi chizilish, botiq va yolg‘on nuqsonlar	Mashinali ko‘rish, ko‘p masshtabli Gessian matritsa usuli, tayanch vektor mashinasi	Avtomobil sirtini avtomatik tekshirishda qo‘llanadi	Botiq uchun 95,6%, chizilish uchun 97,1%, yolg‘on nuqsonlar uchun 96,0%	1 avtomobil uchun 1 daqiqa 50 soniya	Yoritish notekisligi, akslanish, juda mayda nuqsonlarni aniqlash qiyin
Akhtar va boshq., 2019	Avtomobil buferining bo‘yalgan yarim yaltiroq sirti	Deflektometriya, fazani o‘lchash usuli, tasvirni filtrlash	Bufer sirtidagi nuqsonlarni ishlab chiqarish liniyasida aniqlash uchun mos	Ayrim kichik nuqsonlarda 100%, Cold Slug uchun 75%, Popping uchun 50%	Har bir bo‘lak uchun 0,35 soniya	Yuqori egrilikli joylarda aniqlik pasayadi, oq sirtlarda natija yomonlashadi, tashqi yorug‘lik ta’sir qiladi
Ge va boshq., 2025	Avtomobil muhrlash halqalaridagi nuqsonlar	Takomillashtirilgan YOLOv8, ko‘p masshtabli xususiyat ajratish moduli	Haqiqiy vaqt rejimida avtomatik nuqson aniqlash uchun samarali	Aniqlik 98,30%, qamrov 96,62%	20,3 millisoniya	Juda mayda nuqsonlar, og‘ir sanoat muhiti va tasvir xiralashuvida qiyinchilik bor

ISSN 3030-3907

Cai va boshq., 2025	Avtomobil pastki qismidagi germetik qatlam nuqsonlari	ACS-DeepLabv3+, yengil segmentatsiya tarmog‘i	Sanoatda tezkor va aniq nuqson ajratish uchun mos	O‘rtacha kesishish koeffitsiyenti 85,99%, o‘rtacha piksel aniqligi 91,55%	Sekundiga 33,52 kadr	Kichik nuqsonlar chegarasini aniq ajratish doimo ham oson emas
Casella va boshq., 2025	Avtomobil tormoz kaliperlari	Nazoratsiz o‘qitish, o‘ralgan o‘z-o‘zini tiklovchi tarmoq	Belgilangan nuqsonli tasvirlar kam bo‘lgan holatda foydali	F-o‘lchov 0,92; 0,95; 0,76	Aniq tezlik ko‘rsatilmagan, ammo ishlab chiqarishga mos deb baholangan	Murakkab uch o‘lchamli sirtlarda natija pasayadi
Martin va boshq., 2021	Sanoat sirt nuqsonlarini aniqlash tizimlari bo‘yicha umumiy tahlil	Tahliliy sharh	Sanoatdagi AI asosidagi nazorat tizimlarining umumiy muammolarini ko‘rsatadi	Aniqlik emas, umumiy tahlil berilgan	Tezlik emas, tahliliy manba	Katta ma’lumotlar bazasi yetishmasligi, belgilash qimmatligi, kam uchraydigan nuqsonlar muammosi

Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, sun’iy intellekt asosidagi zamonaviy usullar avtomobil sanoatida nuqsonlarni topishda yuqori aniqlik va tezlikni ta’minlamoqda. Ayniqsa, chuqur o‘rganish modellariga asoslangan yondashuvlar an’anaviy mashinali ko‘rish usullariga nisbatan samaraliroq bo‘lsa-da, ular katta hajmdagi ma’lumotlar bazasi va kuchli hisoblash resurslarini talab qiladi.

XULOSA.

Maqolada avtomobil buferlari sifat nazoratini sun’iy intellekt va kompyuter ko‘rish texnologiyalari asosida avtomatlashtirishning nazariy asoslari tahlil qilinib, an’anaviy vizual va mexanik tekshiruvlarning inson omiliga bog‘liqligi,

ISSN 3030-3907

subyektivligi va mehnat zichligi sababli seriyali ishlab chiqarish talablari uchun yetarli emasligi aniqlangan. Buferlarning mexanik mustahkamlik, sirt sifati, material tarkibi va konstruktiv xususiyatlari tizimlashtirilib, ularning xavfsizlik hamda ekspluatatsion ko‘rsatkichlarga ta’siri asoslab berilgan. Kamera, yoritish tizimi, konveyer va sensorlardan tashkil topgan avtomatlashtirilgan nazorat tizimining tezlik, aniqlik va takrorlanish afzalliklari ko‘rsatilgan. Ilmiy ishlanmalar tahlili konvolyutsion neyron tarmoqlar, yengil aniqlovchi modellar va deflektometriya usullarining nuqsonlarni 95–98% aniqlikda baholash imkonini berishini, biroq katta hajmdagi o‘qitish ma’lumotlari va murakkab, yaltiroq sirtlarda aniqlikni ta’minlash muammolari mavjudligini ko‘rsatgan. Shuning uchun avtomobil buferlari uchun moslashtirilgan, ma’lumotlar bazasini samarali shakllantiruvchi va murakkab sirtlarga chidamli sun’iy intellekt asosidagi nazorat tizimlarini ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish sifatida belgilanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020). “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida (PF-6079-son Farmon). https://uzdon.uz
2. Abdullayev, Sh., & Qodirova, M. (2024). Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish asosida avtomatlashtirilgan sifat nazorati tizimlari. So‘nggi ilmiy tadqiqotlar nazariyasi, 9(1), 120–128.
3. Karimov, A., & Rustamova, N. (2025). Raqamli transformatsiya va sanoat tarmoqlarining modernizatsiyasi: O‘zbekiston tajribasi. Science and Technology Studies, 3(1), 45–56.
4. Haohao Auto Parts. (2024, October 27). Avtomobilning bamperi nima? https://srcyrl.haohaoautoparts.com/news/what-is-the-bumper-of-a-car-84480317.html
5. Autoparts-export. (2019, 25-noyabr). Avtomobil buferlari uchun qanday material yaxshi? (onlayn maqola). Avtomobil ehtiyot qismlari eksporti bo‘yicha ma’lumot portali.
6. AnySiliconeRubber / SZMechanic (2024). Avtomobil plitalaridagi metall materiallarga qo‘yiladigan talablar (onlayn maqola). Avtomobilsozlik texnik talablari bo‘yicha ma’lumot sayti.
7. JDPU. Transport vositalari detallarining ishlash qobiliyatini tiklash [O‘quv qo‘llanma, PDF]. Jizzax davlat pedagogika universiteti elektron kutubxonasi.
8. Shao-Yi. (2025). Avtomobil shtamplarini (shablonlarini) ishlab chiqarishda sifat nazoratining asosiy tamoyillari [Onlayn maqola]. Sanoat optik nazorat va qolip ishlab chiqarish bo‘yicha portal.

ISSN 3030-3907

9. Kinseal HMI. (2024). Avtomatlashtirish tizimlarining asosiy komponentlari [Onlayn maqola]. Avtomatlashtirish va HMI tizimlari bo‘yicha texnik blog.
10. Elscope Vision. (2024). AI vehicle inspection solution: Avtomatlashtirilgan transport vositalarini tekshirish yechimlari uchun sun’iy intellekt [Onlayn maqola]. Kompyuter ko‘rishi va AI asosidagi vizual inspeksiya yechimlari bo‘yicha kompaniya blogi.
11. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing.
12. Szeliski, R. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications.
13. Haralick, R. M., & Shapiro, L. G. (1985). Image Segmentation Techniques.
14. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning.
15. Zhou, Q., Chen, R., Huang, B., Liu, C., Yu, J., & Yu, X. (2019). An automatic surface defect inspection system for automobiles using machine vision methods. Sensors, 19(3), Article 644. https://doi.org/10.3390/s19030644
16. Akhtar, S., Tandiya, A., Moussa, M., & Tarry, C. (2019). An efficient automotive paint defect detection system. Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, 4(3), 171–182. https://doi.org/10.25046/aj040323
17. Martin, D., Heinzel, S., Kunze von Bischhoffshausen, J., & Kühl, N. (2021). Deep learning strategies for industrial surface defect detection systems.

ISSN 3030-3907