Avtomobil sanoatida sifat nazoratini fotogrammetriya usulida tekshirish hamda tahlilning metrologik parametrlarini aniqlash

Fazluddin Xusnuddinov
Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti, Mashinasozlik texnologiyasi va aviakosmik muhandisligi kafedrasi
Jasurxo‘ja Xolxo‘jayev
Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti, Mashinasozlik texnologiyasi va aviakosmik muhandisligi kafedrasi
Jamshid Inoyatxodjayev
Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti, Mashinasozlik texnologiyasi va aviakosmik muhandisligi kafedrasi
Sarbinaz Kengesbaeva
Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti, Mashinasozlik texnologiyasi va aviakosmik muhandisligi kafedrasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada UzAvto avtomobil zavodida sifat nazorati jarayoniga fotogrammetriyaga asoslangan tekshirish usulini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqot usuli taqdim etiladi. Tadqiqotning asosiy yo‘nalishlari quyidagilar: kuzov panellarining sirt sifatini tekshirish, mexanik qismlarning o‘lchamlarini aniqlash va yig‘ilgan detallardagi nuqsonlarni aniqlash. Taklif etilgan usul yaqin masofali suratga olish, kameralar kalibrovkasi va avtomatlashtirilgan tasvirlarni qayta ishlashni o‘z ichiga oladi. Maqolada tizim arxitekturasi, kalibrovka jarayoni, aniqlik tahlili va an’anaviy tekshirish usullari bilan taqqoslash muhokama qilindi. Natijalar fotogrammetriyani UzAvto zavodida avtomatlashtirilgan va raqamli sifat nazorati tizimi sifatida joriy qilish imkoniyatini ko‘rsatmoqda.

Kalit so‘zlar: fotogonometriya, Sanoat 4.0, sifat nazorati.

Аннотация.В данной статье представлен исследовательский метод по разработке способа проверки на основе фотограмметрии для контроля качества на автомобильном заводе UzAvto. Основные направления исследования включают: проверку качества поверхности кузовных панелей, измерение размеров механических деталей и выявление дефектов в собранных узлах. Предлагаемый метод включает фотосъёмку с близкого расстояния, калибровку камер и автоматизированную обработку изображений. В статье обсуждаются архитектура системы, процесс калибровки, анализ точности и сравнение с традиционными методами контроля. Результаты демонстрируют возможность внедрения фотограмметрии как автоматизированной и цифровой системы контроля качества на заводе UzAvto.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: фотограмметрия, Индустрия 4.0, контроль качества

Abstract. This article presents a research methodology for developing a photogrammetry-based inspection method for the quality control process at the UzAvto automotive plant. The main research directions include: inspecting the surface quality of body panels, measuring the dimensions of mechanical parts, and detecting defects in assembled.The proposed method involves close-range photography, camera calibration, and automated image processing. The article discusses the system architecture, calibration procedures, accuracy analysis, and comparison with traditional inspection methods. The results demonstrate the potential for implementing photogrammetry as an automated and digital quality control system at the UzAvto plant.

Keywords: photogrammetry, Industry 4.0, quality control

1. Kirish

Fotogonometriya tekshiruvi (yoki fotogrammetrik tekshiruv) — bu obyektlarning shakli, o‘lchami va joylashuvini fotosuratlar orqali aniqlash usulidir. Bu usulda suratga olingan tasvirlardan geometrik ma’lumotlar olinadi va sifat nazoratini amalga oshirish imkonini beradi. Hozirgi kunda, bu usul moslashuvchan, arzon va samarali usul sifatida rivojlanmoqda.

Zamonaviy avtomobil sanoatida yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarish muhim ahamiyatga ega. Odatdagi sifat nazorati usullari, masalan, vizual tekshiruvlar yoki kontaktli o‘lchovlar ko‘p vaqt talab qiluvchi, subyektiv va kam ma’lumotli bo‘lishi mumkin. Fotogrammetriya esa — tasvirlar asosida obyektlarning geometrik xususiyatlarini aniqlash, kontaktsiz va yuqori ma’lumotga ega bo‘lgan alternativ usul sifatida namoyon bo‘lmoqda. Ilgari bu usul yer o‘lchovlarida ishlatilgan bo‘lsa, hozirda raqamli kameralar va algoritmlar yordamida muhandislik hajmidagi qismlarni ham aniq o‘lchashga imkon beradi.

Ko‘plab amaliyotlar natijasida fotogrammetriya usulining har xil o‘lchamli obyektlarda aniqlik darajasi tahlil qilinib, kalibrovkaning muhimligi ta’kidlangan (Trombini et al.,2025). Fotogrammetriya jarayonida makro linzalar yordamida kichik detallarning 0,1 mm dan kam aniqlikda tiklanish imkoni mavjud (Galantucci et al., 2013). Hattoki, yuqori mashtablarda (large scale) fotogrammetriya yordamida avtomobil kuzovining to‘liq 3D modelini yaratib, suratga olish sharoiti va obyekt holati rekonstruksiya sifatiga qanday ta’sir qilishini ko‘rsatilgan (Thomas et al.,2019).

Fotogrammetriyani nafaqat shaklni vizual hajmini hosil qilish uchun, balki, sifat nazorati uchun ham ishlatish imkoni mavjud. Jahon tajribasida shuni kuzatish mumkinki, fotogrammetriya orqali detallarni robot yordamida avtomatik sayqallash uchun 3D modelini ishlatish imkoni mavjud (Thevara et al., 2018).

ISSN 3030-3907

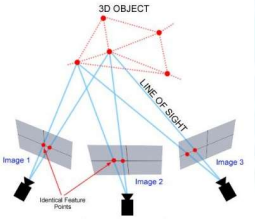
Hodel (2021) esa fotogrammetriyani press-shop bosqichida onlayn sirt tekshirish uchun taklif qilgan. Yuan (2024) esa ventilyatsiya tizimining tasvirlarini qayta ishlash orqali nuqsonlarni aniqlash bo‘yicha tadqiqot olib borgan.

Ushbu maqolada UzAvto zavodi uchun fotogrammetriyaga asoslangan sifat nazorati tizimi ishlab chiqildi. Asosiy maqsad, kuzov panellarining sirt tekshiruvi, qismlarning o‘lchamlarini aniqlash va yig‘ma detallaridagi nuqsonlarni avtomatik aniqlash imkonini beruvchi tizimni ishlab chiqish. Maqolada ishlatilgan metodika, tizim arxitekturasi, samaradorlik va boshqa usullar bilan taqqoslashlar batafsil yoritiladi.

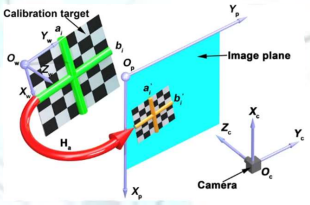
2. Fotogrammetrik tekshirish tizimi

Ushbu tadqiqotda ishlab chiqilgan fotogrammetrik tekshirish tizimi turli o‘lcham va shakldagi avtomobil qismlarini nazorat qilishga moslashtirilgan. Tizim quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topgan: yuqori aniqlikdagi raqamli kameralar, kalibrovka obyektlari, 3D model qurish uchun dasturiy ta’minot va defektlarni aniqlash algoritmlari.

Kameralar tarmog‘i bir nechta raqamli kameralarni turli burchaklarda joylashtirish orqali obyektning to‘liq tasvirini olish imkonini beradi (rasm-1). Kalibrovka jarayoni har bir kameraning linza xususiyatlari va ularning joylashuvi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash uchun olib boriladi. Bu jarayonda nazorat belgilariga ega panellar yoki maxsus kalibrovka obyektlari ishlatiladi. (rasm - 2) Raqamli tasvirlar asosida 3D nuqta bulutlari va sirt panjaralari (mesh) yaratiladi.



Rasm-1. Kameralar tarmog‘i



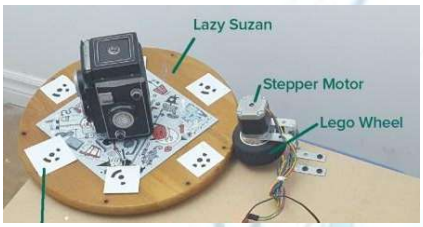
Rasm-2. Kalibrovka tizimi

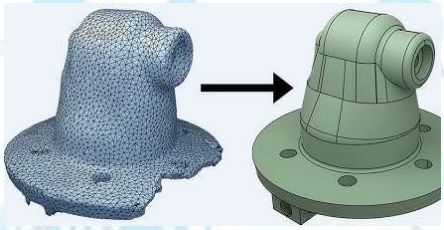
Sifat nazoratining turli jihatlariga qarab tasvir olish strategiyasi farqlanadi: katta kuzov panellari uchun bir nechta kameradan bir vaqtning o‘zida foydalaniladi, kichik detallarda esa bir kamerali aylanma suratga olish (rotatsion platforma yordamida) qo‘llaniladi (rasm-3). Maxsus yorug‘lik sharoitlari, ya’ni tarqoq yoki burchak ostida yoritish, sirt nuqsonlarini aniqroq ko‘rsatadi.

Fotogrammetrik model qurilgach, u nominal CAD modellari bilan solishtiriladi. Fotogrammetrik modelni hosil qilish Agisoft dasturi yoki ochiq dasturiy

ISSN 3030-3907

ta’minotga ega bo’lgan MICMAC dasturidan foydalanish mumkin. Hamda uni nominal CAD modeli bilan solishtirish uchun CloudCompare dasturidan foylanish mumkin (rasm-4). Bu orqali qismlar o‘lchamlarining aniqligi baholanadi, sirtning deformatsiyalari va egilmalari aniqlanadi. Bundan tashqari, yuqori aniqlikdagi suratlar yordamida sirt defektlari, masalan, tirnalishlar, bo‘yoqdagi chang zarralari va boshqa estetik nuqsonlar aniqlanadi.





Rasm-3. Rotatsion platfor

Rasm-4. CloudCompare dasturi (a-fotogrammetrik usul orqali hosil qilingan tasvir, b-CAD modeli)

Ushbu metodika orqali uchta turli holatda sinovdan o‘tkazish taklif qilinadi: (1) bo‘yalgan avtomobil kapoti, (2) tormoz diski va (3) konditsioner ventilyatsiya panjarasi. Har bir holatda fotogrammetriya yordamida aniqlik, nuqson aniqlash darajasi va 3D modellashtirish samaradorligi baholanadi.

Olingan natijalar fotogrammetriya asosidagi usulning ko‘p funksiyali va yuqori ishonchliligini ko‘rsatadi. Bu usul umumiy geometriyani, joylashuvni, yuzaki nuqsonlarni aniqlash imkonini beradi. Fotogrammetriya an’anaviy kontaktli o‘lchov usullari bilan taqqoslaganda arzonroq, tezroq va ko‘proq ma’lumot beradi. Shu bilan birga, uning ba’zi cheklovlari ham bor: masalan, juda aks ettiruvchi yoki shaffof sirtlarda aniqlik pasayadi, jarayon esa yuqori sifatli suratlar va to‘g‘ri yorug‘likni talab qiladi.

Shu bilan birga, sanoatga moslashtirishda barqarorlik, kalibrovkaning doimiyligi, texnologik muhitdagi tebranish va chang kabi omillar inobatga olinishi kerak. Ushbu tizim raqamli sifat nazorati tizimlariga mos keladi va Industry 4.0 tamoyillariga asoslanadi.

3. Xulosa

Fotogrammetriyaga asoslangan ushbu sifat nazorati tizimi UzAvto zavodining sifat tekshirish ehtiyojlarini to‘liq qamrab olishga mos ekanligi ko‘rsatmoqda. U nafaqat katta detallar (kapot, eshiklar) balki kichik va murakkab shakldagi qismlar (tormoz diski, ventilyatsiya panjarasi)ni ham aniqlik bilan

ISSN 3030-3907

tekshirish imkoniga ega. Ilmiy va amaliy tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, ushbu usul yordamida geometriya va sirt defektlarini birgalikda aniqlash mumkin, bu esa an’anaviy metodlarga nisbatan ustunlik beradi.

Shuningdek, bu tizim arzon uskunalar asosida tuzilishi mumkinligi, o‘z navbatida uni kichik va o‘rta korxonalar uchun ham joriy qilish imkonini beradi. Kelgusida tizimning sanoat muhitiga to‘liq integratsiyasi, avtomatlashtirish va sun’iy intellekt yordamida nuqsonlarni aniqlash algoritmlarini takomillashtirish ko‘zda tutilgan.

Fotogrammetriya yordamida raqamli va avtomatlashtirilgan sifat nazorati tizimini joriy qilish UzAvto kabi ishlab chiqaruvchilar uchun raqobatbardoshlikni oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish samaradorligini ko‘paytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

M. Trombini, G. Maculotti, D. A. Maisano, A. Pagani, and F. Franceschini, “A multi-scale photogrammetric measurement approach for precision engineering: Performance assessment and uncertainty analysis,” *Precision Engineering*, vol. 92, pp. 124–140, 2025.

L. M. Galantucci, F. Lavecchia, and G. Percoco, “Multi-stack close range photogrammetry for low cost submillimeter metrology,” *J. of Computing and Information Science in Engineering*, vol. 13, no. 4, p. 044501, Dec. 2013.

D. J. Thevara and V. Kumar, “Application of photogrammetry to automated finishing operations,” *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 402, 012025, 2018.

M. A. Thomas, M. F. Hassan, W. S. I. W. Salim, *et al.*, “Reconstruction of 3D models in automotive engineering applications using close-range photogrammetry approach,” *J. of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 61, no. 2, pp. 220–232, 2019.

O. Hödel and M. Burgard, “A review on photogrammetric surface inspection in automotive production,” *ISPRS Archives*, vol. XLIII-B2, pp. 511–518, 2021.

W. Bösemann, “Industrial photogrammetry for applications in automotive and aerospace industry,” *Presentation*, 2022.

E. Kanun, G. M. Oğuz, and M. Yakar, “3D modeling of car parts by photogrammetric methods: Example of brake discs,” *Mersin Photogrammetry Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 7–13, 2022.

ISSN 3030-3907

H. Z. Yuan, K. H. Ghazali, A. Lubis, *et al.*, “Implementing image processing for quality inspection of car air conditioning vents,” in *Proc. of 8th Mechanical Engineering, Science and Technology Int. Conf.*, Malaysia, Dec. 2024, pp. 1–5.

ISSN 3030-3907