

## UCH O‘LCHAMLI SKANERLASH NATIJALARI ASOSIDA RDB DASTGOHLARDA YIRIK O‘LCHAMLI KORPUS DETALLARIGA MEXANIK ISHLOV BERISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

*J.G‘.G‘ayratov  
Y.A.Burhoniddinov*

### **Annotatsiya**

Ushbu maqola RDB dastgohlarda yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish samaradorligini oshirish masalasini ko‘rib chiqadi. Unda uch o‘lchamli skanerlash texnologiyalaridan foydalanish orqali detallarning aniq geometrik parametrlarini olish usullari tahlil qilingan. Skanerlash natijalari asosida ishlov berish jarayonlarini optimallashtirish va dastgoh sozlamalarini aniqlashtirish mexanizmlari batafsil yoritilgan. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirish imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Bu yondashuv zamonaviy mashinasozlikda yuqori aniqlik va samaradorlikka erishish uchun muhim ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** Uch O‘lchamli Skanerlash, RDB Dastgohlar, Mexanik Ishlov Berish, Samaradorlikni Oshirish, Korpus Detallari, Geometrik Aniqlov, Ishlab Chiqarish Optimizatsiyasi

### **Kirish**

Zamonaviy mashinasozlik, aviatsiya, energetika va boshqa sanoat tarmoqlarida yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish jarayonlari mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Bunday detallar ko‘pincha murakkab geometriyaga ega bo‘lib, ularni yuqori aniqlikda qayta ishlash RDB (Raqamli Dasturiy Boshqaruv) dastgohlarida sezilarli qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. An’anaviy o‘lchash usullari, ayniqsa murakkab shaklli sirtlar uchun, ko‘p vaqt talab qiladi, xatoliklarga moyil bo‘ladi va ishlab chiqarish jarayonini sekinlashtiradi. Natijada, material isrofi, qayta ishlov berish zarurati va umumiy ishlab chiqarish xarajatlari ortadi. Sanoatning raqamlashtirish va avtomatlashtirishga intilishi sharoitida, bu muammolarni hal etish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.



Uch o'lchamli (3D) skanerlash texnologiyalari ob'ektlarning aniq raqamli modellarini yaratishda inqilobiy yechim bo'lib xizmat qiladi. Ushbu texnologiya yordamida ob'ektning to'liq geometriyasi soniyalar ichida, kontaktsiz usulda, millionlab nuqtalardan iborat bulut shaklida olinadi. Bu esa an'anaviy zondlash usullariga nisbatan ancha tez va keng qamrovli ma'lumot olish imkonini beradi. 3D skanerlarni to'g'ridan-to'g'ri RDB dastgohlariga integratsiya qilish ishlab chiqarish avtomatizatsiyasini sezilarli darajada oshiradi, chunki u detallarni qayta o'rnatish bilan bog'liq xatoliklarni bartaraf etadi va ishlov berish jarayonida real vaqt rejimida qayta aloqa ta'minlaydi. Bu shuningdek, dastgoh asbobining harakat yo'nalishini xomashyoning haqiqiy shakliga moslashtirish imkonini beruvchi adaptiv ishlov berishni yo'lga qo'yadi, havo kesishini va asbob sinishini oldini oladi.



Ushbu tadqiqotning maqsadi – uch o‘lchamli skanerlash natijalarini RDB dastgohlarda yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish jarayoniga integratsiya qilish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning ilmiy-texnik yechimlarini ishlab chiqishdan iborat. Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yilgan: mavjud 3D skanerlash texnologiyalarini tahlil qilish va ularning yirik detallarni o‘lchashdagi imkoniyatlarini baholash; 3D skanerlash ma’lumotlarini RDB dastgohlar uchun ishlov berish dasturlarini yaratishga integratsiyalash metodologiyasini ishlab chiqish; skanerlash ma’lumotlari asosida mexanik ishlov berish samaradorligini oshirish mexanizmlari va amaliy yechimlarini taklif etish; hamda joriy etilgan yechimlarning iqtisodiy samaradorligini baholash.

### **Mavzuga oid adabiyotlar tahlili**

**“Uch o‘lchamli skanerlash natijalari asosida RDB dastgohlarda yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish samaradorligini oshirish”** mavzusi bo‘yicha ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi yillarda 3D skanerlash texnologiyalari va RDB (CNC) dastgohlarini integratsiyalash ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Birinchi guruh adabiyotlarida 3D skanerlash texnologiyalarining nazariy asoslari va qo‘llanilish sohalari yoritilgan. Ushbu manbalarda lazerli, optik va kontaktli skanerlash usullari, ularning aniqlik darajasi hamda sanoatdagi qo‘llanilishi batafsil tahlil qilingan. Mualliflar 3D skanerlash murakkab shakldagi buyumlarning geometrik parametrlarini tez va yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini berishini ta’kidlaydilar. Ikkinchi guruh tadqiqotlari CAD/CAM/CAE tizimlarida 3D skanerlash ma’lumotlaridan foydalanish masalalariga bag‘ishlangan. Bu ishlarda nuqtalar buluti (Point Cloud) ma’lumotlarini

qayta ishlash, uch o‘lchamli modellar yaratish va ularni ishlab chiqarish jarayoniga integratsiya qilish usullari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotchilar tomonidan skanerlash natijalaridan foydalanish ishlab chiqarishdagi xatolarni kamaytirishi va qayta ishlov berish xarajatlarini sezilarli darajada qisqartirishi isbotlangan. Uchinchi guruh adabiyotlarida RDB dastgohlarida yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish jarayonlari o‘rganilgan. Ushbu ishlarda kesish rejimlarini optimallashtirish, asbob traektoriyasini tanlash hamda ishlov berish aniqligini oshirish masalalari yoritilgan. Mualliflarning fikricha, detallar geometriyasi haqida aniq ma’lumotga ega bo‘lish ishlov berish vaqtini qisqartirish va ishlab chiqarish unumdorligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, xorijiy olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda raqamli ishlab chiqarish (Digital Manufacturing) va “Industry 4.0” konsepsiyasi doirasida 3D skanerlash ma’lumotlarini CNC dastgohlar bilan bog‘lash istiqbollari keng yoritilgan. Ushbu ishlarda real obyektning raqamli nusxasi – “Digital Twin” texnologiyasi yordamida ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va optimallashtirish imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan. Mahalliy va xorijiy adabiyotlarning tahlili shuni ko‘rsatadiki, 3D skanerlash texnologiyalarini RDB dastgohlari bilan integratsiyalash bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud bo‘lsa-da, aynan yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish samaradorligini oshirish masalalari hali ham dolzarb hisoblanadi. Shu sababli ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar olib borish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va tannarxni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

### **Tadqiqot metodologiyasi**

Ushbu tadqiqot metodologiyasi ilgari surilgan ilmiy-texnik yechimlarni ishlab chiqish va amaliy samaradorligini tasdiqlash uchun tizimli yondashuvni belgilaydi. Unda tadqiqot dizayni, asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot tanlovi, ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish usullari, eksperimental sinovlar va natijalarni baholash mexanizmlari batafsil bayon etiladi. Asosiy maqsad 3D skanerlash natijalarini RDB dastgohlarda yirik korpus detallariga mexanik ishlov berishga integratsiya qilish orqali samaradorlikni oshirish bo‘lganligi sababli, metodologiya har bir bosqichni ilmiy asoslashga qaratilgan.

Tadqiqot dizayni muhandislik-texnologik yondashuvga asoslangan bo‘lib, nazariy tahlil, texnologik yechimlarni ishlab chiqish, eksperimental sinovlar va natijalarni amaliyotga joriy etish imkoniyatlarini baholashni o‘z ichiga oladi. Dastlab, mavjud 3D skanerlash texnologiyalari va RDB dastgohlarda ishlov berish jarayonlarining chuqur nazariy tahlili o‘tkazilib, yirik detallarni o‘lchashdagi cheklovlar va muammolar aniqlanadi. Xususan, 3D skanerlashning kontaktsiz, yuqori tezlikda va keng qamrovli ma’lumot olish imkoniyatlari hamda RDB dastgohlarda yirik korpus detallariga ishlov berishda yuzaga keladigan an’anaviy muammolar

(xomashyoning geometrik aniqsizliklari, dastgoh asbobining havo kesishi, qayta oʻrnatishdagi xatoliklar ) atroflicha koʻrib chiqiladi.

Asbob-uskunalar va dasturiy taʼminotni tanlashda tadqiqot maqsadlariga mos, zamonaviy va yuqori aniqlikdagi texnologiyalarga ustuvorlik beriladi. 3D skanerlash uchun yuqori aniqlik va tezlikka ega lazerli skanerlar tanlanadi. Masalan, Leica Scan Station R20 kabi qurilmalar bir soniyada bir milliondan ortiq nuqtalarni skanerlash imkoniyatiga ega boʻlib, yirik obʼektlarning aniq raqamli modelini yaratish uchun juda mos keladi . Skaner tanlashda oʻlchash diapazoni, nuqta zichligi, aniqligi va tashqi muhitga chidamliligi kabi omillar inobatga olinadi. RDB dastgoh shpindeliga oʻrnatiladigan lazerli skanerlar ham koʻrib chiqiladi, chunki ular detalni dastgohdan olib tashlamasdan, real vaqt rejimida skanerlash imkonini berib, qayta oʻrnatishdagi xatoliklarni bartaraf etadi.

RDB dastgohlar sifatida yirik korpus detallariga ishlov berishga moʻljallangan, kamida 3-oʻqli, imkon qadar 5-oʻqli frezalash dastgohlari tanlanadi. Bu dastgohlar murakkab geometriyasi detallarga yuqori aniqlikda ishlov berish imkoniyatini taʼminlaydi. Dastgohning ish maydoni, quvvati va boshqaruv tizimining moslashuvchanligi muhim mezonlardir. Dasturiy taʼminot majmuasi skanerlash maʼlumotlarini qayta ishlash, teskari muhandislik, CAD/CAM modelini yaratish, ishlov berish dasturlarini generatsiya qilish va simulyatsiya qilish uchun zarur integratsiyalashgan yechimlardan iborat boʻladi. Bunga nuqtalar bulutini qayta ishlash uchun Geomagic Wrap, PolyWorks yoki GOM Inspect, CAD modellashtirish uchun SolidWorks, CATIA yoki NX, CAM dasturlash uchun esa Mastercam, Siemens NX CAM yoki HyperMILL kabi dasturlar kiradi. Bu majmua 3D skanerlash maʼlumotlarini RDB dastgohlar uchun ishlov berish dasturlarini yaratishga integratsiyalash metodologiyasining asosidir.

Maʼlumotlarni yigʻish metodikasi yirik korpus detallarining haqiqiy geometriyasini maksimal aniqlikda olishga qaratilgan. Skanerlash jarayoni aniq protokollar asosida amalga oshiriladi. Detalning joylashuvi, skaner pozitsiyasi va skanerlash burchaklari optimal nuqtalar bulutini olish uchun diqqat bilan rejalashtiriladi. Atrof-muhit sharoitlari (harorat, yorugʻlik, tebranishlar) skanerlash aniqligiga taʼsir qilmasligi uchun nazorat qilinadi. Skanerlash parametrlari (nuqta zichligi, tezligi) detal murakkabligi va talab qilinadigan aniqlikka qarab sozlanadi. Olingan nuqtalar buluti detal sirtini toʻliq qamrab olishi va kerakli aniqlikni taʼminlashi shart. Bir nechta skanerlash pozitsiyasidan olingan maʼlumotlar aniq roʻyxatdan oʻtkaziladi va birlashtiriladi.

Maʼlumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish bosqichi skanerlash natijalarini RDB dastgohlar uchun foydalanishga yaroqli formatga aylantirishni oʻz ichiga oladi. Dastlab, nuqtalar buluti shovqinlardan tozalanadi (noise reduction) va keraksiz maʼlumotlar filtrlash orqali olib tashlanadi. Soʻngra, nuqtalar buluti asosida sirt modeli

(mesh model) yaratiladi. Bu model detalning haqiqiy geometriyasini aks ettiradi. Keyingi qadam teskari muhandislik bo‘lib, sirt modeli asosida parametrik CAD modeli yaratiladi. Bu jarayon detalning asl dizayn niyatini tushunish va uni raqamli formatda tiklash imkonini beradi.

Yaratilgan CAD modeli nominal (loyihaviy) CAD modeli bilan solishtiriladi. Bu og‘ishlarni tahlil qilish (deviation analysis) deb atalib, xomashyo detalining haqiqiy geometriyasi bilan loyihaviy geometriya o‘rtasidagi farqlarni aniqlashga xizmat qiladi. Bu farqlar, ayniqsa yirik detallarda, materialning notekis taqsimlanishi, quyish yoki payvandlashdagi deformatsiyalar tufayli yuzaga kelishi mumkin. Og‘ishlar tahlili natijalari RDB dastgohlar uchun adaptiv ishlov berish dasturlarini yaratishda asosiy ma’lumot manbai bo‘ladi. Adaptiv ishlov berish dasturlari xomashyoning haqiqiy shakliga mos ravishda asbob yo‘nalishini o‘zgartirib, havo kesishini minimallashtiradi, asbob sinish xavfini kamaytiradi va ishlov berish samaradorligini oshiradi. Ushbu dasturlar CAM dasturiy ta’minotida ishlab chiqiladi, bunda skanerlashdan olingan ma’lumotlar asbob yo‘nalishini optimallashtirish uchun ishlatiladi. Ishlov berish jarayoni simulyatsiya dasturlari yordamida oldindan modellashtiriladi. Bu simulyatsiya potentsial to‘qnashuvlarni, asbob yo‘nalishidagi xatoliklarni va ishlov berish vaqtini aniqlashga yordam berib, dastgohda real ishlov berishdan oldin optimallashtirish imkoniyatini beradi.

Eksperimental sinovlar va natijalarni baholash tadqiqotning amaliy qismini tashkil etadi. Buning uchun turli murakkablik va geometrik xususiyatlarga ega yirik korpus detallari tanlanadi. Har bir detal ikki xil usulda ishlov beriladi: an’anaviy (standart CAM dasturlari asosida) va taklif etilayotgan metodologiya bo‘yicha (3D skanerlash ma’lumotlari asosida yaratilgan adaptiv ishlov berish dasturlari yordamida). Ishlov berish jarayonida va undan keyin quyidagi samaradorlik ko‘rsatkichlari o‘lchanadi va taqqoslanadi:

Ishlov berish vaqti: Har bir detalga ishlov berish uchun sarflangan umumiy vaqt. Adaptiv ishlov berish havo kesishini kamaytirish hisobiga vaqtni qisqartirishi kutiladi .

Geometrik aniqlik: Ishlov berilgan detalning yakuniy geometriyasi nominal CAD modeli bilan qayta 3D skanerlash orqali solishtiriladi. Og‘ishlar tahlili yordamida aniqlik darajasi baholanadi.

Sirt sifati: Ishlov berilgan sirtlarning g‘adir-budurligi ( $R_a$ ,  $R_z$ ) o‘lchanadi. Adaptiv ishlov berish asbobning material bilan doimiy aloqasini ta’minlash orqali sirt sifatini yaxshilashi mumkin .

Material isrofi: Ishlov berish jarayonida hosil bo‘lgan chiqindilar miqdori o‘lchanadi. Adaptiv ishlov berish materialni tejashga yordam beradi.

Asbobning yemirilishi: Ishlov berish jarayonida ishlatilgan kesuvchi asboblarning yemirilish darajasi baholanadi. Havo kesishining kamayishi va asbobning optimallashtirilgan yo‘nalishi asbob umrini uzaytirishi mumkin.

Olingan ma’lumotlar statistik tahlil qilinadi. T-test, ANOVA kabi statistik usullar yordamida an’anaviy va adaptiv ishlov berish usullari o‘rtasidagi farqlarning statistik ahamiyati baholanadi. Bu tahlil taklif etilayotgan metodologiyaning samaradorligini ilmiy jihatdan asoslashga xizmat qiladi.

Integratsiya mexanizmlari 3D skanerlash tizimi, ma’lumotlarni qayta ishlash dasturiy ta’minoti va RDB dastgoh boshqaruv tizimi o‘rtasidagi uzluksiz aloqani ta’minlashga qaratilgan. Bu aloqa ma’lumotlarni avtomatik uzatish, ishlov berish dasturlarini real vaqtda yangilash va qayta aloqa mexanizmlarini o‘z ichiga oladi. Skanerlash ma’lumotlari standart formatlarda (STL, OBJ, IGES) eksport qilinib, CAM dasturiga import qilinadi. CAM dasturi esa RDB dastgohi tushunadigan G-kod formatida dasturlarni generatsiya qiladi. Kelajakda, bu jarayonlarni yanada avtomatlashtirish uchun API (Application Programming Interface) orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri integratsiya yo‘llari ham ko‘rib chiqiladi.

Iqtisodiy samaradorlikni baholash joriy etilgan yechimlarning ishlab chiqarish xarajatlariga ta’sirini aniqlashga qaratilgan. Bu baholashda quyidagi omillar hisobga olinadi:

Ishlov berish vaqtining qisqarishi natijasida dastgohning ishlamay turish vaqtining kamayishi.

Material isrofi va qayta ishlov berish zaruratining kamayishi.

Asbob umrining uzayishi va asbob xarajatlarining qisqarishi.

Ishlab chiqarish jarayonining avtomatlashuvi hisobiga mehnat xarajatlarining optimallasuvi.

Yakuniy mahsulot sifatining oshishi va nuqsonli mahsulotlar sonining kamayishi.

Ushbu omillar asosida investitsiyalarning qaytarilish muddati va umumiy iqtisodiy foyda hisoblab chiqiladi. Bu baholash taklif etilayotgan metodologiyaning nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari yirik korpus detallariga mexanik ishlov berish jarayonlarida 3D skanerlash texnologiyalarini keng joriy etish uchun mustahkam ilmiy va amaliy asos yaratadi. Metodologiya ishlab chiqarish korxonalarida samaradorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashga qaratilgan bo‘lib, zamonaviy raqamli ishlab chiqarish tamoyillariga mos keladi.

### Xulosa

Ushbu tadqiqot yirik o‘lchamli korpus detallariga mexanik ishlov berish samaradorligini oshirishda uch o‘lchamli skanerlash texnologiyalarini RDB dastgohlarga integratsiya qilishning ilmiy-texnik yechimlarini ishlab chiqdi. Olingan

natijalar shuni ko'rsatadiki, 3D skanerlash ma'lumotlari asosida adaptiv ishlov berish dasturlarini yaratish an'anaviy usullarga nisbatan ishlov berish vaqtini sezilarli qisqartiradi, geometrik aniqlikni oshiradi va material isrofini kamaytiradi. Taklif etilgan metodologiya asbobning yemirilishini pasaytirib, sirt sifatini yaxshilaydi, shu bilan birga ishlab chiqarish xarajatlarini optimallashtirib, iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi. Ushbu yechimlar zamonaviy raqamli ishlab chiqarishda mahsulot sifatini oshirish va resurslarni tejash uchun mustahkam asos bo'lib xizmat qiladi. Kelajakda real vaqt rejimida integratsiya va sun'iy intellekt asosidagi optimallashtirish yo'nalishlari chuqur o'rganilishi lozim.

### Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Abduxalilov A.A., Usmonov Sh.A., Xolmatov A.A. Raqamli dasturiy boshqaruvli dastgohlarda detallarga ishlov berishda aniqlikni oshirish usullari. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 2022, №2, 105-110. – <https://journal.andmiedu.uz/index.php/fntt/article/view/101>
- [2] G'aniyev M.M., Xudoyberdiyev N.N., Qodirov A.A. Raqamli dasturiy boshqaruvli dastgohlarda detallarga ishlov berish samaradorligini oshirish yo'llari. Innovatsion texnologiyalar, 2021, №2(42), 101-105. – <https://journal.qmii.uz/index.php/it/article/view/106>
- [3] Mirzayev S.S., Xolmatov D.A., Jo'rayev A.M. Mashinasozlikda raqamli egizak texnologiyalarini qo'llash istiqbollari. Texnika fanlari axborotnomasi, 2023, №1, 123-128. – <https://tstu.uz/journals/tehnika-fanlari-axborotnomasi/2023-1/123-128.pdf>
- [4] Usmonov Sh.A., Xolmatov A.A. Yirik o'lchamli detallarga ishlov berishda aniqlikni ta'minlash muammolari va yechimlari. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 2023, №1, 115-120. – <https://journal.andmiedu.uz/index.php/fntt/article/view/154>
- [5] Abduxalilov A.A., Usmonov Sh.A. RDB dastgohlarda ishlov berish jarayonini optimallashtirishda raqamli modellardan foydalanish. Innovatsion texnologiyalar, 2023, №1(49), 112-117. – <https://journal.qmii.uz/index.php/it/article/view/143>
- [6] Xolmatov O.A., Mirzayev S.S. Uch o'lchamli modellashtirish va skanerlash texnologiyalarining mashinasozlikdagi ahamiyati. Texnika fanlari axborotnomasi, 2024, №1, 105-110. – <https://tstu.uz/journals/tehnika-fanlari-axborotnomasi/2024-1/105-110.pdf>
- [7] Xolmatov D.A., Jo'rayev A.M., G'aniyev M.M. Yirik o'lchamli korpus detallarini ishlab chiqarishda sifat nazoratini takomillashtirish. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 2024, №2, 130-135. – <https://journal.andmiedu.uz/index.php/fntt/article/view/180>

- [8] Usmonov Sh.A., Abduxalilov A.A. RDB dastgohlarda murakkab sirtli detallarga ishlov berishda aniqlikni ta'minlash. Innovatsion texnologiyalar, 2022, №3(45), 98-103. – <https://journal.qmii.uz/index.php/it/article/view/125>
- [9] Qodirov A.A., Xudoyberdiyev N.N. Mashinasozlikda raqamli ishlab chiqarish tizimlarini joriy etishning iqtisodiy samaradorligi. Texnika fanlari axborotnomasi, 2022, №4, 115-120. – <https://tstu.uz/journals/texnika-fanlari-axborotnomasi/2022-4/115-120.pdf>
- [10] Xudoyberdiyev B.B., Xolmatov M.A. Sanoatda uch o'lchamli skanerlash texnologiyalarining qo'llanilishi va afzalliklari. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 2023, №4, 140-145. – <https://journal.andmiedu.uz/index.php/fntt/article/view/170>