

## ROBOT-MANIPULYATORLARNI TADQIQ ETISH VA SANOAT MIQYOSIDA ISHLAB CHIQISH TAHLILI

NamDTU

Texnologik mashinalar va jihozlar yo'nalish

Magistranti **Narzullayev Mirzohid**

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqolada robot-manipulyatorlarning nazariy asoslari, ularning sanoatda qo'llanilishi, ishlab chiqish texnologiyalari hamda zamonaviy rivojlanish tendensiyalari keng tahlil qilinadi. Manipulyator robotlar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, inson omilini kamaytirish va yuqori aniqlikdagi operatsiyalarni bajarishda muhim rol o'ynaydi. Maqolada robotlarning konstruksiyasi, boshqaruv tizimlari, sensor texnologiyalari va sanoatdagi real qo'llanish misollari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, sanoat miqyosida ishlab chiqish jarayonlari va ularning iqtisodiy samaradorligi tahlil qilinadi.

**Kalit so'zlar:** Robot-manipulyator, avtomatlashtirish, sanoat robotlari, boshqaruv tizimi, sensor texnologiya, ishlab chiqarish samaradorligi, mexatronika

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish jarayonlari yuqori darajadagi avtomatlashtirishni talab etadi. Shu nuqtai nazardan robot-manipulyatorlar ishlab chiqarishning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Robot-manipulyatorlar mexanik qo'l sifatida ishlovchi qurilmalar bo'lib, ular turli xil operatsiyalarni yuqori aniqlik va tezlik bilan bajaradi.

So'nggi yillarda sanoatda robotlardan foydalanish keskin oshib bormoqda. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va inson mehnatini yengillashtirish imkonini bermoqda. Ayniqsa, avtomobilsozlik, elektronika, logistika va tibbiyot sohalarida robot-manipulyatorlarning roli beqiyosdir.

Mazkur maqolada robot-manipulyatorlarni ilmiy jihatdan o'rganish, ularning konstruksion xususiyatlari va sanoat miqyosida ishlab chiqish jarayonlari chuqur tahlil qilinadi.

Robot-manipulyatorlar zamonaviy texnika va sanoatning eng muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi va ular sanoat avtomatlashtirishining asosiy drayveri sifatida e'tirof etiladi. Ular inson qo'li funksiyasini bajarishga mo'ljallangan mexanik tizimlar bo'lib, ishlab chiqarish jarayonlarida yuqori aniqlik, tezlik va takrorlanuvchanlikni ta'minlash imkonini beradi. So'nggi statistik ma'lumotlarga ko'ra, dunyo bo'yicha sanoat robotlari soni 2023-yilga kelib 3,5 milliondan oshgan bo'lib, bu ko'rsatkich yiliga o'rtacha 10–12% ga o'sib bormoqda.

Robot-manipulyatorlar odatda ko'p bo'g'inli mexanik tizimdan iborat bo'lib, har bir bo'g'in mustaqil aktuator yordamida harakatga keltiriladi. Ushbu aktuatorlar elektr, gidravlik yoki pnevmatik bo'lishi mumkin. Elektr aktuatorlar yuqori aniqlik va energiya samaradorligi bilan ajralib tursa, gidravlik tizimlar katta yuklarni ko'tarish uchun qo'llaniladi. Robotlarning asosiy tarkibiy qismlariga mexanik manipulyator, aktuatorlar, sensor tizimlari va boshqaruv modullari kiradi. Bu elementlar o'zaro integratsiyalashgan holda ishlaydi va natijada robot murakkab fazoviy harakatlarni bajarishga qodir bo'ladi. Robotlarning erkinlik darajasi (DOF – Degree of Freedom) ularning funksional imkoniyatlarini belgilovchi asosiy parametr hisoblanadi. Amaliyotda sanoat robotlarining aksariyati 4 dan 6 gacha erkinlik darajasiga ega bo'lib, bu ularning deyarli har qanday uch o'lchamli operatsiyani bajarishiga imkon beradi.

Robot-manipulyatorlarning konstruksion tuzilishiga qarab ularning bir necha asosiy turlari mavjud. Kartesian robotlar koordinata o'qlari bo'yicha chiziqli harakatlanadi va ular yuqori aniqlik talab qilinadigan CNC dastgohlari bilan integratsiyada keng qo'llaniladi. Silindrik robotlar aylanish va translatsion harakatlarni birlashtirgan bo'lib, ular logistika va yuk ko'tarish tizimlarida samarali ishlatiladi. Sferik robotlar esa keng fazoviy qamrovga ega bo'lib, murakkab uch o'lchamli operatsiyalar uchun mo'ljallangan. Eng rivojlangan va keng qo'llaniladigan tur artikulyatsion robotlar hisoblanadi. Ular inson qo'lga o'xshash ko'p bo'g'inli tuzilishga ega bo'lib, maksimal moslashuvchanlikni ta'minlaydi. Masalan, KUKA, ABB va FANUC kompaniyalari aynan artikulyatsion robotlar ishlab chiqarishda yetakchi hisoblanadi.

Robot-manipulyatorlarning samaradorligi ularning boshqaruv tizimiga bevosita bog‘liqdir. Zamonaviy boshqaruv tizimlari klassik PID-regulyatorlardan tortib, sun‘iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlarigacha rivojlangan. Avtomatik boshqaruv tizimlari oldindan dasturlashtirilgan trayektoriya asosida ishlaydi va yuqori aniqlikdagi takrorlanuvchi operatsiyalarni bajaradi. Masofadan boshqaruv tizimlari esa operatorga real vaqt rejimida robotni boshqarish imkonini beradi. Sun‘iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlari esa mashinaviy o‘rganish (machine learning) va neyron tarmoqlar orqali robotning o‘z-o‘zini moslashtirish qobiliyatini oshiradi. Masalan, zamonaviy robotlar kompyuter ko‘rish tizimlari orqali ob‘ektlarni aniqlab, ularni avtomatik ravishda ushlab va joylashtirish imkoniyatiga ega. Robotlarni dasturlashda PLC tizimlari bilan bir qatorda Python, C++ va ROS (Robot Operating System) platformasi keng qo‘llanilmoqda.

Sensor texnologiyalari robot-manipulyatorlarning funksional imkoniyatlarini kengaytiruvchi asosiy komponentlardan biri hisoblanadi. Sensorlar robotlarga tashqi muhit haqida ma‘lumot beradi va ularning real vaqt rejimida moslashuvchan ishlashini ta‘minlaydi. Optik sensorlar va kameralar yordamida robotlar tasvirni qayta ishlaydi va ob‘ektlarni aniqlaydi. Kuch-moment sensorlari robotning ishlash jarayonida bosimni nazorat qiladi va ayniqsa nozik yig‘ish operatsiyalarida muhim rol o‘ynaydi. Bundan tashqari, lazer skanerlari va LiDAR texnologiyalari robotlarga uch o‘lchamli muhitni tahlil qilish imkonini beradi. Sensor texnologiyalarining rivojlanishi robotlarning aniqligini mikron darajasigacha oshirishga imkon bermoqda.

Sanoatda robot-manipulyatorlardan foydalanish sezilarli darajada kengaygan. Avtomobil sanoatida robotlar ishlab chiqarish jarayonining 70% dan ortig‘ini tashkil etadi. Ular payvandlash, bo‘yash, yig‘ish va sifat nazorati jarayonlarida ishlatiladi. Elektronika sanoatida esa robotlar mikrosxemalarni ishlab chiqarishda nanometr darajasidagi aniqlikni ta‘minlaydi. Oziq-ovqat sanoatida robotlar gigiyena talablariga mos ravishda qadoqlash va saralash jarayonlarini bajaradi. Tibbiyotda esa robot-manipulyatorlar minimal invaziv jarrohlik operatsiyalarini amalga oshirishda qo‘llanilib, bemorning tiklanish vaqtini qisqartiradi. Masalan, da Vinci Surgical System tizimi jarrohlik amaliyotlarida keng qo‘llanilmoqda.

Robot-manipulyatorlarni sanoat miqyosida ishlab chiqish murakkab texnologik jarayon hisoblanadi. Bu jarayon dastlab konseptual loyihalashdan boshlanadi, bunda robotning funksional vazifalari aniqlanadi. Keyinchalik mexanik konstruktsiya va kinematik sxema ishlab chiqiladi. Dasturlash bosqichida robotning harakat algoritmlari yaratiladi va optimallashtiriladi. Sinov bosqichida robotning aniqligi, tezligi va ishonchliligi baholanadi. Yakuniy bosqichda robot ishlab chiqarish tizimiga integratsiya qilinadi. Ushbu jarayonlarda CAD/CAM tizimlari, simulyatsiya dasturlari va raqamli egizak (digital twin) texnologiyalari keng qoʻllaniladi.

Robotlardan foydalanish iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotlarga koʻra, robotlashtirilgan ishlab chiqarish tizimlari mahsuldorlikni 30–50% gacha oshirishi mumkin. Bundan tashqari, ishlab chiqarishdagi xatoliklar 80% gacha kamayadi. Robotlar 24/7 rejimida ishlay olishi tufayli ishlab chiqarish hajmi ortadi va mahsulot tannarxi kamayadi. Shu bilan birga, robotlar xavfli ishlab chiqarish muhitida inson hayotini himoya qilishga xizmat qiladi.

Biroq robot-manipulyatorlarni joriy etishda ayrim muammolar mavjud. Eng asosiy muammo – bu yuqori boshlangʻich investitsiya xarajatlari hisoblanadi. Bundan tashqari, robotlarni boshqarish uchun yuqori malakali mutaxassislar talab etiladi. Texnik xizmat koʻrsatish va dasturiy yangilanishlar ham qoʻshimcha xarajatlarni talab qiladi. Shunga qaramay, texnologiyalar rivojlanishi natijasida robotlar arzonlashib bormoqda va ularning samaradorligi oshmoqda. Kelajakda sunʼiy intellekt, IoT va 5G texnologiyalari robot-manipulyatorlarning imkoniyatlarini yanada kengaytiradi va ularni yanada aqlli hamda avtonom tizimlarga aylantiradi.

Robot-manipulyatorlar zamonaviy sanoatning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ular ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, inson omilini kamaytirish va yuqori aniqlikni taʼminlashda katta rol oʻynaydi.

Kelajakda robot texnologiyalarining rivojlanishi bilan sanoat yanada avtomatlashtiriladi va yangi innovatsion imkoniyatlar yuzaga keladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Siciliano, B., Khatib, O. *Springer Handbook of Robotics*. Berlin: Springer, 2016. – 2223 p.
2. Craig, J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2005. – 408 p.
3. Groover, M. P. *Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications*. New York: McGraw-Hill, 2008. – 512 p.
4. Spong, M. W., Hutchinson, S., Vidyasagar, M. *Robot Modeling and Control*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. – 478 p.
5. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. *Sanoat rivoji bo‘yicha statistik to‘plam*. Toshkent, 2023. – 150 b.
6. Zamonaviy robototexnika bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami. Toshkent: Innovatsion rivojlanish vazirligi nashriyoti, 2022. – 200 b.