ISSN 2181-3779

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

QURILISH VA TA'LIM ILMIY JURNALI

Научный журнал Строительство и образование
Scientific Journal of Construction and Education



NAMANGAN

ISSN 2181-3779

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

QURILISH VA TA’LIM ILMIY JURNALI

Volume 5, Issue 3
№3 (21) 2026

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ СТРОИТЕЛЬСТВО И ОБРАЗОВАНИЕ

SCIENTIFIC JOURNAL OF CONSTRUCTION AND EDUCATION

NAMANGAN-2026

2022-yildan nashr etiladi.
yiliga 6 marta chop qilinadi.

O‘zR Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2023-yil 30-oktabrdagi №345/3 qarori bilan jurnal OAK ning ilmiy nashlari ro‘yxatiga kiritilgan

QURILISH VA TA’LIM ILMIY JURNALI

Bosh muharrir: M.G‘.DADAMIRZAYEV
Bosh muh. o‘rinbosari: N.G‘.BAYBOBOYEV
Mas’ul kotib: N.S.TURAYEV

Tahrir hay’ati

Qurilish

1	Negmatov S. akademik	TDTU “Fan va taraqqiyot” DUK
2	Labudin B.V. t.f.d., prof.	SAFU, Rossiya
3	Lazutkina L.N. p.f.d., prof.	RDAU,Rossiya
4	Razzaqov S.J. t.f.d., prof.	NamDTU
5	Arifjanov A.M. t.f.d., prof.	TIQXMM, MTU
6	Nishonov F.X. t.f.f.d., dots.	NamDTU
7	Axmedov I.G‘. t.f.f.d., dots.	NamDTU
8	Maxkamov D.I. t.f.f.d., dots.	NamDTU
9	To‘xtaboyev A.A. t.f.n., dots.	NamDTU

Arxitektura va shaxarsozlik

1	Mamatmusayev Sh.T. arx.f.d., prof.	TAQU
2	Nurmuhammedova Sh.Z. arx.f.d., prof.	TAQU
3	Shnekev K.J. arx.f.d., prof.	QQDU
4	Dedaxanov D.B. arx.f.f.d., dots.	NamDTU
5	Xasanov O.A. arx.f.f.d., dots.	TAQUI
6	Adilov Z R. arx.f.f.d., (PhD).	NamDTU
7	Abduraimov M.Sh. arx.f.f.d., dots.	SamDAQU
8	Shoisoyev K.I. arx.f.f.d., dots.	TAQU
9	Meliqulov G‘.A. arx.f.f.d., dots.	TAQU
10	Atoshov B.S. arx.f.f.d., dots.	UrDU
11	Yaxyayev A.A. arx.f.f.d., dots.	TAQU

Pedagogika va ta’lim muammolari

1	Djurayev R.X. akademik	O‘zPFITI
2	Ergashev Sh.T. t.f.n., prof.	NamDTU
3	Naumkin N.I. p.f.d., prof.	NIMGU, Rossiya
4	Kuchkarova D.F. t.f.d., prof.	TQXIMM, MTU
5	Ergashev B.B. p.f.d., dots.	PTRI
6	Muxamedov J. t.f.d., prof.	NamDTU
7	Abdullayeva O.S. p.f.d., dots.	NamDTU
8	Xamrakulov A.K. p.f.n., dots.	NamDTU
9	Qahharov A.A. t.f.f.d., dots.	NamDTU
10	Akabarov B.A. t.f.f.d., dots.	NamDTU
11	Shermatova D.Ya. p.f.f.d (PhD).	NamDTU

Muhandislik va sanoat chizmachiligi

1	Vavilov A.V. t.f.d., prof.	BNTU, Belorussiya
2	Djurayev.A.Dj. t.f.d., prof.	TTYeSI
3	Asatov N.A. t.f.d., prof.	JizPI
4	Bahodirov A.A. t.f.d., prof.	SBUMIPTK
5	Gancheryonok I.I. f-m.f.d., dots.	BMTU, Belarussiya
6	Soliyev R.X. t.f.d., prof.	NamDTU
7	Maxkamov G‘.U. t.f.f.d., dots.	NamDTU
8	Buzrukov Z.S. t.f.n., dots.	NamDTU
9	Komilov N.M. t.f.f.d., (PhD).,k.i.x	NamDTU
10	Komilov S.R. t.f.f.d., (PhD).	NamDTU

Qisqa xabarlar

1	Gulyamov G. f-m.f.n., prof.	NamDTU
2	Umurzaqov A.X. t.f.d., dots.	NamDTU
3	Turdaliyev V.M. t.f.d., prof.	NamDTU
4	Mansurov M.T. t.f.d., prof.	NamDTU
5	Abdulxayev X.G‘. t.f.d., k.i.x.	NamDTU
6	Mullabayev B.B. t.f.d., dots.	NamDTU
7	Abduvaxobov D.A. t.f.f.d.,dots.	NamDTU
8	Sobirov M.M. t.f.f.d., dots.	NamDTU
9	Karayev.P.Yu. t.f.f.d., dots.	NamDTU
10	Normirzayev A.R. t.f.n., dots.	NamDTU
11	Rasuljonov A.R. t.f.f.d., (PhD)., k.i.x	QXMITI
12	Xojiboyev V . f-m.f.d., prof.	NamDTU

Muharrirlar: i.f.n., dots. G‘.Shermatov, p.f.f.d. (PhD)., dots. S.Abdullayeva, t.f.f.d (PhD)., dots. M.To‘xtaboyev, f.f.f.d (PhD)., S.M.A’zamov.
Texnik muharrirlar. t.f.f.d (PhD)., dots. S.K.Qo‘chqorov, t.f.f.d (PhD)., dots. A. Xamzayev, t.f.f.d (PhD)., dots. S.Q.Imomnazarov, t.f.f.d (PhD)., K.K.Ismatullayev.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ СТРОИТЕЛЬСТВО И ОБРАЗОВАНИЕ

Издаётся с 2022 года.
Выходит 6 раз в год.

Решением Президиума ВАК при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан от 30 октября 2023 года журнал включен в перечень научных изданий ВАК.

Главный редактор: М.Г.ДАДАМИРЗАЕВ
Зам главного редактора: Н.Г.БАЙБОБОЕВ
Отв. секретарь: Н.С.ТУРАЕВ

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Негматов С, Лабудин Б.В, Лазуткина Л.Н, Раззаков С.Ж, Арифжанов А, Нишонов Ф.Х, Ахмедов И.Ғ,Махкамов Д.И, Тухтабоев А.А, Маматмусаев Ш.Т, Нурмуҳаммедова Ш.З, Шнекев К.Ж, Дедаханов Д.Б, Хасанов О.А, Адилов З Р, Абдураимов М.Ш, Шоисойев К.И, Меликулов Г.А, Атошов Б.С, Яхяев А.А, Джураев Р.Х, Эргашев Ш.Т, Наумкин Н.И, Кучкарова Д.Ф, Эргашев Б.Б, Мухамедов Ж, Абдуллаева О.С, Хамракулов А.К, Каххаров А.А, Акабаров Б.А, Шерматова Д.Я, Вавилов А.В, Джураев.А.Дж, Асатов Н.А, Баҳодиров А.А, Ганчерёнок И.И, Солиев Р.Х, Махкамов Ғ.У, Бузруков З.С, Комилов Н.М, Комилов С.Р, Гулямов Г, Умурзаков А.Х, Турдалиев В.М, Мансуров М.Т, Абдулхаев Х.Ғ,Муллабаев Б.Б, Абдувахобов Д.А, Собиров М.М, Караев.П.Ю, Нормирзаев А.Р, Расулжонов А.Р, Ходжибоев В.

Редакторы. Г.Шерматов, С.Абдуллаева, М.Тухтабоев, С.М.Аъзамов.
Технические редакторы. С.К.Кучкоров, А. Хамзаев, С.Қ.Имомназаров, К.К.Исматуллаев

SCIENTIFIC JOURNAL OF CONSTRUCTION AND EDUCATIONAL

Published since 2022.
Published 6 times a year.

By the decision of the Presidium of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan dated October 30, 2023, the journal was included in the list of scientific publications of the UAC.

Chief editor: M.G. DADAMIRZAEV
Deputy Editor-in-Chief: N.G. BAYBOBOEV
Rep. secretary: N.S.TURAEV

Editorial team:

Negmatov S, Labudin B.V, Lazutkina L.N, Razzakov S.J., Arifzhanov A, Nishanov F.X, Akhmedov I.G,Makhkamov D.I, Tokhtaboyev A.A, Mamatmusayev Sh.T, Nurmuhammedova Sh.Z, Shnekev K.J, Dedakhanov D.B, Khasanov O.A, Adilov Z R, Abduraimov M.Sh, Shoisoev K.I, Melikulov G.A, Atoshov B.S, Yakhayev A.A, Djuraev R.X, Ergashev Sh.T, Naumkin N.I, Kuchkarova D.F, Ergashev B.B, Mukhamedov J, Abdullayeva O.S, Khamrakulov A.K, Kakharov A.A, Akabarov B.A, Shermatova D.Ya, Vavilov A.V, Djuraev.A.Dj, Asatov N.A, Bahadirov A.A, Gancheryonok I.I, Soliyev R.X, Makhkamov G.U, Buzrukov Z.S, Komilov N.M, Komilov S.R, Gulyamov G, Umurzakov A.X, Turdaliyev V.M, Mansurov M.T, Abdulkhayev X.G, Mullabayev B.B, Abduvakhobov D.A, Sobirov M.M, Karayev.P.Yu, Normirzayev A.R, Rasuljanov A.R, Khojiboyev V.

Editors. G.Shermatov, S.Abdullayeva, M. Tokhtaboyev, S.M.Azamov.
Technical editor. S.K. Kuchkarov, A. Khamzayev, S.Q. Imamnazarov, K.K. Ismatullayev

PEDAGOGIKA VA TA'LIM MUAMMOLARI

S.K.Abduraimova Mooc tizimlari va bulutli texnologiyalar ta'limdagi zamonaviy raqamli transformatsiyaning harakatlantiruvchi omillari sifatida: imkoniyatlar, pedagogik salohiyat va integratsiya istiqbollari…….. 228
N.I.Raimjanova Oliy ta'limda yozma ko'nikmalarni o'rganish va baholashning nazariy va amaliyot jihatlari….. 237
M.X.Abelkosimova Oliy ta'lim tizimida ta'lim sifatini oshirish omili sifatida ijodiy salohiyatga ega magistrantlarni tayyorlash…… 242
M.Y.Malikova Zamonaviy rus tilida neologizmlarning funksiyasi…… 246
Sh.G'.G'ulomjonova Temir yo'l transportida ekologik-iqtisodiy xavflarni boshqarish mexanizmi…….. 250
M.X.Abelkosimova Mutaxassislik magistrantlarni ilmiy-tadqiqot ishlarini shakllantirishda xalqaro tajribalardan foydalanishning ahamiyati…….. 260
S.M.Ahmedov Oliy ta'limda sun'iy intellekt vositalaridan foydalanishning mustaqil ta'lim samaradorligiga ta'siri…… 264
D.R.Hamdamova Chingiz Aytmatov asarlari targ'iboti orqali o'quvchilar ma'naviy-axloqiy tarbiyasini yuksaltirish…….. 273
B.A.Akbarov Zamonaviy yondashuvlar asosida talabalar o'rtasida jismoniy madaniyat va sportni rivojlantirish… 278
T.T.Jo'rakulov Semantik moslashuv algoritmlarining dasturiy ta'minotini loyihalash (o'zbek tili misolida)…….. 283
D.Ya.Shermatova Milliy pedagogika tizimida ma'naviy-axloqiy ko'nikmalarning pedagogik kategoriya sifatida tadqiq etilishi…… 289
A.M.Normatov Ta'limdagi qiyinchiliklarni bartaraf etish orqali o'qituvchi va talabaning hamkorligini hamda ta`lim samaradorligini oshirish…… 293
A.Sh.Aminov O'quv jarayonida talabalarning mustaqil ishlash ko'nikmalarini shakllantirishning pedagogik xususiyatlari……. 297
O.T.Abdunazarova O'zbek tilini o'qitishda nutqiy kompetensiyani rivojlantirish: muammolar va yechimlar……. 301
G'.U.Maxkamov Talabalarning mustaqil ta'lim jarayonlarini tashkil etishda zamonaviy texnologiyalarning roli.. 305
N.A.Usmanova Professional kompetensiyalarini uzluksiz takomillashtirish tizimining ta'lim sifati va innovatsion salohiyatga ta'siri……. 310
Sh.N.To'ychiyeva Zamonaviy texnologiyalar va raqamli transformatsiya jarayonining rivojlanishi…… 318
B.Yu.Karimov Ta'lim jarayonida multimediali ta'lim texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari…… 323
D.A.Abdurakhmanova Rus tilida ta'lim olib borilmaydigan texnik oliy ta'lim muassasalarida terminologiyani o'qitish va o'zlashtirishning o'ziga xos xususiyatlari…… 329
D.A.Abduraxmanova Talabalarda maxsus kasbiy kompetentlikni rivojlantirishda rus terminologiyasidan samarali foydalanish texnologiyalari (oliy ta'limning texnik yo'nalishlari misolida) …… 332
A.M.Ismatullayev Texnik oliy ta'lim muassasasida rus tilini o'qitishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish…… 337
D.Muxamedov, A.A.Qosimov Talabalarning "mashina va myexanizmlar nazariyasi" fanini o'zlashtirishida kurs loyihasining roli…….. 342
A.A.Qahharov, A.A.Karimov Sun'iy intellekt asosida 3d generativ modellashtirish orqali bo'lajak muhandislarning vizual tafakkurini rivojlantirish…… 347
J.A.Mannonov Ta'lim tizimini innovatsion rivojlantirishni tashkil etishda klaster texnologiyalari…….. 359
M.M.Nasirdinov Metakognitiv strategiyalarning pedagogik ta'lim tizimidagi o'rni va ahamiyati……. 365
G.T.Xolmirzayeva Generativ sun'iy intelligentga asoslangan avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini o'qitishning nazariy modeli…….. 369
G.G.Temirova, M.J.Foziljonova Raqamli ta'lim texnologiyalari va onlayn platformalarni ta'limdagi o'rni…… 376

MUHANDISLIK VA SANOAT CHIZMACHILIGI

S.M.Xasanov Turli materiallarga ishlov berishda keskichni magnitlashning uning yeyilishi va chidamliligiga ta'sirini tadqiq qilish…… 384
K.X.Madumarov Antiprizma va prizmalardan dekorativ ustunlar yasash…….. 394
M.M.Ubaydullayev, Sh.N.Fozilov, O.N.Toshpo'latov Avtomobillarning yoritgich chiroqlari sovutish tizimlarining korroziyabardoshligini oshirish usullari…… 399
B.B.Orifjonov, Sh.M.Ismoilov Fazoviy yuklanishlar va asimmetrik harorat ta'siridagi sterjenlar tizimining termo-mexanik modellashtirilishi: elektr uzatish minoralari misolida…… 405
X.N.Yusupov, Sh.S.Jurayev Kordinatalarni masofadan uzatish natijasida dobot cr5 ni masofadan boshqarish va monitoring qilish…… 412
X.N.Yusupov Ishlab chiqarish sanoatida robototexnik komplekslar va ularning avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini tahlil qilish…….. 422
A.O.Shonazarov "Chizma geometriya fanida sirtlarning o'zaro kesishish chiziqlarini aniqlashda interaktiv modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish" …… 431

UO‘T 62.529:62.544

KORDINATALARNI MASOFADAN UZATISH NATIJASIDA DOBOT CR5 NI MASOFADAN BOSHQARISH VA MONITORING QILISH

Yusupov Xurshid Normumin o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti Shahrisabz oziq-ovqat muhandisligi fakulteti dotsenti.
yusupovxurshid1995@gmail.com

Jurayev Sherzod Sobirjanovich
Namangan davlat texnika universiteti Mexanika fakulteti dotsenti. Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
sherzoddjurayev1989@gmail.com

Annotatsiya. Sanoat robotlari arzon narx, yuqori moslashuvchanlik va nisbatan katta ish maydoni kabi xususiyatlari sababli ko‘plab sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Biroq past mutlaq aniqlik va past qattiqlik yuqori aniqlik talab qilinadigan ilovalarda ularning qo‘llanilishini cheklaydi. Ushbu maqolada oflayn dasturlashda robot yo‘lining noaniqligini bartaraf etish uchun sanoat robotlari uchun yondashuv taqdim etilgan. Dobot CR5 robot-boshqaruvchisining robot-sensor interfeysi xatolarni kompensatsiya qilish imkonini beradi. Dobot CR5 kollaborativ robotining kompensatsiya samaradorligi o‘rganilib, to‘g‘ri chiziqli va aylana yoyli trayektoriyalarni kompensatsiyalash strategiyalari taklif etiladi. Bundan tashqari, kompensatsiya qiymatlarini shakllantirish va real vaqt rejimida kompensatsiya tebranishlari bilan ishlash uchun xatolarni kompensatsiyalash algoritmi ishlab chiqilgan. Nihoyat, Dobot CR5 robotining yoysimon va murakkab trayektoriyalar bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba natijalari ushbu yondashuvning aniqligi va samaradorligini tasdiqlaydi.

Annotation. Industrial robots are widely used in many industries due to their features such as low cost, high flexibility, and relatively large workspace. However, low absolute precision and low hardness limit their use in applications requiring high precision. This article presents an approach for industrial robots to eliminate robot path uncertainty in offline programming. The robot-to-sensor interface of the Dobot CR5 robot-controller allows for error compensation. The compensation efficiency of the collaborative robot Dobot CR5 was studied, and compensation strategies for rectilinear and circular arc trajectories were proposed. Furthermore, an error compensation algorithm has been developed for forming compensation values and working with compensation fluctuations in real time. Finally, the results of the Dobot CR5 robot's experiments on arc-like and complex trajectories confirm the accuracy and effectiveness of this approach.

Аннотация. Промышленные роботы широко используются во многих отраслях благодаря своим характеристикам, таким как низкая стоимость, высокая гибкость и относительно большое рабочее пространство. Однако низкая абсолютная точность и низкая твердость ограничивают их использование в приложениях, требующих высокой точности. В данной статье представлен подход к промышленным роботам для устранения неопределенности пути робота в офлайн-программировании. Интерфейс робота-датчика робот-контроллера Dobot CR5 позволяет компенсировать ошибки. Была изучена эффективность компенсации совместного робота Dobot CR5 и предложены стратегии компенсации для прямолинейных и круговых дуговых траекторий. Кроме того, разработан алгоритм компенсации ошибок для формирования значений компенсации и работы с колебаниями компенсации в режиме реального времени. Наконец, результаты экспериментов робота Dobot CR5 на дугообразных и сложных траекториях подтверждают точность и эффективность данного подхода.

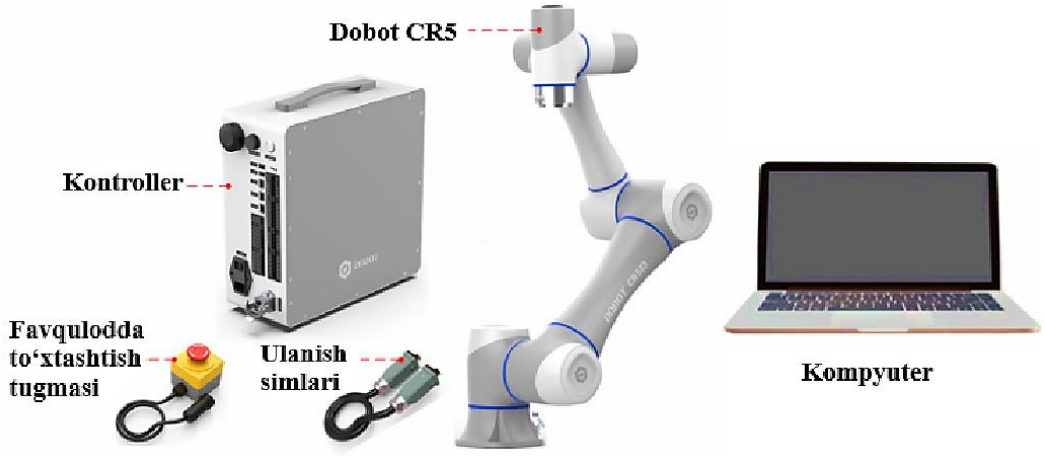
Kalit so‘zlar: Dobot CR5**,** Sanoat robotlari**,** Real vaqt rejimida kompensatsiya**,** Trayektoriya aniqligi**,** Robot-sensor interfeysi**,** Lazer trekeri**,** Oflayn dasturlash**,** Robot trayektoriyasi optimallashtirish.

Keywords: Dobot CR5, Industrial robots, Real-time compensation, Trajectory accuracy, Robot-sensor interface, Laser tracker, Offline programming, Robot trajectory optimization.

Ключевые слова: Dobot CR5, Промышленные роботы, Компенсация в реальном времени, Точность траектории, Интерфейс робот-сенсор, Лазерный трекер, Офлайн-программирование, Оптимизация траектории робота.

Kirish. Sanoat robotlari arzonligi, katta ish maydoni va yuqori darajadagi avtomatlashtirish imkoniyatlari tufayli keng qo‘llanilmoqda. Ular asosan yuk tashish, payvandlash, bo‘yash va yig‘ish kabi yuqori aniqlik talab qilmaydigan vazifalarda samarali ishlaydi. Bunday jarayonlar uchun robotlarning yuqori takrorlanuvchanligi muhim afzallik hisoblanadi. Shu bilan birga, sanoat robotlarida mexanik va termal xatolar, shuningdek, konstruktiv moslashuvchanlik kabi kamchiliklar mavjud. Ayniqsa, og‘ir yuklar bilan ishlaganda robot bo‘g‘inlaridagi elastiklik (masalan, tishli uzatmalar) sababli xatolik sezilarli darajada ortadi. Bu esa robotlarning mutlaq aniqligini pasaytiradi va harakat trayektoriyasini aniq boshqarishni talab qiluvchi sohalarda ularning imkoniyatlarini cheklaydi.

Ishlab chiqarishda bekor turish vaqtini kamaytirish maqsadida oflayn dasturlash usullari keng joriy etilmoqda. Virtual reallikka asoslangan dasturlash muhitlari operator xavfsizligini ta’minlaydi, biroq robotlarning past mutlaq aniqligi ularning samaradorligini cheklaydi. Aniqlikni oshirish uchun robotlarni kinematik modellar asosida kalibrlash keng qo‘llaniladi. Eng mashhur yondashuvlardan biri Denavit–Hartenberg (DH) modelidir. Bundan tashqari, robot manipulyatorining deformatsiyasini hisobga olish uchun qattiqlik modellari ham qo‘llanadi. Ushbu usullar aniqlikni ma’lum darajada oshiradi, ammo ishchi fazoning turli nuqtalarida xatoliklar turlicha bo‘lib qoladi. Natijada, butun ish maydoni bo‘yicha yuqori aniqlikka erishish qiyin. Kalibrlash nuqtalarini tanlash robotning yakuniy aniqligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, kalibrlash jarayoni ko‘p vaqt va katta hisoblash resurslarini talab qiladi. Mazkur muammolarni hal etish uchun tezkor trayektoriya rejalashtirish va multisensorli pozitsiyalash tizimlari taklif etilgan. Biroq mavjud oflayn kompensatsiya usullari ko‘p vaqt talab qilishi va yetarli aniqlik bermasligi bilan cheklangan.



1-rasm: Tizimni sozlash.

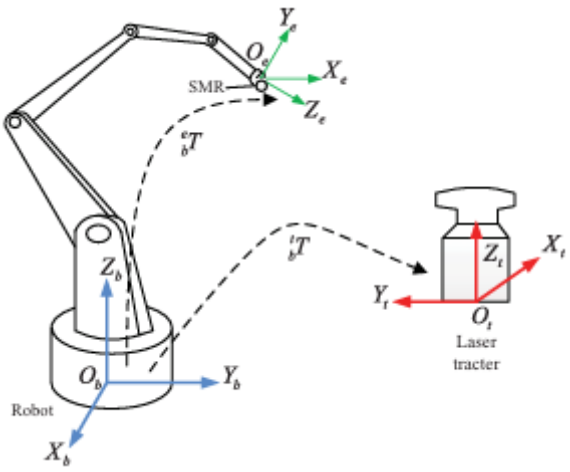
Ushbu maqolada lazer treker asosida real vaqt rejimida ishlovchi onlayn kompensatsiya usuli taklif etilgan. Mazkur yondashuvning asosiy maqsadi — murakkab kalibrlashsiz robot aniqligini oshirishdir. Bunda lazer treker orqali olingan real vaqt ma’lumotlari robotning nazariy (oflayn dasturlashda berilgan) koordinatalari bilan taqqoslanadi va yo‘l bajarilishidagi xatoliklar

aniqlanadi. Taklif etilgan kompensatsiya strategiyasi asosida hisoblangan tuzatish qiymatlari real vaqt rejimida robotga uzatiladi va natijada xatoliklar tezkor bartaraf etiladi.

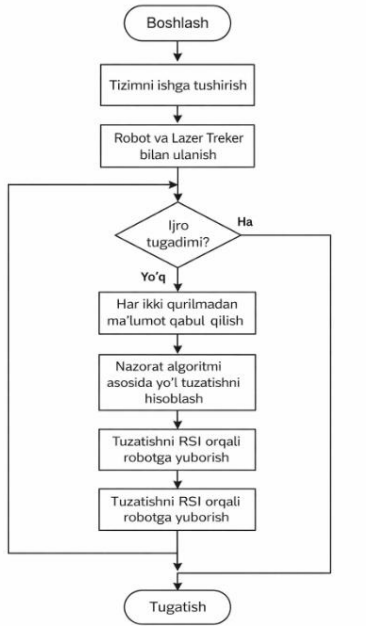
Ushbu mexanizm robot yuklama ostida ishlayotgan paytda ham yuzaga keladigan xatolarni samarali kompensatsiya qilish imkonini beradi. Bu esa ayniqsa ishlab chiqarish va mexanik ishlov berish kabi aniqlik talab qiluvchi yo‘l vazifalarida muhim ahamiyat kasb etadi.

“System” bo‘limida onlayn o‘lchash va kompensatsiya tizimi hamda Dobot CR5 roboti tavsiflanadi. “Robot yo‘li kompensatsiyasi” bo‘limida kompensatsiya algoritmi, strategiyasi va uning samaradorligi yoritiladi. “Tajribalar” bo‘limida eksperimental sinovlar va ularning natijalari keltiriladi. Yakuniy bo‘limda esa umumiy xulosalar bayon etiladi.

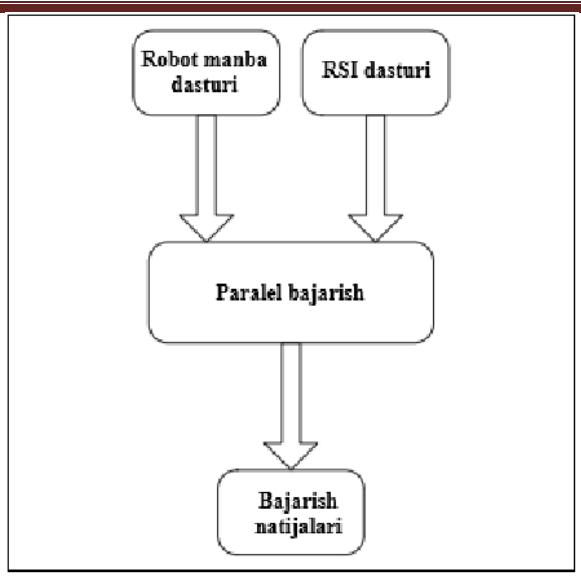
Tizim tuzilmasi. Real vaqt rejimida ishlovchi onlayn kompensatsiya tizimi sanoat roboti, lazer treker, shaxsiy kompyuter (SHK) va o‘lchash-kompensatsiya dasturiy ta’minotidan iborat. Tizimning umumiy tuzilmasi 1-rasmda keltirilgan. SHK robot bilan Ethernet tarmog‘i orqali muloqot qiladi va bir vaqtning o‘zida lazer treker — FARO Laser Tracker XI (FARO Technologies, Inc.) bilan ham bog‘langan bo‘ladi. Dasturiy ta’minot C++ tilida, Microsoft Foundation Class (MFC) platformasi asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, lazer trekerning ochiq interfeysi orqali uzluksiz o‘lchash jarayonini ta’minlaydi. SHKning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: robotdan ma’lumotlarni qabul qilish, lazer treker o‘lchovlarini o‘qish, kompensatsiya algoritmini bajarish hamda hisoblangan tuzatish qiymatlarini real vaqt rejimida robotga uzatish. Agar robot yo‘lni bajarish jarayonida talab etilgan aniqlikka erishsa, kompensatsiya hisoblash va uzatish to‘xtatiladi. Lazer treker uzluksiz o‘lchash rejimida ishlaydi. 2-rasmda turli koordinata tizimlari o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatilgan: $O_bX_bY_bZ_b$ — robotning bazaviy koordinata tizimi, $O_tX_tY_tZ_t$ — lazer treker koordinata tizimi, $O_eX_eY_eZ_e$ esa robotning oxirgi effektori (asbob) koordinata tizimidir. Kompensatsiya qiymatlari lazer treker tizimida hisoblanib, keyinchalik robotning bazaviy koordinata tizimiga o‘tkaziladi. Tizimning ishlash jarayoni 3-rasmda keltirilgan blok-sxema asosida tashkil etilgan. Dastur ko‘p oqimli (multithread) rejimda ishlaydi, ya’ni bir vaqtning o‘zida robot va lazer trekerdan ma’lumotlarni qabul qiladi. Qayta ishlangan natijalar esa kengaytirilgan belgilash tili (XML) formatida robotga uzatiladi.



2-rasm: Turli koordinatalar sistemalari orasidagi bog‘lanish.



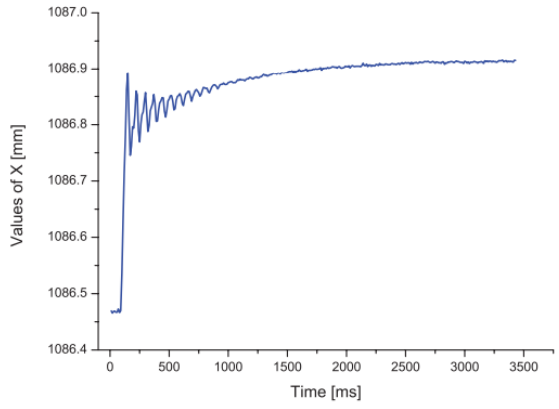
3-rasm: Oqimning blok sxemasi.

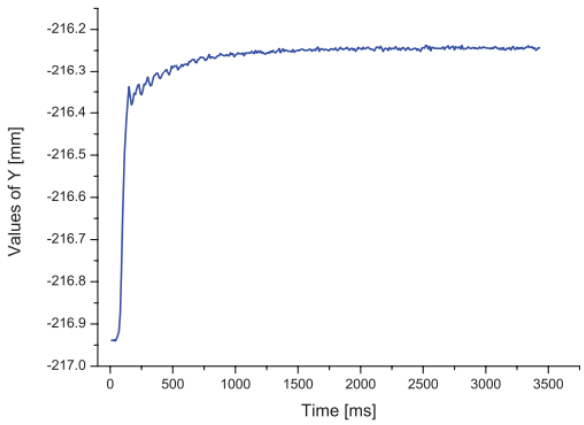


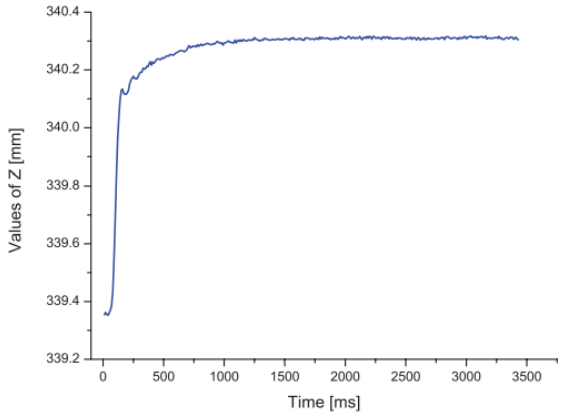
4-rasm: Robot datchigi interfeysining bajarilish sxemasi.

Robot sensor interfeysi. Dobot CR5 robot boshqaruvchisiga muloqot qilish imkonini beradi. tashqi tizimlar orqali ma'lumotlar almashishi mumkin Ethernet. Robotlarning harakati yoki yo'liga ta'sir qilishi mumkin tashqi tizimlardan olingan tegishli ma'lumotlarga asoslanadi. Ma'lumotlar almashinuvi formati va aloqa robot kontrollerida sozlangan bo'lishi kerak. va ma'lumotlarni uzatish XML formatiga qat'iy muvofiq bo'lishi kerak turli tizimlar o'rtasidagi ma'lumotlarning mos kelishini ta'minlaydi. RSI ning o'ziga xos xususiyati shundaki, u signalni qayta ishlaydi. 12 ms interpolyatsiya siklida bo'lishi va ga parallel bo'lishi kerak robot dasturini bajarish (4-rasmga qarang). Agar robot ishlamasa 12 ms ichida ma'lumotlarni qabul qilganda, kechiktirilgan paketlar xatosi yuzaga keladi. Xatolar hisobi konfiguratsiya faylida belgilangan chegaraga yetganda, aloqa uziladi. Shunday qilib, robot va tashqi qurilmalar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvi - nisbatan real vaqt.

Robot yo'nalishini kompensatsiyalash. Dobot CR5 yordamida xatoliklarni kompensatsiyalash mumkin. Birinchidan, yakka xatolikni kompensatsiyalash tajribasi Dobot CR5 robotlarining kompensatsiyalash ko'rsatkichlarini o'rganishga qaratilgan. Bu bo'limda biz lazer trekeri koordinatalar tizimiga nisbatan X, Y va Z yo'nalishlarida mos ravishda 0,5 mm, 0,7 mm va 1,0 mm kompensatsiya qiymatlarini belgiladik. Olingan tajriba natijalari 5-rasmda ko'rsatilgan. Robotning xatolikni kompensatsiyalashida gisterezis mavjudligi aniqlandi. Bunga robotning elektron va mexanik qismlari gisterezis xususiyatiga ega ekanligi sabab bo'ladi. Shu bois, u xatolikni o'ta yuqori tezlikda kompensatsiyalay olmaydi. Kompensatsiya sikli taxminan 500 ms ekanligini ko'rish mumkin.

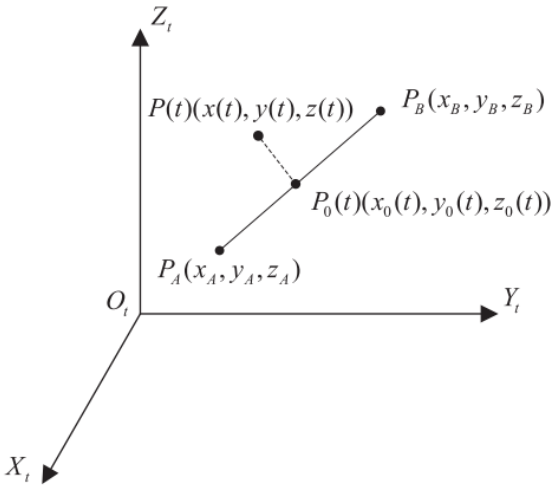






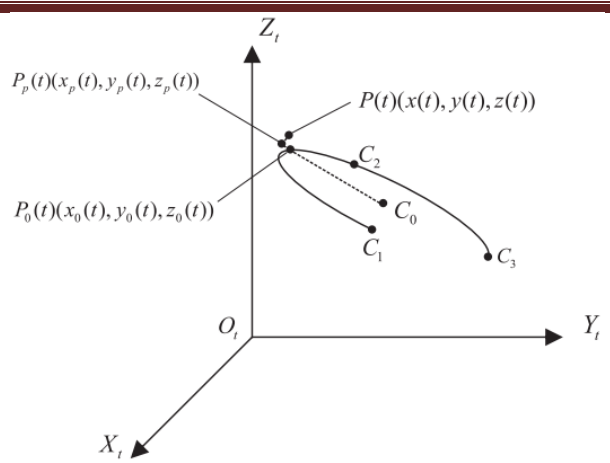
5-rasm: Bir martalik xatolarni kompensatsiyalash natijalari.

Trayektoriyani kompensatsiyalash strategiyasi. Robotlar borgan sari ko‘proq oflayn dasturlashdan foydalanmoqda, bu esa yuqori mutlaq aniqlikni talab qiladi. Sanoat robotlaridagi xatoliklar tufayli ularning mutlaq aniqligi past bo‘ladi va topshiriqlarni bajarish vaqtida haqiqiy trayektoriya hamda nazariy trayektoriya o‘rtasida og‘ishlar yuzaga keladi. Robotga yuk ortilganda ham past bikrlik sezilarli og‘ishlarga olib keladi. Shu sababli, bu omillar keltirib chiqargan og‘ishlarni aniqlash va kompensatsiyalash zarur. Amaliyotda robot dasturlarini ishga tushirish jarayonida to‘g‘ri chiziqli va yoyli trayektoriyalar robot topshiriqlarining eng asosiy tarkibiy qismlari bo‘lgani uchun keyingi bo‘limda to‘g‘ri chiziqli va yoyli trayektoriyalarni kompensatsiyalash strategiyasini taklif qilamiz. To‘g‘ri chiziqli traektoriyani kompensatsiyalash strategiyasi. Ushbu tizimda taklif etilgan to‘g‘ri chiziqli traektoriyani kompensatsiyalash strategiyasi 6-rasmda ko‘rsatilgan.



6-rasm: To‘g‘ri chiziqli yo‘lni kompensatsiyalash strategiyasi.

To‘g‘ri chiziqli traektoriya bizga kerakli nazariy traektoriya deb qabul qilinadi. Oflayn dasturlashdan foydalanuvchi robot kontrolleridagi LIN (bu Dobot CR5 robotining chiziqli traektoriya buyrug‘i) buyrug‘ining yakuniy nuqtalari P_A va P_B hisoblanadi. Biroq, sanoat robotlarining mutlaq aniqligi pastligi va bikrligi yetarli emasligi sababli, robot asbobining markaziy nuqtasi (TCP) traektoriyani robot kontrolleridagi koordinatalarga, ya’ni P_A-P_B chizig‘iga aniq mos ravishda bajara olmaydi. Traektoriya vazifalarini bajarish vaqtida har bir lahzadagi holat P(t) deb faraz qilinadi va uni lazer trekeri yordamida o‘lchash mumkin. Nazariy P_A-P_B chizig‘idagi perpendikulyar asosi P_0(t) har bir lahzadagi nazariy holat deb hisoblanadi. Nazariy holat P_0(t) P_A-P_B to‘g‘ri chizig‘ida joylashgani uchun (1)-tenglamani hosil qilishimiz mumkin. (2)-tenglama P_0(t) perpendikulyar asosining xususiyatini, ya’ni P(t) P_0(t)$\perp P_AP_B$ ekanligini ifodalaydi.



7-rasm: Doiraviy yoy yo‘lini kompensatsiyalash strategiyasi.

$$\frac{x_0(t)-x_A}{x_B-x_A} = \frac{y_0(t)-y_A}{y_B-Y_A} = \frac{z_0(t)-z_A}{z_B-z_A} \quad (1)$$

$$x_B - x_A\big(x_0(t) - x(t)\big) + (y_B - y_A)\big(y_0(t) - y(t)\big) + (z_B - z_A)(z_0(t)) = 0 \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda yechish orqali har bir vaqt momentidagi nazariy holatni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{cases} x_0(t) = \frac{\delta_x^2 x(t) + \delta_y^2 x_A - \delta_x \delta_y (y_A - y(t)) + \delta_z^2 x_A - \delta_x \delta_z (z_A - z(t))}{\delta_x^2 x + \delta_y^2 + \delta_z^2} \\ y_0(t) = \frac{\delta_y (x_0(t) - x_A)}{\delta_x} + y_A \\ z_0(t) = \frac{\delta_z (x_0(t) - x_A)}{\delta_x} z_A \end{cases} \quad (3)$$

bu yerda, δ_x, δ_y va δ_z - koordinatalar farqi ikkita oxirgi nuqta, ya’ni

$$\begin{cases} \delta_x = x_B - x_A \\ \delta_y = y_B - y_A \\ \delta_z = z_B - z_A \end{cases} \quad (4)$$

Doiraviy yoy yo‘lini kompensatsiyalash strategiyasi. Doiraviy yoyda Yo‘l vazifalari, boshlang‘ich nuqta, o‘rta nuqta va oxirgi nuqta CIRC (bu Dobot CR5 ning Circle arc path buyrug‘idir robot) dasturi mos ravishda $C_1(x_1; y_1; z_1)$, $C_2(x_2; y_2; z_2)$ va $C_3(x_3; y_3; z_3)$ (7-rasmga qarang). Biz aylana markazining koordinata qiymatlarini hisoblashimiz mumkin, ya’ni $C_0(x_0; y_0; z_0)$. Birinchidan, markaz nuqtasi tekislikda, u C_1, C_2 va C_3 dan tarkib topgan (5); demak (6) tenglama aylananing xossalarini tavsiflaydi.

$$\begin{vmatrix} x_0 - x_1 & y_0 - y_1 & z_0 - z_1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

$$\begin{cases} (x_1 - x_0)\text{^}2 + (y_1 - y_0)\text{^}2 + (z_1 - z_0)\text{^}2 = R\text{^}2 \\ (x_2 - x_0)\text{^}2 + (y_2 - y_0)\text{^}2 + (z_2 - z_0)\text{^}2 = R\text{^}2 \\ (x_3 - x_0)\text{^}2 + (y_3 - y_0)\text{^}2 + (z_3 - z_0)\text{^}2 = R\text{^}2 \end{cases} \quad (6)$$

bu yerda R - aylana radiusi. Tenglamalarga ko‘ra(5) va (6), markazning koordinata qiymatlari va aylana radiusini quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$R = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \quad (8)$$

bu yerda, A_1-D_1, A_2-D_2 va A_3-D_3 - bir qator parametrlar quyidagicha

$$\begin{cases} A_1 = (y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (z_2 - z_1)(y_3 - y_1) \\ B_1 = (z_2 - z_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(z_3 - z_1) \\ C_1 = (x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (y_2 - y_1)(x_3 - x_1) \\ D_1 = -A_1x_1 - B_1y_1 - C_1z_1 \\ A_2 = 2(x_2 - x_1) \\ B_2 = 2(y_2 - y_1) \\ C_2 = 2(z_2 - z_1) \\ D_2 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2 \\ A_3 = 2(x_3 - x_1) \\ B_3 = 2(y_3 - y_1) \\ C_3 = 2(z_3 - z_1) \\ D_3 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - x_3^2 - y_3^2 - z_3^2 \end{cases} \quad (9)$$

A_1; B_1; C1, bu yerda tekislikning normal vektori. Aylananing tenglamasi yuqorida aytilganlardan kelib chiqadi tenglamalari. 7-rasmda ko‘rsatilganidek, doiraviy yoy yo‘li vazifalarida har bir lahzadagi haqiqiy holat P(t) va $P_p(t)$ – P(t) ning C_1, C_2 va C_3 lardan tashkil topgan tekislikdagi proyeksiyasi. $P_p(t)$ ni quyidagi tenglamalardan hisoblash mumkin.

$$\frac{x_p(t)-x(t)}{A_1} = \frac{y_p(t)-y(t)}{B_1} = \frac{z_p(t)-z(t)}{C_1} \quad (10)$$

$$A_1(x_p(t) - x_1) + B_1(y_p(t) - y_1) + C_1(z_p(t) - z_1) = 0 \quad (11)$$

$P_p(t)$ ni quyidagicha tavsiflash mumkin:

$$\begin{bmatrix} x_p(t) \\ y_p(t) \\ z_p(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ B_1 & -A_1 & 0 \\ C_1 & 0 & -A_1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A_1x_1 + B_1y_1 + C_1z_1 \\ B_1x(t) - A_1y(t) \\ C_1x(t) - A_1z(t) \end{bmatrix} \quad (12)$$

7-rasmda ko‘rsatilganidek, doiraviy yoy yo‘li topshiriqlarida $P_p(t)$ -C_0 to‘g‘ri chiziqning $P_0(t)$ kesishmasi va tekislangan aylana yoyi yo‘li $C_1C_2C_3$ har bir lahzada nazariy holat sifatida qabul qilinadi nazariy yo‘l $P_0(t)$ ni quyidagi tenglamalardan keltirib chiqarish mumkin.

$$(x_0(t) - x_0)^2 + (y_0(t) - y_0)^2 + (z_0(t) - z_0)^2 = R^2 \quad (13)$$

$$\frac{x_0(t)-x_0}{x_p(t)-x_0} = \frac{y_0(t)-y_0}{y_p(t)-y_0} = \frac{z_0(t)-z_0}{z_p(t)-z_0} \quad (14)$$

Bundan kelib chiqadiki, har bir lahzadagi aylana yoyi trakti vazifalari paytidagi nazariy holat, ya’ni $P_0(t)$, quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$\begin{cases} x_0(t) = x_0 \pm \dfrac{R}{\sqrt{1+\left(\frac{y_p(t)-y_0}{x_p(t)-x_0}\right)^2+\left(\frac{z_p(t)-z_0}{z_p(t)-x_0}\right)^2}} \\ y_0(t) = \dfrac{(x_0(t)-x_0)(y_p(t)-y_0)}{x_0(t)-x_0} + y_0 \\ z_0(t) = \dfrac{(x_0(t)-x_0)(z_p(t)-z_0)}{x_p(t)-x_0} + z_0 \end{cases} \left(\sqrt{(x_p(t) - x_0(t)^2) + (y_p(t) - y_0(t))^2 + \left(z_p(t) - z_0(t)\right)^2} < R\right)$$

(15)

Robotning og‘ishi odatda rejalashtirilgan aylana yoy yo‘li vazifalarining radiusidan kichik bo‘lganligi sababli, qavs bu yerda $P_0(t)$ ni P(t) ga yaqinroq kesishadigan holatga keltiradi.

Real vaqtda yo‘lni kompensatsiyalash algoritmi. Yuqoridagi muhokamadan har bir lahzada xatolarni olish mumkin. ham to‘g‘ri chiziqli, ham aylana yoyi trayektoriyasi vazifalarini bajarishda. Bir jinsli almashtirish matritsasi robotning bazaviy koordinatalar tizimi va lazer treker o‘rtasida tizim ${}_b^tT$, 2-rasmda ko‘rsatilganidek, robotni o‘zgartiradi koordinatalarni lazer

trekerining koordinatalariga. Bu yerda transformatsiya matritsasi ${}_b^tT$quyidagicha ifodalanishi mumkin

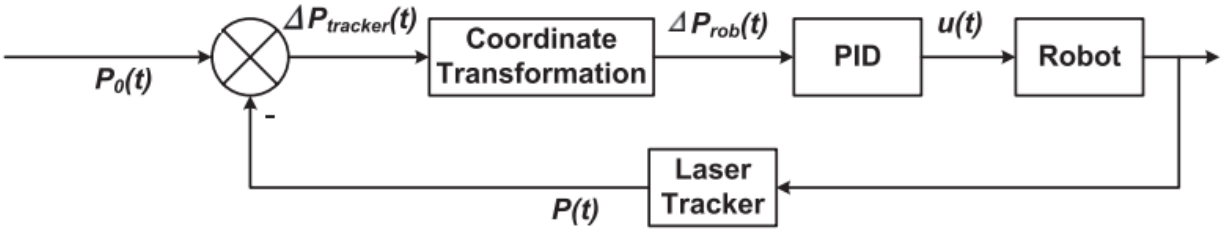
$$T_b^t = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (16)$$

bu yerda n, o va a mos ravishda normal vektor, yo‘nalish vektori va yaqinlashish vektori robotning bazaviy koordinatalar tizimi va lazer trekerining koordinatalar tizimi. p vektori translyatsiya munosabatini ko‘rsatadi. Munosabatni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$T_b^t * P_{rob} = P_{tracker} \qquad (17)$$

bu yerda P_{rob} va $P_{tracker}$ mos ravishda robot koordinata tizimi va lazer treker tizimi. Shuning uchun lazer trekerining koordinatalar tizimidagi pozitsiyasi quyidagicha bo‘lishi mumkin orqali robotning bazaviy koordinatalar tizimiga aylantirilsin quyidagi tenglama

$$P_{rob} = {}_b^t T^{-1} P_{tracker} \qquad (18)$$



8-rasm. Robotlarni boshqarish algoritmining tuzilishi.

Demak, yo‘l davomidagi har bir lahzadagi xatolar lazer trekerining koordinatalar tizimidagi vazifalar robotning bazaviy koordinatalar tizimidagi xatoliklarga aylantirilishi mumkin, quyidagicha

$$\Delta P_{rob}(t) = \begin{bmatrix} \Delta x_{rob}(t) \\ \Delta y_{rob}(t) \\ \Delta z_{rob}(t) \\ 0 \end{bmatrix} = {}_b^t T^{-1} P_{tracker}(t) = {}_b^t T^{-1} \begin{bmatrix} x_0(t) - x(t) \\ y_0(t) - y(t) \\ z_0(t) - z(t) \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (19)$$

bu yerda $\Delta x_{rob}(t)$, $\Delta y_{rob}(t)$ va $\Delta z_{rob}(t)$ mos ravishda X, Y va Z yo‘nalishlaridagi yo‘l vazifalarida real vaqtdagi xatolar robotning bazaviy koordinatalar tizimiga nisbatan.Chunki robot bir qator uzluksiz funksiyalarni bajaradi. vazifalarni bajarish jarayonida yo‘l qo‘yilgan xatolarni bartaraf etish zarur. uzluksiz trayektoriya vazifalarini bajarish. Biroq, tufayli xatolik kompensatsiyasining gisterezisi, agar real vaqtdagi xatolik kompensatsiyasi qiymatlari robotga to‘g‘ridan-to‘g‘ri RSI orqali yuborilsa, u robotni tebranish bilan ishlashga majbur qiling. Chunki robotlarga yuboriladigan kompensatsiya qiymatlari taxminan 500 ms vaqt oladi. Kompensatsiya jarayonini yakunlash uchun keyingi o‘lchangan xatolar tugallanmagan birinchisida to‘planib qoladi. joriy kompensatsiya. Shunday qilib, real vaqt rejimini yaratish uchun proporsional-integral-differensial (PID) boshqaruv algoritmi qo‘llaniladi. kompensatsiya olish mumkin.

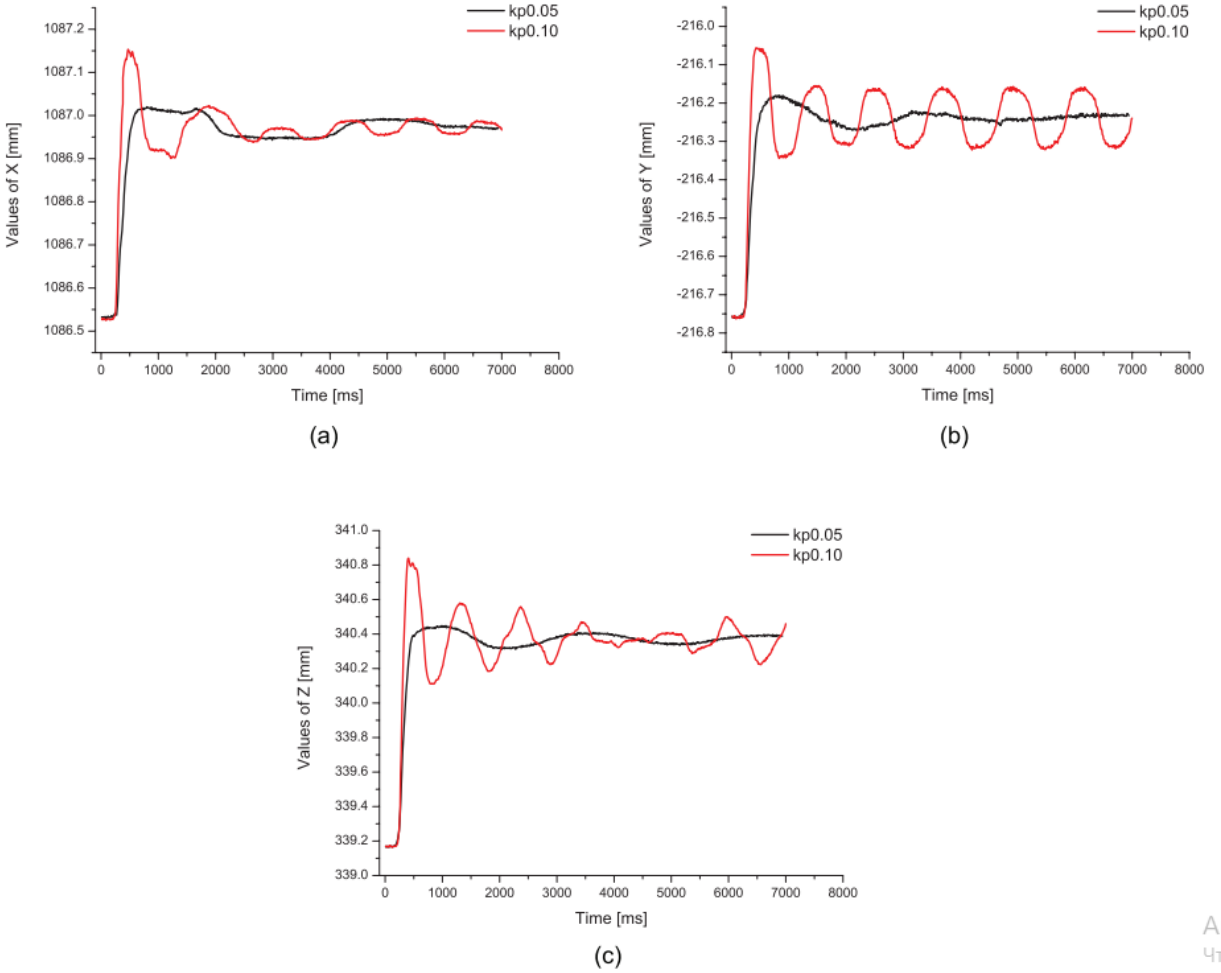
Birinchidan, robotni boshqarish algoritmi tuzilmasi (8-rasmga qarang). taklif etildi. Uzluksiz jarayonning har bir momenti trayektoriya vazifalari, real vaqt rejimida o‘lchash qiymatlari lazer treker nazariy koordinata bilan taqqoslanadi. qiymatlari, kompensatsiya qiymatlari esa hisoblash yo‘li bilan olinadi. Koordinatalar sistemasini almashtirish matritsasi bilan, bu qiymatlar robotning asosiy koordinatasiga aylantirilishi mumkin. har 12 ms da Dobot CR5 robotiga yuboriladi. Boshqarish algoritmi quyidagicha:

$$e(t) = \Delta P_{rob}(t) \qquad (20)$$

$$u(t) = K_p * e(t) + K_1 * \sum e(t) + K_D * [e(t) - e(t-1)] \qquad (21)$$

bu yerda K_P, K_I va K_D - mos ravishda PID-rostlagichning integral va differensial koeffitsiyenti; e(t) - robot koordinatalar tizimidagi yo‘l xatosi va u(t) – PID rostlagichning chiqish qiymati, ya’ni robot-rostlagichga teskari bog‘lanish qiymati. (3) va (15) tenglamalarni (21) tenglamaga qo‘yib kompensatsiya qiymati har bir lahzada quyidagicha olinadi: ergashadi

$$u(t) = K_p *_b^t T^{-1} \begin{bmatrix} x_0(t) - x(t) \\ y_0(t) - y(t) \\ z_0(t) - z(t) \\ 0 \end{bmatrix} + K_1 *_b^t T^{-1} \sum \begin{bmatrix} x_0(t) - x(t) \\ y_0(t) - y(t) \\ z_0(t) - z(t) \\ 0 \end{bmatrix} = K_D *_b^t T^{-1} * \begin{bmatrix} x_0(t) - x_0(t-1) - x(t) + x(t-1) \\ y_0(t) - y_0(t-1) - y(t) + y(t-1) \\ z_0(t) - z_0(t-1) - z(t) + z(t-1) \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (22)$$



9-rasm. Xatolarni real vaqt rejimida kompensatsiyalash natijalari.

Xulosa. Ushbu maqolada sanoat robotlarining aniq trayektoriyali vazifalarni bajarishi uchun real vaqt rejimida ishlaydigan onlayn kompensatsiya usuli taqdim etilgan. Har bir nuqtadagi holatni o‘lchash uchun lazer trekeridan foydalanildi hamda to‘g‘ri chiziqli va aylana yoyi bo‘ylab harakatlanish trayektoriyasini kompensatsiyalash strategiyalari taklif qilindi. Robot har 12 ms da bajara oladigan kompensatsiya qiymatlarini hisoblash uchun PID boshqaruv algoritmi qo‘llanildi. PID boshqaruvi yordamida real vaqt rejimida kompensatsiyalashdagi tebranishlar bartaraf etildi.

Ushbu usul aniq oflayn kalibrlashni talab qilmaydi va nisbatan yuqori aniqlikka erisha oladi. Bundan tashqari, ushbu tizim robotga yuk ortilganda ham yuqori aniqlikni saqlab qoladi. Binobarin, bu usulda yuklanishni hisobga olishda robot qattiqligini aniqlashga hojat qolmaydi. Kelgusi tadqiqotlarda kompensatsiya usuli yanada murakkabroq sharoitlarda sinovdan o‘tkaziladi hamda robotning fazoviy yo‘nalishidagi xatoliklar ham hisobga olinib, kompensatsiyalanishi kerak. Keyingi ishlarda kompensatsiya usuli sinovdan o‘tkaziladi, murakkabroq sharoitlarda va munosabat xatolari ko‘rib chiqilishi va kompensatsiya qilinishi kerak.

ADABIYOTLAR

1. Schneider U, Diaz Posada JR, Drust M, et al. Combining holistic programming with kinematic parameter optimisation for robot machining. In: Schraft RD and Berns K (eds) ISR/Robotik 2014; Proceedings of the 41st International Symposium on Robotics, Munich, Germany, 2–3 June 2014, pp. 1–7. Munich: VDE.
2. Pan Z, Zhang H, Zhu Z, et al. Chatter analysis of robotic machining process. Journal of Materials Processing Technology 2006; 173(3): 301–309.
3. *Sanoat robotlari va manipulyatorlar*. Toshkent: TDTU nashriyoti, 2018
4. Springer Handbook of Robotics — Springer, 2016.
5. Denavit–Hartenberg parameters asosida robot kinematik modellashtirish bo‘yicha manbalar.
6. FARO Technologies. FARO Laser Tracker XI texnik hujjatlari va foydalanuvchi qo‘llanmasi.
7. Dobot Robotics. Dobot CR5 roboti texnik tavsifi va dasturlash qo‘llanmasi.
8. Yusupov X.N., Mirzayev S.O,” Pid rostlagichlarni matlab dasturida sintez qilish” Buxoro davlat universiteti ilmiy axboroti 5/2024.
9. X.N.Yusupov “Muhandislik hisoblashlari uchun dasturiy ta’minot”, Darslik, Ideal press-2024.
10. A.N. Yusupbekov, F.T. Adilov, V.M. Dozorsev «Tipik texnologik obyektlarni imitasion modellashtirish va boshqarish malakali kopyuter treningi». -Toshkent: Tafakkur Bo‘stoni, 2016.