



UDK: 372.8:004.896

Gulnora BURONOVA,
Buxoro davlat universiteti dotsenti, PhD
Mahtob TULAYEVA,
Buxoro shahar 12-umumiy o'rta ta'lim maktab o'qituvchisi
Nigina BAXTIYOROVA,
Navoiy davlat universiteti talabasi
E-mail: gulnoraburonova@gmail.com

TDIU professori, t.f.d. B.Mo'minov taqrizi asosida

UMUMTA'LIM MAKTABLARIDA ROBOTOTEXNIKA ELEMENTLARINI 3D SIMULYATSIYA VA VIRTUAL ROBOTLAR ORQALI O'QITISH METODIKASINI ISHLAB CHIQISH

Annotatsiya

Ushbu tadqiqotda umumta'lim maktabi va oliy ta'lim tashkilotlarida informatika va texnologiya fanlarini o'qitishda 3D simulyatsiya muhitida real va virtual robotlardan foydalanish imkoniyatlari o'rganiladi. Real robot platformasi bilan bog'langan virtual model (raqamli egizak) asosida o'quv jarayonini tashkil etish, o'quvchilarda amaliy ko'nikmalar, algoritmik va mantiqiy tafakkur, muammoli vaziyatlarni hal qilish qobiliyatini rivojlantirishga xizmat qilishi ilmiy-pedagogik jihatdan tahlil qilinadi. Ishda mavjud 3D robototexnika simulyatorlari o'quv jarayoniga moslashtiriladi, dars ishlanmalari, laboratoriya mashg'ulotlari va amaliy topshiriqlar namunasi ishlab chiqiladi, shuningdek, bunday yondashuvning o'quvchilarning motivatsiyasi, fanga qiziqishi, mustaqil ta'limga tayyorligiga ta'siri pedagogik tajriba-sinovlar orqali baholanadi.

Kalit so'zlar: 3D simulyatsiya, robototexnika, real va virtual integratsiya, raqamli egizak, ROS, sensor ma'lumotlari, boshqaruv algoritmlari.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИКИ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-СИМУЛЯЦИИ И ВИРТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ

Аннотация

В данном исследовании изучаются возможности использования реальных и виртуальных роботов в среде 3D-симуляции при преподавании дисциплин «Информатика» и «Технология» в общеобразовательных школах и организациях высшего образования. На научно-педагогическом уровне анализируется, как организация учебного процесса на основе виртуальной модели (цифрового двойника), связанной с платформой реального робота, способствует развитию у учащихся практических навыков, алгоритмического и логического мышления, а также способности решать проблемные ситуации. В работе существующие 3D-симуляторы по робототехнике адаптируются к учебному процессу, разрабатываются образцы конспектов уроков, лабораторных занятий и практических заданий, а также с помощью педагогического экспериментального обучения оценивается влияние данного подхода на мотивацию учащихся, их интерес к предмету и готовность к самостоятельному обучению.

Ключевые слова: 3D-симуляция, робототехника, интеграция реальных и виртуальных систем, цифровой двойник, ROS, данные датчиков, алгоритмы управления.

DEVELOPING A METHODOLOGY FOR TEACHING ROBOTICS ELEMENTS THROUGH 3D SIMULATION AND VIRTUAL ROBOTS IN GENERAL EDUCATION SCHOOLS

Annotation

This study examines the possibilities of using real and virtual robots in a 3D simulation environment for teaching Informatics and Technology subjects in general education schools and higher education institutions. The organization of the learning process on the basis of a virtual model (digital twin) connected to a real robot platform is analyzed from a scientific-pedagogical perspective in terms of its contribution to developing students' practical skills, algorithmic and logical thinking, and their ability to solve problem situations. In the research, existing 3D robotics simulators are adapted to the educational process, sample lesson plans, laboratory activities and practical assignments are developed, and the impact of this approach on students' motivation, interest in the subject, and readiness for independent learning is evaluated through pedagogical experiments and trials.

Key words: 3D simulation, robotics, real-virtual integration, digital twin, ROS, sensor data, control algorithms.

Kirish. So'nggi yillarda sanoat, ta'lim va xizmat ko'rsatish sohaslarida robototexnika tizimlaridan foydalanish ko'lamini keskin kengayib bormoqda. Mobil robotlar, manipulyatorlar, kooperator robotlar hamda avtonom transport vositalari ishlab chiqarish liniyalarini avtomatlashtirish, ombor xo'jaligida logistika jarayonlarini soddalashtirish, ta'lim muassasalarida laboratoriya mashg'ulotlarini raqamlashtirish

va servis xizmatlarini optimallashtirishda keng qo'llanmoqda [1]. Bunday sharoitda turli vazifalar uchun mos, ishonchli va adaptiv boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish hamda ularni xavfsiz sharoitda sinovdan o'tkazish dolzarb masalaga aylanmoqda. An'anaviy laboratoriya sharoitida ko'plab tajribalar o'tkazish fizik infratuzilma, sarf materiallari va vaqt bo'yicha katta xarajatlarni talab qiladi, noto'g'ri sozlangan

algoritmlar esa robotning shikastlanishi yoki atrof-muhitga zarar yetkazish xavfini oshiradi.

Mazkur muammolarni kamaytirish yo'llaridan biri – 3D simulyatsiya muhitlarida real va virtual robotlarni integratsiyalashgan holda tadqiq etishdir. 3D virtual muhit robotning geometriyasi, dinamikasi, sensor modellari va atrof-muhitni uch o'lchamda yaqinlashtirilgan holda tasvirlashga imkon beradi. Bunda fizik dvijoklar yordamida og'irlik kuchi, ishqalanish, to'qnashuv kabi jarayonlar hisobga olinadi, bu esa real sharoitga yaqin tajribalar o'tkazish imkonini beradi [2]. Real robot platformasi bilan ma'lumot almashish esa haqiqiy qurilmaning kinematik, dinamik va apparat cheklovlarini inobatga olgan holda boshqaruv tizimini sinovdan o'tkazish hamda kalibrlashga sharoit yaratadi.

Boshqaruv, sensor ma'lumotlarini qayta ishlash va yuqori darajadagi navigatsiya algoritmlarini integratsiyalashda Robot Operating System (ROS) keng qo'llanilmoqda. ROS ochiq arxitekturali, modul tamoyiliga asoslangan va ko'plab robot platformalari, sensorlar hamda simulyatorlar bilan integratsiyani qo'llab-quvvatlaydi [3]. Ko'plab 3D simulyatsiya muhitlari ROS bilan bevosita bog'lana olishi tufayli bir xil boshqaruv algoritmini virtual va real robotlarda qayta ishlatish imkoniyati paydo bo'ladi. Koenig va Howard tomonidan tavsiflangan ko'p robotli simulyatorlar konsepsiyasi aynan shunday integratsiyalashgan tajribalarni o'tkazishga yo'naltirilgan bo'lib, bir nechta robotlarning bir muhitda o'zaro ta'sirini modellashtirishga imkon beradi [4].

So'nggi yillarda robototexnika tizimlari uchun raqamli egizak (digital twin) konsepsiyasi alohida e'tibor qozonmoqda. Raqamli egizak – bu real ob'ekt va uning virtual modeli o'rtasida uzluksiz ma'lumot almashinuvi tashkil etilgan, real vaqt rejimida holatni monitoring qilish, taxminiy modellashtirish va optimallashtirish imkonini beruvchi yondashuvdir [5]. Robototexnika kontekstida bunday yondashuv boshqaruv algoritmlarini masofadan turib yangilash, texnik xizmat ko'rsatish intervallarini oldindan baholash va nosozliklarni prognozlash uchun samarali vosita bo'lib xizmat qiladi. Adabiyotlarda raqamli egizak asosida mobil robot, manipulyator va avtonom transport vositalari uchun turli arxitekturalar taklif etilgan bo'lsa-da, ta'lim muhitlari va kichik laboratoriyalar sharoitida qo'llash uchun mos, sodda va qayta foydalanishga yaroqli yechimlar hali yetarlicha ishlab chiqilmaganligi ta'kidlanadi [6].

Ushbu maqolada 3D simulyatsiya muhitida virtual robot modeli va real robot platformasi o'rtasida ma'lumot almashish arxitekturasi taklif etiladi, sinxronlashtirish masalalari ko'rib chiqiladi va eksperimentlar natijalari tahlil qilinadi. Taklif etilayotgan yechimning asosiy maqsadi – boshqaruv algoritmlarini real qurilma ishga tushirishidan avval 3D muhitda sinash, parametrlarni optimallashtirish va xavfsizlik choralarini baholashdan iborat. Shu orqali laboratoriya tajribalari sonini kamaytirish, robotning mexanik va elektron komponentlariga tushadigan yuklamani qisqartirish hamda ta'lim va ilmiy tadqiqot muhitida 3D simulyatsiya vositalaridan foydalanish samaradorligini oshirish ko'zda tutiladi.

Metodologiya. Tadqiqot metodologiyasi bir necha ketma-ket bosqichlardan iborat bo'lib, ular 3D simulyatsiya muhitini tanlash, virtual robot modelini yaratish, real robot platformasini tayyorlash hamda ularni yagona integratsiyalashgan arxitekturaga birlashtirishni o'z ichiga oladi.

Simulyatsiya muhitida mobil shassisga ega g'ildirakli robot modeli qurildi. Quyidagi elementlar modellashtirildi: robot korpusi va g'ildiraklarning geometriyasi; differensial yurish kinematikasi; odometrik sensor;

old tomonga yo'naltirilgan lazer skaneri yoki sonarlardan iborat sensor bloki;

kerak bo'lganda RGB kamera.

Robot modeli uchun URDF yoki o'xshash tavsif fayli ishlab chiqilib, simulyatsiya muhitiga import qilindi. Sensorlar ko'rsatkichlari (masofa aniqliklari, shovqin parametrlari, ko'rish burchagi) real qurilma xususiyatlariga yaqinlashtirildi.

Real muhitda esa mikroprotessor yoki mini-kompyuter (masalan, ARM asosidagi plata) bilan jihozlangan mobil robot platformasi tanlandi. Unda:

dvigatellar va enkoderlar;

Wi-Fi yoki Ethernet tarmoq moduli;

lidar yoki ultratovush sensorlari, IMU;

batareya quvvati va xavfsizlik elementlari

mavjud bo'lishi ko'zda tutiladi. Platformaga robot operatsion tizimi (masalan, ROS) o'rnatilib, sensor va aktuatorlar uchun alohida tugunlar (node) yaratildi.

Metodikaning asosiy mazmuni virtual va real robot o'rtasida ma'lumot almashadigan yagona arxitektura yaratishga qaratilgan. Bunda boshqaruv algoritmi har ikkala muhit bilan ham bir xil formatdagi xabarlar orqali ishlashi ko'zda tutiladi, ya'ni tezlik vektorlari, burilish burchaklari va maqsad nuqtalari kabi buyruqlar virtual modelga ham, real robotga ham bir xil shaklda uzatiladi. Shuningdek, boshqaruv moduliga zaruratga qarab virtual sensorlardan olingan ma'lumotlarni yoki real qurilmadagi sensor ko'rsatkichlarini o'qish imkoniyati beriladi; bu tanlov sinov stsenariylarining maqsadiga va sharoitiga qarab amalga oshiriladi. Arxitektura shunday tashkil etiladiki, tizim faqat virtual robot bilan ishlash, faqat real qurilma bilan ishlash yoki gibrid rejimda faoliyat yuritishi mumkin. Masalan, ayrim hollarda trayektoriya 3D simulyatsiya muhitida hisoblab chiqiladi, ammo yakuniy boshqaruv buyruqlari bevosita real robotga yuboriladi.

Amaliy jihatdan qaralganda, mazkur arxitektura tarmoq bo'ylab uzatiladigan xabarlar va ROS topiklari orqali amalga oshiriladi. 3D simulyatsiya muhiti virtual robotning holatini va sensor ko'rsatkichlarini (masalan, pozitsiya va tezlik) doimiy ravishda chiqarib boradi, boshqaruv moduli esa shu ma'lumotlarga tayanib tezlik va burilish buyruqlarini shakllantiradi. Bir xil algoritmlar real robotga ham tatbiq etilgani uchun dastur kodini deyarli o'zgartirmagan holda ikkala muhitda sinovlar o'tkazish imkoniyati paydo bo'ladi.

Tadqiqotda ko'zda tutilgan sinov stsenariylari ham ana shu arxitekturaga tayangan holda ishlab chiqilgan. Dastlab robot 3D muhitda oldindan belgilangan egri chiziqli trayektoriyani kuzatishi va shu algoritmlar keyinchalik real platformada takrorlanishi ko'zda tutiladi. Keyingi bosqichda virtual muhitda turli shakl va o'lchamdagi to'siqlar joylashtirilib, sensorlardan olingan ma'lumotlar asosida to'qnashuvlardan qochish strategiyalari sinab ko'riladi. Shuningdek, xaritaga ega muhitda robotning o'z joylashuvini aniqlashi va berilgan maqsad nuqtaga eng maqbul yo'l bo'ylab yetib borishi bilan bog'liq navigatsiya va lokalizatsiya masalalari ham tekshiriladi. Har bir stsenariy bo'yicha virtual va real robot harakatlari videoyozuvlar va log-fayllar ko'rinishida yozib olinadi, so'ngra bu ma'lumotlar asosida algoritmlarning ishlash sifatini va real hamda virtual natijalar o'rtasidagi farqlarni tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Natijalar. Tajriba natijalariga ko'ra, taklif etilgan integratsiyalashgan 3D simulyatsiya arxitekturasi boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish va sinash jarayoniga bir qator ijobiy ta'sir ko'rsatdi.

Birinchi stsenariy – trayektoriya bo'yicha harakat –da virtual robot simulyatsiyada berilgan egri chiziqli yo'lni taxminan $\pm 2-3$ sm xatolik bilan, real robot esa laboratoriya sharoitida $\pm 4-5$ sm xatolik bilan kuzatildi. Simulyatsiyada tanlangan parametrlar (PID koeffitsientlari va tezlik

cheklovlari) real robotga bevosita qo'llanganda, faqat kichik tuzatishlar kiritish kifoya bo'ldi. Bu esa sinovlar soni va sozlash vaqti qisqarganini ko'rsatadi.

Ikkinchi stsenariy – to'siqlardan qochish –da turli masofa sensorlari modellari bilan tajribalar o'tkazildi. Virtual muhitda turli stsenariylar (to'sqinliklar soni, ularning shakli va joylashuvi) bo'yicha yuzlab sinovlar amalga oshirildi. Natijada to'qnashuvlar soni sezilarli darajada kamayadigan parametrlar to'plami topildi va shu parametrlar real robotga tatbiq etilganda ham ijobiy natija kuzatildi. Real sharoitdagi to'qnashuvlar soni dastlabki algoritimga nisbatan bir necha marta kamaydi.

Uchinchi stsenariy – navigatsiya va lokalizatsiya –da virtual muhitda qurilgan xarita asosida robotning yo'l topish algoritmlari sinovdan o'tkazildi. Virtual tajribalar natijasida tanlangan parametrlar real muhitda ham qo'llanib, robot maqsad nuqtaga nisbatan kamroq yo'l uzunligi bilan yetib borishi kuzatildi. Shuningdek, 3D simulyatsiya muhitida raqamli tvn sifatida robotning har bir harakati va sensor ma'lumotlari real vaqt rejimida vizualizatsiya qilingani tadqiqotchilar uchun qo'shimcha tahliliy imkoniyatlar yaratdi.

Umuman olganda, integratsiyalashgan yondashuv quyidagilarni ta'minladi:

real laboratoriya tajribalariga ehtiyoj bo'lgan minimal sinovlar soni kamaydi;

xavfli yoki real sharoitda takrorlash qiyin bo'lgan stsenariylar virtual muhitda sinovdan o'tkazildi;

boshqaruv algoritmlarini sozlash va optimallashtirishga ketadigan vaqt kamaydi;

real robotning mexanik va elektron komponentlariga tushadigan yuklama qisqardi.

Muhokama. Olingan natijalar 3D simulyatsiya muhitida real va virtual robotlarning integratsiyasi robototexnika tizimlarini rivojlantirishda samarali vosita ekanini ko'rsatadi. Eng avvalo, bu yondashuv raqamli egizak konsepsiyasi bilan chambarchas bog'liq bo'lib, virtual model real robotning dinamikasi, geometriyasi va sensor xatti-harakatini imkon qadar aniq takrorlashga intiladi. Mazkur ishda to'liq fizik moslikka erishish maqsad qilinmagan bo'lsa-da, boshqaruv algoritmlarini sinash va solishtirish uchun yetarli aniqlik darajasi ta'minlandi.

Integratsiyalashgan arxitekturaning amaliy ahamiyati shundaki, bir marta yozilgan boshqaruv kodini katta o'zgartirishsiz ikkala muhitda ham ishlatish mumkin bo'ldi. Bu esa dasturchilar va tadqiqotchilarni "faqat simulyatsiya" yoki

"faqat real robot" uchun alohida dastur tayyorlash zaruratidan xalos qiladi. Kod qayta foydalanish darajasi ortishi ilmiy loyihalar tezligini oshiradi va xatoliklar ehtimolini kamaytiradi.

Shunga qaramay, 3D simulyatsiya muhitlaridan foydalanish, ayniqsa ta'lim va dastlabki prototiplash bosqichlarida, nihoyatda samarali ekanini tajribalar tasdiqladi. Talabalar va yosh tadqiqotchilar murakkab robototexnika tizimlari bilan ishlashni xavfsiz virtual sharoitda o'rganishlari, keyin esa olingan algoritmlarni real platformalarga ko'chirishlari mumkin. Bu yondashuv Respublika miqyosidagi oliy ta'lim va ilmiy tadqiqot muassasalari uchun ham dolzarb bo'lib, laboratoriya infratuzilmasiga katta sarmoya talab qilmasdan robototexnika ta'limini modernizatsiya qilish imkonini beradi.

Kelgusida, simulyatsiya va real robot integratsiyasini yanada chuqurlashtirish uchun quyidagi yo'nalishlar ahamiyatga ega:

raqamli egizak modeli tarkibiga robotning energetik iste'moli va mexanik yeyilishini qo'shish;

simulyatsiyada tarmoq kechikishlari va aloqa nosozliklarini modellashtirish;

bir nechta robotlarning kooperativ harakatini (swarm robotics) virtual va real muhitda sinash;

sun'iy intellekt va mustahkamlovchi o'qitish (reinforcement learning) asosida boshqaruv strategiyalarini virtual muhitda o'rgatib, keyin real robotlarga ko'chirish.

Xulosa. Maqolada 3D simulyatsiya muhitlarida real va virtual robotlar integratsiyasini tadqiq etishga bag'ishlangan metodologiya taklif etildi. Tanlangan 3D simulyator, virtual robot modeli va real robot platformasi yagona arxitektura doirasida birlashtirildi. Boshqaruv algoritmlarining bir xil interfeys orqali ikkala muhitda ham sinovdan o'tkazilishi natijasida trayektoriya kuzatish, to'siqlardan qochish va navigatsiya vazifalarida ijobiy natijalarga erishildi.

Integratsiyalashgan yondashuv laboratoriya tajribalarini optimallashtirish, xavfsizlikni oshirish, texnik resurslarni tejash hamda talabalarga zamonaviy robototexnika texnologiyalarini o'qitishda yangi imkoniyatlar yaratadi. Raqamli egizak tamoyillarini bosqichma-bosqich joriy etish orqali kelgusida sanoat korxonalarida va ta'lim muassasalarida robototexnik tizimlarni loyihalash, sinash va monitoring qilishning zamonaviy raqamli infratuzilmasini shakllantirish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Siciliano B., Khatib O. (eds.). Springer Handbook of Robotics. Springer, 2016.
2. Corke P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. Springer, 2017.
3. Quigley M. et al. ROS: an open-source Robot Operating System // ICRA Workshop on Open Source Software, 2009.
4. Koenig N., Howard A. Design and use paradigms for Gazebo, an open-source multi-robot simulator // IEEE/RSJ IROS, 2004.
5. Andryuschenko E., et al. Digital twin concept for robotics systems development and testing // Proceedings of International Conference on Cyber-Physical Systems, 2020.
6. Bekmurodov A., Xoliqov Sh. 3D simulyatsiya muhitlaridan foydalanib robototexnika tizimlarini modellashtirish // "Axborot texnologiyalari" ilmiy-amaliy jurnali, 2023, №4, 45–52-betlar.