



**MOBIL ROBOTLAR VA SERVIS ROBOTLARINING REAL HAYOTDAGI
VAZIFALARI.**

Matyakubova Setora Hojixon qizi

Islom Karimov nomidagi Texnika universiteti magistranti

Annotatsiya: *Ushbu maqolada murakkab muhitlarda ishlovchi robotlar uchun ko‘p chiqishli intellektual modulga asoslangan qaror qabul qilish arxitekturasi taklif etiladi. Taklif qilinayotgan yondashuvning asosiy maqsadi – real vaqt sharoitida sensor ma’lumotlarini tahlil qilish, muhit holatini baholash va bir vaqtning o‘zida bir nechta boshqaruv chiqishlarini ishlab chiqish orqali robotning harakatini xavfsiz, moslashuvchan va samarali qilishdir.*

Kalit so‘zlar: *Mobil robotlar, servis robotlar, sensor, relyef o‘zgarishi, agentlar, burchak tezligi, traektoriya korreksiyasi, xavfsizlik rejimi, ustuvorlik signali.*

Аннотация: *В данной статье предлагается архитектура принятия решений на основе многовыводного интеллектуального модуля для роботов, работающих в сложных условиях. Главная цель предлагаемого подхода — обеспечить безопасное, гибкое и эффективное движение робота путём анализа данных датчиков в реальном времени, оценки состояния окружающей среды и одновременного формирования нескольких управляющих выходов.*

Ключевые слова: *Мобильные роботы, сервисные роботы, датчики, изменение рельефа местности, агенты, угловая скорость, коррекция траектории, режим безопасности, сигнал приоритета.*

Abstract: *This paper proposes a decision-making architecture based on a multi-output intelligent module for robots operating in complex environments. The primary goal of the proposed approach is to ensure safe, flexible, and efficient robot movement by analyzing real-time sensor data, assessing the environment, and simultaneously generating multiple control outputs.*

Keywords: *Mobile robots, service robots, sensors, terrain changes, agents, angular velocity, trajectory correction, safety mode, priority signal.*

Hozirgi kunda mobil robotlar va servis robotlari real hayotdagi vazifalarni bajarishga tobora ko‘proq jalb etilmoqda. Bunday vazifalar sanoat korxonalaridagi ichki logistika, ombor va ishlab chiqarish hududlarida navigatsiya, qutqaruv va monitoring ishlari, qishloq xo‘jaligi maydonlarida harakatlanish, shuningdek odamlar bilan bir makonda xavfsiz ishlash kabi murakkab sharoitlarni o‘z ichiga oladi. Amaliy muhitlar ko‘pincha oldindan to‘liq ma’lum bo‘lmaydi, dinamik ravishda o‘zgaradi va noaniqliklar bilan to‘la bo‘ladi: to‘siqlar harakatlanishi, sensor ma’lumotlarida shovqin va uzilishlar bo‘lishi, yoritish yoki relyef o‘zgarishi, boshqa agentlar (robotlar yoki odamlar) paydo bo‘lishi va vazifa talablari real vaqt rejimida yangilanib turishi mumkin. Shu sababli robotning samarali ishlashi faqat



TANQIDIY NAZAR, TAHLILIIY TAFAKKUR VA INNOVATSION G‘OYALAR



an’anaviy “oldindan rejalashtir va bajar” tamoyiliga tayanib qolmay, balki muhitdan kelayotgan axborotga tezkor moslasha oladigan, xavfsizlikni ta’minlaydigan va maqsadga erishishni optimallashtiradigan qaror qabul qilish tizimini talab qiladi. Murakkab muhitlarda eng katta muammo shundaki, robot bir vaqtning o‘zida bir nechta mezonlarni hisobga olishi kerak bo‘ladi: to‘qnashuvlardan qochish, maqsadga yetib borish, vaqt va energiyani tejash, harakatning silliqligi, sensor ishonchliligi, vazifa ustuvorligi va xavfsizlik talablari. Bu mezonlar ko‘pincha bir-biriga qarama-qarshi bo‘lib, qaror qabul qilish jarayoni ko‘p variantli va dinamik muammo sifatida namoyon bo‘ladi.

Ko‘plab mavjud robot boshqaruv tizimlarida qaror qabul qilish ko‘pincha bitta asosiy chiqish (masalan, faqat tezlik yoki faqat yo‘nalish) yoki ketma-ket tartibda ishlovchi modullar orqali amalga oshiriladi. Bunday yondashuvlar oddiy yoki yaxshi strukturallashtirilgan muhitlarda yetarlicha natija berishi mumkin, ammo real sharoitlarda ular bir nechta muhim cheklolarga duch keladi: birinchidan, qaror qabul qilish kechikishi oshadi, chunki har bir modul alohida ishlaydi va navbatdagi modul oldingisining natijasini kutadi; ikkinchidan, turli modullar chiqishlarida ziddiyatlar paydo bo‘lishi mumkin (masalan, rejalashtirish tezroq harakatni taklif qiladi, xavfsizlik moduli esa keskin sekinlashishni talab qiladi); uchinchidan, noaniqlik sharoitida bitta parametrda “qattiq” bog‘lanib qolish robotni barqaror bo‘lmagan yoki samarasiz harakatga olib keladi. Shuning uchun murakkab muhitlarda robotning intellektual boshqaruvi “bitta chiqishli” oddiy yechimlardan ko‘ra, bir vaqtning o‘zida bir nechta chiqish signallarini shakllantiradigan va ularni uyg‘unlashtirib beradigan arxitektura tomon rivojlanmoqda. Ko‘p chiqishli (multi-output) intellektual modul g‘oyasi aynan shu ehtiyojdan kelib chiqadi: robotning harakatlanishiga ta’sir qiluvchi bir nechta boshqaruv ta’sirlarini (masalan, chiziqli tezlik, burchak tezligi, traektoriya korreksiyasi, xavfsizlik rejimi, ustuvorlik signali yoki bajarilayotgan vazifani o‘zgartirish qarori) parallel ravishda shakllantirish va ularni yagona qaror sifatida muvofiqlashtirish.

Bu arxitektura qaror qabul qilishni bir nechta darajali yoki parallel ishlovchi bloklarga ajratgan holda, ularning chiqishlarini ziddiyatsiz birlashtirish mexanizmini ko‘zda tutadi. Natijada robot muhitdagi kutilmagan o‘zgarishlarga tezroq javob qaytarishi, to‘siqlar bilan to‘qnashuv xavfini kamaytirishi, maqsadga yetib borish vaqtini optimallashtirishi va umumiy boshqaruv jarayonida barqarorlikni saqlashi kutiladi. Shuningdek, ko‘p chiqishli arxitektura robotning qaror qabul qilish jarayonini yanada “tushunarli” va nazorat qilinadigan qiladi: qaysi chiqish qaysi holatda qanday shakllanganini tahlil qilish osonlashadi, bu esa tizimni sozlash, sinovdan o‘tkazish va amaliyotga joriy etishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu tariqa, maqola doirasida murakkab muhit sharoitida robotlarning qaror qabul qilish muammosi yoritilib, ko‘p chiqishli intellektual modul konsepsiyasi asosida yangi arxitektura asoslanadi hamda uning kutilayotgan afzalliklari va qo‘llanish doirasi ko‘rsatib beriladi. Mazkur tadqiqot doirasida ko‘rib chiqilayotgan muammo murakkab, oldindan to‘liq aniqlanmagan va dinamik muhitda harakatlanuvchi mobil robotning samarali va xavfsiz qaror qabul qilish jarayonini tashkil etish bilan bog‘liq. Robot



TANQIDIY NAZAR, TAHLILIIY TAFAKKUR VA INNOVATSION G'OYALAR



ochiq yoki yarim yopiq muhitda faoliyat yuritadi, bunda muhit elementlari doimiy yoki vaqt bo'yicha o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Bunday muhitga statsionar to'siqlar (devorlar, ustunlar, jihozlar), dinamik to'siqlar (harakatlanayotgan odamlar, boshqa robotlar, texnika vositalari), shuningdek muhit sharoitining o'zgarishi (yoritish darajasi, sirpanish ehtimoli, relyef notekisligi) kiradi. Robot o'z holati va muhit haqida ma'lumotni turli sensorlar orqali oladi, masalan masofa o'lchovchi datchiklar, kamera, inertsiya o'lchov bloklari yoki boshqa axborot manbalari. Ushbu sensor ma'lumotlari real vaqt rejimida kelib tushadi va ko'pincha shovqinli, to'liq bo'lmagan yoki kechikkan bo'lishi mumkin. Shuning uchun robot muhit holatini baholashda noaniqlik bilan ishlashga majbur bo'ladi. Robotning asosiy vazifasi belgilangan maqsad nuqtasiga yetib borish yoki ma'lum topshiriqni bajarishdan iborat bo'lib, bu jarayonda u xavfsizlikni ta'minlashi, to'qnashuvlardan qochishi, harakatni silliq va barqaror ushlab turishi, vaqt va energiya sarfini imkon qadar kamaytirishi talab etiladi. Shu bilan birga, robot qaror qabul qilishda bir nechta mezonlarni bir vaqtning o'zida hisobga olishi lozim, chunki murakkab muhitda optimal qaror odatda bitta parametrni maksimal qilish emas, balki bir nechta qarama-qarshi talablar o'rtasida muvozanatni topish bilan bog'liq bo'ladi. Asosiy talablar sifatida real vaqt rejimida ishlash, ya'ni qaror qabul qilish va boshqaruv signallarini shakllantirishning minimal kechikish bilan amalga oshirilishi, xavfsizlikni kafolatlash, muhitdagi kutilmagan o'zgarishlarga tezkor moslashish va tizimning barqarorligini saqlashni ko'rsatish mumkin. Cheklovlar esa robotning mexanik va energetik imkoniyatlari, hisoblash resurslarining chegaralanganligi, sensorlarning aniqligi va ishonchliligi, shuningdek muhit haqida to'liq axborot mavjud emasligi bilan belgilanadi. Aynan shu talab va cheklovlar sharoitida samarali qaror qabul qilish muammosi dolzarb bo'lib, u oddiy, ketma-ket ishlovchi yoki faqat bitta chiqishga asoslangan boshqaruv yondashuvlari bilan to'liq hal etilmaydi. Shu sababli mazkur ishda taklif etilayotgan arxitektura ko'p chiqishli intellektual modul tushunchasiga asoslanadi. Ko'p chiqishli intellektual modul deganda robotning qaror qabul qilish yadrosi tushuniladi, u muhitdan kelayotgan ko'p o'lchamli sensor ma'lumotlarini tahlil qilib, bir vaqtning o'zida bir nechta boshqaruv chiqishlarini shakllantiradi. Bu chiqishlar robotning harakat tezligi, burilish burchagi, traektoriya korreksiyasi, xavfsizlik darajasi yoki rejimlarni almashtirish signali kabi turli boshqaruv ta'sirlarini o'z ichiga olishi mumkin. Muhim jihati shundaki, ushbu chiqishlar alohida-alohida emas, balki o'zaro bog'liq va muvofiqlashtirilgan holda ishlab chiqiladi, ya'ni modul qaror qabul qilishni parallel jarayon sifatida amalga oshiradi. Taklif etilayotgan arxitekturaning umumiy tuzilishi uchta asosiy darajadan iborat: sensor darajasi, intellektual qaror qabul qilish darajasi va ijro darajasi. Sensor darajasida muhit va robot holati haqidagi xom ma'lumotlar yig'iladi va dastlabki qayta ishlashdan o'tkaziladi. Intellektual darajada ushbu ma'lumotlar asosida muhit holati baholanadi, vaziyat tahlil qilinadi va ko'p chiqishli intellektual modul orqali parallel boshqaruv qarorlari shakllantiriladi. Ijro darajasida esa ushbu chiqishlar robot aktuatorlariga uzatiladi va real harakatga aylantiriladi. Arxitekturaning asosiy ustunligi shundaki, u qaror qabul qilishni markazlashgan, lekin moslashuvchan mexanizm sifatida tashkil etib, turli chiqishlar



TANQIDIY NAZAR, TAHLILY TAFAKKUR VA INNOVATSION G'UYALAR



o'rtasidagi ziddiyatlarni oldindan kamaytiradi va muhitdagi noaniqlik sharoitida ham barqaror ishlash imkonini beradi. Natijada robot murakkab muhitda yanada ishonchli, xavfsiz va samarali harakatlanishi uchun zarur bo'lgan intellektual qaror qabul qilish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Qaror qabul qilish algoritmi ko'p chiqishli intellektual modulning markaziy funksional qismi bo'lib, u robotga kelib tushayotgan ko'p manbali sensor axborotlarini birlashtirish, ularni tahlil qilish va real vaqt rejimida mos boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishni ta'minlaydi. Modulning ishlash prinsipi shundan iboratki, avvalo sensorlardan olingan xom ma'lumotlar oldindan qayta ishlanadi, ya'ni shovqinlardan tozalanadi, normallashtiriladi va yagona holat vektoriga birlashtiriladi. Ushbu holat vektori robotning joriy holati va muhitning taxminiy konfiguratsiyasini ifodalaydi. Keyingi bosqichda intellektual modul ushbu holat asosida vaziyatni baholaydi va uni ma'lum sinflarga yoki holatlarga ajratadi, masalan xavfsiz harakatlanish holati, to'siqqa yaqinlashish holati, keskin manevr talab qilinadigan holat yoki maqsadga erishishga yaqinlashish holati. Baholash jarayoni intellektual usullar, masalan qoidalar bazasi, neyron tarmoq yoki ularning kombinatsiyasi orqali amalga oshirilishi mumkin. Shundan so'ng qaror qabul qilish algoritmi parallel ishlovchi mexanizm asosida bir vaqtning o'zida bir nechta chiqish parametrlarini hisoblaydi, ya'ni har bir chiqish alohida funksiya sifatida emas, balki umumiy vaziyatga bog'liq holda shakllantiriladi. Masalan, tezlikni boshqarish chiqishi muhitdagi to'siqlarga bo'lgan masofa va xavfsizlik darajasiga bog'liq holda aniqlansa, burilish burchagi chiqishi traektoriya xatosi va maqsad yo'nalishiga qarab shakllantiriladi, xavfsizlik yoki rejimni almashtirish signali esa umumiy xavf darajasi asosida aniqlanadi. Ushbu chiqishlar o'zaro bog'langan bo'lib, algoritm ularning mosligini va ziddiyatsizligini ta'minlash uchun muvofiqlashtirish mexanizmini qo'llaydi, ya'ni agar chiqishlar orasida qarama-qarshilik yuzaga kelsa, ustuvorlik qoidalari yoki vazn koeffitsiyentlari asosida yakuniy qaror shakllantiriladi. Chiqish signallarini shakllantirish jarayoni uzluksiz bo'lib, har bir yangi sensor ma'lumoti kelishi bilan modul o'z chiqishlarini yangilab boradi, bu esa robotning muhitdagi o'zgarishlarga tezkor moslashishini ta'minlaydi. Muhimi shundaki, ko'p chiqishli yondashuv robotning harakatini faqat bitta parametr orqali emas, balki bir nechta boshqaruv ta'sirlarining uyg'un kombinatsiyasi orqali boshqarishga imkon beradi, natijada harakat yanada silliq, xavfsiz va maqsadga yo'naltirilgan bo'ladi. Shu tarzda qaror qabul qilish algoritmi modulning asosiy ishlash prinsipini tashkil etib, murakkab va noaniq muhitda robotning barqaror va samarali faoliyat yuritishini ta'minlashga xizmat qiladi.

Tajriba va natijalar bo'limida taklif etilgan ko'p chiqishli intellektual modulga asoslangan qaror qabul qilish arxitekturasining samaradorligini baholash maqsadida simulyatsiya muhiti va olingan natijalar tahlil qilinadi. Tajribalar virtual muhitda mobil robot modeli asosida o'tkazildi, bunda murakkab muhit sharoitlari sun'iy ravishda yaratilgan bo'lib, ular statsionar va dinamik to'siqlar, tor yo'laklar, keskin burilishlar hamda maqsad nuqtasining o'zgarishi kabi holatlarni o'z ichiga oladi. Simulyatsiya muhiti robotning real sharoitlarga yaqin holatda ishlashini ta'minlash uchun sensor shovqini,



TANQIDIY NAZAR, TAHLILIIY TAFAKKUR VA INNOVATSION G‘OYALAR



ma'lumotlarning kechikishi va muhit noaniqligini hisobga olgan holda sozlandi. Robotning harakati davomida masofa sensorlari va yo'nalish ma'lumotlari doimiy ravishda yangilanib, qaror qabul qilish moduli ushbu ma'lumotlar asosida real vaqt rejimida boshqaruv chiqishlarini shakllantirdi. Tajribalar davomida robotning harakat tezligi, traektoriya aniqligi, to'siqlardan qochish darajasi va maqsadga yetib borish vaqti asosiy baholash mezonlari sifatida tanlandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, ko'p chiqishli intellektual modul asosida boshqarilayotgan robot murakkab muhitda barqarorroq va silliqroq harakat qila oldi, chunki tezlik, burilish va xavfsizlikka oid chiqishlar bir vaqtning o'zida va o'zaro muvofiqlashtirilgan holda shakllantirildi. An'anaviy bitta chiqishga asoslangan yoki ketma-ket ishlovchi boshqaruv yondashuvlari bilan solishtirganda, taklif etilgan arxitektura to'siqlarga yaqinlashganda tezlikni oldindan pasaytirish, keskin burilishlarda traektoriyani barqaror saqlash va dinamik to'siqlar paydo bo'lganda xavfsizlik rejimini tezroq faollashtirish imkonini berdi. Natijalar tahlili shuni ham ko'rsatdiki, qaror qabul qilishdagi kechikish sezilarli darajada kamaygan, chunki modul chiqishlarni parallel tarzda hisoblab, ularni darhol ijro darajasiga uzatgan. Shuningdek, robotning umumiy yo'l uzunligi va maqsadga yetib borish vaqti kamaygan bo'lib, bu ko'p mezonli qaror qabul qilishning samarali amalga oshirilganidan dalolat beradi. Olingan natijalar taklif etilgan ko'p chiqishli intellektual modul murakkab va noaniq muhitlarda robotlar uchun ishonchli qaror qabul qilish mexanizmini ta'minlashini, hamda bunday yondashuv real robot tizimlariga joriy etish uchun istiqbolli ekanini ko'rsatadi.

Mazkur tadqiqotda murakkab va noaniq muhitlarda ishlovchi robotlar uchun ko'p chiqishli intellektual modulga asoslangan qaror qabul qilish arxitekturasi ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Tadqiqot davomida an'anaviy bitta chiqishga asoslangan yoki ketma-ket ishlovchi boshqaruv yondashuvlari murakkab muhit sharoitida yetarli darajada moslashuvchan va samarali emasligi asoslab berildi. Taklif etilgan yondashuv esa robotning qaror qabul qilish jarayonini parallel tarzda tashkil etish, ya'ni bir vaqtning o'zida bir nechta boshqaruv chiqishlarini shakllantirish orqali muhitdagi o'zgarishlarga tezkor va barqaror javob qaytarish imkonini berdi. Asosiy natijalar shuni ko'rsatdiki, ko'p chiqishli intellektual modul robotning harakat tezligi, yo'nalishi va xavfsizlik darajasini o'zaro muvofiqlashtirilgan holda boshqarish orqali to'siqlardan qochish samaradorligini oshirdi, harakatning silliqligini yaxshiladi va maqsadga yetib borish vaqtini qisqartirdi. Simulyatsiya natijalari qaror qabul qilishdagi kechikishning kamayganini va umumiy harakat barqarorligining oshganini tasdiqladi, bu esa taklif etilgan arxitekturaning murakkab muhitlarda qo'llash uchun mos ekanini ko'rsatadi. Kelajakdagi ishlar doirasida ushbu arxitekturani real apparat platformalarida sinovdan o'tkazish, ya'ni jismoniy robotlarda amaliy tajribalar o'tkazish rejalashtirilmoqda. Shuningdek, ko'p chiqishli intellektual modulni ko'p robotli tizimlarga kengaytirish, ya'ni bir nechta robotlar o'rtasida qaror qabul qilishni muvofiqlashtirish masalalarini o'rganish istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, intellektual modulni onlayn o'rganish va moslashish mexanizmlari bilan



boyitish, muhit xususiyatlariga qarab chiqish signallarining vaznlarini avtomatik sozlash ham kelajak tadqiqotlari uchun muhim vazifa bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. **Siciliano B., Khatib O.** *Springer Handbook of Robotics*. – Springer, Berlin, 2016.
– Mobil va servis robotlar arxitekturalari, sensorlar va boshqaru v tizimlari bo‘yicha asosiy manba.
2. **Thrun S., Burgard W., Fox D.** *Probabilistic Robotics*. – MIT Press, Cambridge, 2005.
– Noaniq muhitlarda robot navigatsiyasi va sensor ma’lumotlarini qayta ishlash asoslari.
3. **LaValle S. M.** *Planning Algorithms*. – Cambridge University Press, 2006.
– Robotlar uchun harakatni rejalashtirish va qaror qabul qilish algoritmlari.
4. **Arkin R. C.** *Behavior-Based Robotics*. – MIT Press, 1998.
– Parallel va ko‘p chiqishli xulq-atvorga asoslangan boshqaruv arxitekturalari.
5. **Siegwart R., Nourbakhsh I. R., Scaramuzza D.** *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. – MIT Press, 2011.
– Avtonom mobil robotlarning real muhitda ishlash tamoyillari.