

**ROBOTLAR UCHUN SLAM TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN  
MAHALLIYLASHTIRISH VA NAVIGATSIYA TIZIMI: PEPPER ROBOTI**

*Yusufov Azizbek*

*PhD tadqiqotchi, Andijon Mashinasozlik Instituti,*

*[azizbekyusufov2020@gmail.com](mailto:azizbekyusufov2020@gmail.com)*

*Zafar Juraev*

*[zbjuraev@gmail.com](mailto:zbjuraev@gmail.com)*

*Professor, Andijon Mashinasozlik Instituti*

**Annotatsiya:** Ichki muhitda robot navigatsiyasi bir nechta ilovalar uchun muhim vazifaga aylandi, shu jumladan mobil robot ma'lum bir joyga xavfsiz va eng qisqa yo'ldan mustaqil ravishda sayohat qilishi kerak bo'lgan vaziyatlar. Biroq, yopiq robot navigatsiyasi to'siqlar va dinamik muhit kabi qiyinchiliklarga duch keladi. Ushbu maqola Pepper robot platformasidan foydalangan holda xizmat ko'rsatuvchi robotlar uchun SLAM-ga asoslangan samarali lokalizatsiya va navigatsiya tizimini ishlab chiqish orqali dinamik ichki muhitda ijtimoiy robot navigatsiyasi muammosini ko'rib chiqadi. Bundan tashqari, ushbu maqolada robotning murakkab ichki muhitda erkin harakatlanishi va odamlar bilan samarali muloqot qilish imkonini beradigan tarzda ushbu tizimni ishlab chiqish masalasi muhokama qilinadi. Pepper asosida ishlab chiqilgan navigatsiya tizimi samarali robot platformasi arxitekturasi bo'lgan Robot Operatsion tizimi (ROS) yordamida ikki xil ichki muhitda tasdiqlangan. Olingan natijalar o'rtacha lokalizatsiya xatosi 0,51 m va foydalanuvchi qabul qilish darajasi 86,1% bo'lgan samarali navigatsiya tizimini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** SLAM; robot navigatsiyasi; Pepper roboti; ijtimoiy robot; Robot operatsion tizimi (ROS); xarita ishlab chiqarish.

**A SLAM-based localization and navigation system in the case of the Pepper robot**

Yusufov Azizbek

PhD researcher, Andijan machine building institute,

[azizbekyusufov2020@gmail.com](mailto:azizbekyusufov2020@gmail.com)

Zafar Juraev

[zbjuraev@gmail.com](mailto:zbjuraev@gmail.com)

Professor, Andijan machine building institute

**Abstract.** Robot navigation in indoor environments has become an important task for several applications, including situations where a mobile robot needs to travel to a specific location safely and autonomously along the shortest path. However, indoor

robot navigation faces challenges such as obstacles and dynamic environments. This paper addresses the problem of social robot navigation in a dynamic indoor environment by developing an efficient SLAM-based localization and navigation system for service robots using the Pepper robot platform. In addition, this paper discusses the development of this system to enable the robot to move freely in a complex indoor environment and communicate effectively with humans. The navigation system based on Pepper has been validated in two different indoor environments using Robot Operating System (ROS), an efficient robot platform architecture. The obtained results show an effective navigation system with an average localization error of 0.51 m and a user acceptance rate of 86.1%.

**Keywords:** SLAM; robot navigation; Pepper robot; social robot; Robot Operating System (ROS); map production.

### **Kirish**

Ijtimoiy robotlar so'nggi paytlarda zamonaviy jamiyat duch keladigan bir qator muammolarni hal qilish qobiliyatiga e'tibor qaratmoqda. Ular ular bilan muloqotda bo'lgan odamlarning yashash sharoitlarini yaxshilashga qaratilgan; Ijtimoiy robotlar sifatida ular odamlar bilan uylar, savdo markazlari va shifoxonalar kabi hamkorlikda muloqot qilish qobiliyatiga ega, ularda robot maishiy xizmatlar va sog'liqni saqlash vazifalarini bajaradi. Shu sababli, ijtimoiy robotlar ham akademiklarni, ham amaliyotchilarni real hayotdagi ilovalarga qiziqtiradi. Buning uchun ichki muhitda robot xaritalash va navigatsiya muhim qobiliyatdir. Umuman olganda, navigatsiya tizimlari quyidagi ikkita asosiy komponentdan iborat: atrof-muhit xaritasini ishlab chiqaruvchi xaritalash tizimi va ushbu muhitda yo'llarni rejalashtirish va bajarishi mumkin bo'lgan navigatsiya tizimi. Pepper roboti Softbank Robotics tomonidan chiqarilgan ijtimoiy robotdir. U odamlar bilan kognitiv va jismoniy o'zaro ta'sir o'tkazish uchun mo'ljallangan eng ilg'or ijtimoiy robotlardan biri hisoblanadi. Ushbu robot sog'liqni saqlash, ta'lim, o'yin-kulgi va maishiy sharoitlarni o'z ichiga olgan turli xil ijtimoiy ilovalarda qo'llanilgan. Samarali bo'lishi uchun Pepper roboti atrof-muhit haqida kuchli xabardorlikka ega bo'lishi kerak, ya'ni atrof-muhitning individual komponentlari va tuzilmalarini tanib olishdan tortib, qiziqqan sohada xavfsiz harakatlanish, foydalanuvchilarni tanib olish va ma'lumotlarni taqdim etishgacha.

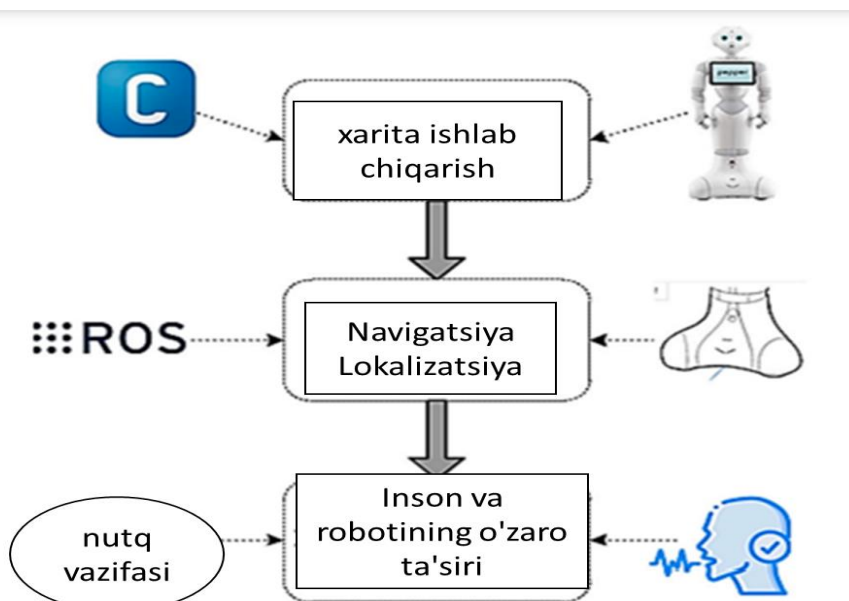
### **Amaliy qisim**

Robot navigatsiyasini quyidagi uchta asosiy guruhga bo'lish mumkin: geometrik asoslangan, semantik asoslangan va gibrid yondashuvlar. Ushbu bo'limda Pepper ijtimoiy robot platformasi uchun ishlab chiqilgan yaqinda ishlab chiqilgan robot navigatsiya tizimlari muhokama qilinadi. Pepper platformasining yuqori narxi, bort sensorlarining cheklanganligi va murakkab API tufayli Pepper robot platformasi faqat bir nechta tadqiqot ishlarida ko'rib chiqildi. Mavjud ishlar taqdim etilgan tadqiqotni o'z

ichiga oladi, bu to'qnashuvning oldini olish funksiyasi bilan ichki muhit uchun to'liq navigatsiya tizimini o'z ichiga oladi. Robotning RGB-chuqurlik kamerasidan yig'ilgan tasvirlar tasvirga asoslangan vizual xizmat ko'rsatish (IBVS) boshqaruv funksiyasini qo'llash orqali robotni topologik grafik doirasida lokalizatsiya qilish uchun ishlatilgan. 14 kun davomida 50 dan ortiq maqsadli punktlarga tashrif buyurgan yo'llarda bir nechta tajribalar o'tkazildi, bu tajriba taxminan 80% muvaffaqiyatga erishdi.

### Tavsiya etilgan Pepper Navigatsiya tizimi.

Amalga oshirish maqsadida, tavsiya etilgan robot-navigatsiya tizimini ishlab chiqish uchun ROS tizimi qo'llanilgan. ROS haqiqiy operatsion tizim emas, lekin uning asosi robot ilovalarida ishlab chiquvchilarga yordam beradigan kutubxonalar va vositalar to'plamidan iborat [31]. ROS muvaffaqiyatli robototexnika ilovalarini ishlab chiqishda qo'llanilishi tufayli tanlangan. Pepper robotining lokalizatsiya va navigatsiya funksiyalari ROS tizimi yordamida amalga oshirildi, xarita ishlab chiqarish funksiyasi esa Choregraphe ishlab chiqish to'plami yordamida ishlab chiqilgan. 1-rasmda ushbu tavsiya etilgan navigatsiya tizimining asosiy bosqichlari tasvirlangan.



1-rasm. Taklif etilayotgan navigatsiya tizimining asosiy bosqichlari

### Xarita ishlab chiqarish funksiyasi

Kirish qismida muhokama qilinganidek, NAOqi\_driverdan olingan xaritalarning aniqligi past. Bunga qarshi kurashish uchun samarali xarita ishlab chiqarish funksiyasini ishlab chiqish talabi katta. Xaritaning past aniqligi muammosini hal qilish uchun ushbu tadqiqot Choregraphe ishlab chiqish muhitidan foydalangan holda xarita maydonini qurishning samarali usulini ishlab chiqdi. Ishlab chiqilgan xarita ishlab chiqarish funksiyasi quyidagicha ishlaydi: u Choregraphe ishlab chiqish muhitida joylashgan kashf navigatsiya funksiyasidan foydalanish bilan boshlanadi. Ushbu funktsiyani o'rganishni boshlash uchun boshlang'ich radius qiymati talab qilinadi. Keyingi bosqichda GetMetricMap funksiyasi .png formatidagi piksel qiymatlari

qatorini taqdim etish uchun qabul qilinadi. Keyin format ko'rsatish uchun dastur monitori (PGM) formatiga aylantiriladi. Nihoyat, olingan xarita navigatsiya vazifasini bajarish uchun ROS ishlab chiqish muhitiga yuboriladi. Choregraphe ishlab chiqish muhitidan ushbu maqola `AINavigationProxy: getMetricalMap` funksiyasidan o'zining piksel qiymatlari qatorini oldi va navigatsiya maydoni uchun tasvirni yaratdi. Shundan so'ng, qiziqish zonasi uchun yuqori aniqlikdagi xarita olindi. Bu `NAOqi_driver` past aniqligi uchun muvaffaqiyatli yechim.

### **Navigatsiya va lokalizatsiya funksiyalari**

Navigatsiya funksiyasi Pepperning navigatsiya vazifasini bajarish uchun `move_base` to'plamidan foydalanish asosida ROS tizimi yordamida ishlab chiqilgan. `move_base` to'plami navigatsiya vazifasini bajarish uchun global va mahalliy rejalashtiruvchini amalga oshirishni taklif qiladi. U navigatsiya stekidan foydalanib, robotga bir nuqtadan ikkinchisiga o'tish imkonini beruvchi bir necha usullardan iborat. `move_base` to'plamidagi muhim tugun navigatsiya stekining asosiy komponenti bo'lgan `move_base` tugunidir. Navigatsiya to'plami - bu sensor oqimlari, odometriya va maqsad pozasidan ma'lumot oladigan va keyin mobil bazaga yuboriladigan xavfsiz tezlik buyruqlarini beruvchi 2D navigatsiya tizimi. Ushbu maqolada Pepper robotida allaqachon mavjud bo'lgan odometriya va masofa o'lchagich sensorlaridan olingan ma'lumotlar ishlatilgan. Quyidagi tenglama navigatsiya funksiyasini ifodalaydi:

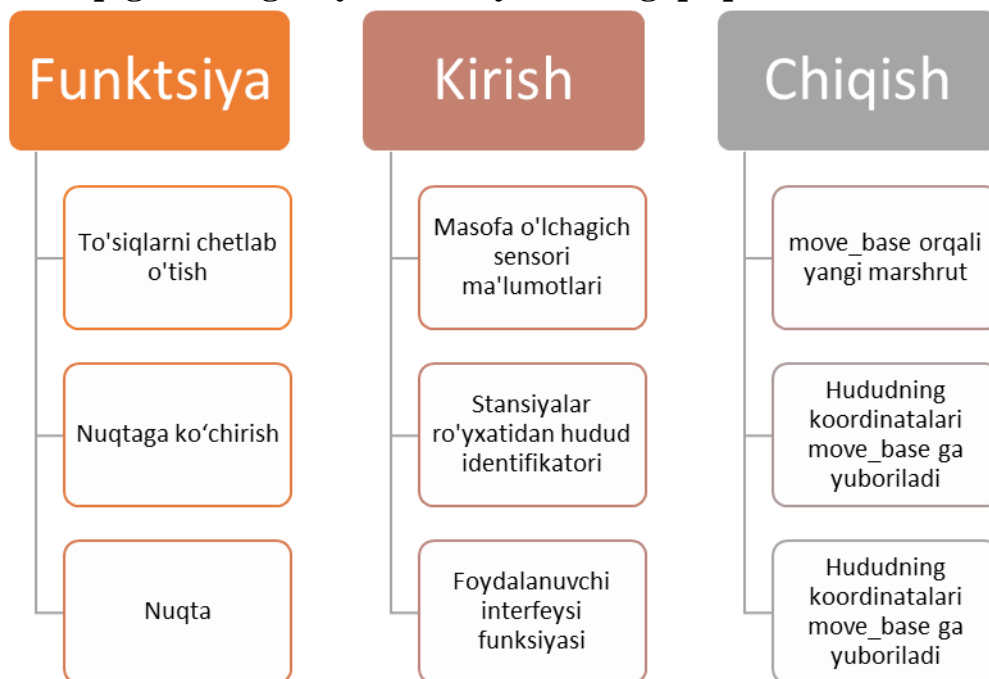
$$F(X) = \forall M_{x,y} [(x_1, y_1, \dots, x_n, y_n)] \supset S_i \Rightarrow R \quad (1)$$

Bu erda M belgilangan hududdagi harakatni bildiradi (x, y), Si datchik kiritishni, R esa natija qiymatini bildiradi.

### **Inson va robotning o'zaro ta'siri funksiyasi**

Taklif etilayotgan robot-navigatsiya tizimi Pepper robotidan atrofdagi odamlar bilan interaktiv tarzda muloqot qilishini talab qiladi. Bundan tashqari, robot harakatlanayotganda stantsiya haqida qisqacha ma'ruza qilishi mumkin. Ushbu vazifani bajarish uchun ushbu tadqiqot tashrif buyuruvchi va Pepper robot tizimi o'rtasida suhbatni o'rnatish uchun mas'ul bo'lgan ROS (nutq) nutq tugunini ishlab chiqdi; keyin so'ralgan pozitsiyalarda nutq faoliyatini amalga oshiradi. Nutq tugunlari to'g'ri stantsiyada to'g'ri qisqacha nutq so'zlash uchun `mov_Topoint` tugunidan lokalizatsiya ma'lumotlarini oladi.

Ishlab chiqilgan navigatsiya funksiyalarining qisqacha mazmuni



2-rasmda. Hududning haqiqiy tuzilmasi ko'rsatilgan va maydon uchun haqiqiy tuzilma va Pepper roboti tashrif buyurishi kerak bo'lgan oldindan belgilangan stantsiya nuqtalari va qisqacha tavsif berilgan.



2-rasm. Hududning haqiqiy tuzilishi (o'rganish maydoni)

**Aniq baholash uchun baholash ko'rsatkichlari quyidagicha yaxshilandi:**

- Mutlaq traektoriya xatosi (ATE): bu qiziqish zonasida sayohat qilishda robot uchun o'rtacha traektoriya xatosini ko'rsatadi.
- Muvaffaqiyat darajasi: Bu robotning maqsadiga erishish qobiliyatini o'lchaydi. Bunga qo'shimcha ravishda, muvaffaqiyat darajasi to'qnashuvlar va taym-autlar sonini o'z ichiga oladi.
- Robot yo'li: bu qiziq sohada bir mos yozuvlar nuqtasidan boshqasiga o'tish uchun Pepperning xavfsiz yo'lini ko'rsatadi.
- Foydalanuvchining maqbulligi: bu ijtimoiy robot navigatsiya tizimining foydalanuvchilari tomonidan umumiy qabul qilinishiga ishora qiladi.

**Xulosa.**

Pepper roboti turli xil ijtimoiy ilovalarda qo'llaniladi, bunda robot navigatsiyasi bunday ilovalar uchun juda muhimdir. Biroq, Pepperning navigatsiya vazifasi mavjud rivojlanish muhiti bilan qiyin. Ushbu maqola Pepper robot platformasi uchun avtonom robot navigatsiya tizimini ishlab chiqishni taqdim etadi. Ushbu ish ochiq rejali laboratoriyada interaktiv ekskursiyalarni taklif qilish kontekstida ishlab chiqilgan bo'lib, quyidagi ikkita asosiy maqsadga yo'naltirilgan: Pepper robotining avtonomiyasini oshirish va uning IIRC tashrif buyuruvchilari bilan muloqot qilish qobiliyatini yaxshilash. Oldingi maqsadga ROS va Choregraphe asosida samarali navigatsiya tizimini ishlab chiqish orqali erishildi, bu erda yangi samarali xarita ishlab chiqarish funktsiyasi ishlab chiqilgan. Ikkinchisi samarali nutqni aniqlash tizimini joriy etish orqali amalga oshirildi. Ishlab chiqilgan navigatsiya tizimi ikki xil muhitda tasdiqlangan bo'lib, unda samarali xarita ishlab chiqarish, mahalliyashtirish va navigatsiyaga erishildi. Bundan tashqari, ushbu maqola har qanday ijtimoiy robot navigatsiya tizimining samaradorligini baholash uchun baholash ko'rsatkichlari to'plamini taklif qiladi. Kelgusi ish navigatsiya aniqligini yanada oshirish uchun RGB-D kamerasidan foydalangan holda Pepper robot platformasi uchun semantik navigatsiya tizimini ishlab chiqishga qaratilgan.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Andreasson H (2010) An application of SLAM to localize AGVs. Tech. Rep. urn:nbn:se:oru:diva- 10393, Orebro University
2. Yusufov, A., & Juraev, Z. (2023). SLAM texnologiyasidan foydalanishda duch keladigan muammolar va yechimlar. *Science and Education*, 4(2), 731-737.
3. Bailey T, Durrant-Whyte H (2006) Simultaneous localisation and mapping (SLAM): Part II state of the art. *Robotics and Automation Magazine* 13(3):108–117
4. Bay H, Tuytelaars T, Gool LV (2006) SURF: Speeded up robust features. In: Ninth European Conference on Computer Vision, software: included in the OpenCV library.
5. Birk A, Schwertfeger S, Pathak K (2009) A networking framework for teleoperation in safety, security, and rescue robotics (SSRR). *IEEE Wireless Communications, Special Issue on Wireless Communications in Networked Robotics* 6(13):6–13
6. Udo Frese, A SLAM overview from a user's perspective
7. Ubaydullayeva, G., Ismoiljonov, Y. K. O. G. L., Abdujabborov, O. O. O. G. L., & Muhammadjonov, S. S. O. G. L. (2022). Energiya Menejmenti tizimi (ISO 50001: 2018) standarti va uning xususiyatlari. *Science and Education*, 3(4), 149-156.
8. Zafar, J., & Yodgorbek, I. (2021). ANALYSING OF IMPLEMENTATION LEAN MANUFACTURING PRACTICES IN AUTOMOTIVE AND COMPONENT PRODUCTION COMPANIES. *Universum: технические науки*, (12-6 (93)), 82-85.
9. Ubaydullayeva, G., Abdujabborov, O. O. O. G. L., Tursunov, B. T. O. G. L., & Ismoiljonov, Y. K. O. G. L. (2022). Samarali ishlab chiqarish tizimida xarajatlarni kamaytirish orqali foydaga erishish. *Science and Education*, 3(3), 1143-1149.
10. Yusufov, A., & Juraev, Z. (2023). SLAM texnologiyasidan foydalanishda duch keladigan muammolar va yechimlar. *Science and Education*, 4(2), 731-737.