

## SLAM texnologiyasidan foydalanishda duch keladigan muammolar va yechimlar

Azizbek Yusufov  
azizbekyusufov2020@gmail.com  
Zafar Juraev  
zbjuraev@gmail.com  
Andijon mashinasozlik instituti

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada bir vaqtning o'zida SLAM texnologiyasi muammolari haqida qisqacha ma'lumot berilgan. Biz ushbu maqolada SLAM texnologiyasidan foydalanishda duch kelinadigon turli qiyinchiliklar ya'ni, harakatlardan oldin xaritani yaratish, qora qutini mahalliyashtirish tizimi va ish paytida o'sib borayotgan onlayn xaritani ta'minlashlarni taxlil etiladi. Shuningdek, SLAM ning 2-D to'rlari, 2-D grafiklari, 2-D xususiyatlari, 3-D vizual xususiyatlari va 3-D grafiklariga asoslangan keng tarqalgan variantlarini, shuningdek, ilovalar uchun ijobiy va salbiy tomonlarini muhokama qilinadi. Internetda mavjud ilovalarga ishora qilanadi va tajribalardan qaysi yondashuv qaysi ilovaga mos kelishi haqida maslahat beriladi.

**Kalit so'zlar:** SLAM, mahalliyashtirish, navigatsiya, 2-D grafika, 3-D grafika, robot

## Problems and solutions encountered in the use of SLAM technology

Azizbek Yusufov  
azizbekyusufov2020@gmail.com  
Zafar Juraev  
zbjuraev@gmail.com  
Andijan Machine Building Institute

**Abstract:** This article provides a brief overview of SLAM technology challenges at the same time. In this paper, we analyze the various challenges faced in using SLAM technology, i.e. pre-mapping, black-box localization system, and provisioning of a growing online map during operation. It also discusses common variants of SLAM based on 2-D meshes, 2-D graphs, 2-D features, 3-D visual features, and 3-D graphs, along with their pros and cons for applications. Applications available on the web are

referenced and advice is given from experiences on which approach is appropriate for which application.

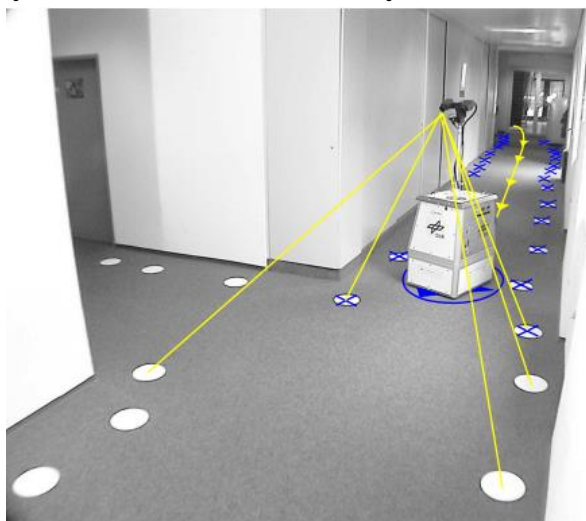
**Keywords:** SLAM, localization, navigation, 2-D graphics, 3-D graphics, robot

### 1. Kirish

Navigatsiya - lug'aviy manosi bu "kema, samolyot yoki kosmik kemalarni bir joydan ikkinchi joyga olib borish haqidagi fan". Bu, shuningdek, mobil robotlarni bir joydan boshqa joyga olib borish haqidagi fan bo'lib, mobil robototexnika uchun markaziy bo'lgan va keng ko'lamli tadqiqotlar duch keladigon muammodir.

SLAM bu - bir vaqtning o'zida mahalliyashtirish va xaritalash muammosi "Men qayerdaman?" degan savolga avtonom qurilgan xaritaning taqdim etish orqali to'liq avtonom javob berishga qaratilgan texnologiyadir. 1-rasm SLAM texnologiyasi asli nima haqida ekanligi qisqa ma'lumot ko'rsatilgan. Robot atrof-muhitni o'ziga nisbatan kuzatadi. Agar atrof-muhit ma'lum bo'lsa, robotning pozitsiyasi (joylashuvi va yo'nalishi) ushbu ma'lumotlardan olinishi mumkin bo'ladi. Bu mahalliyashtirish deb ataladi.

Aksincha, agar robotning pozitsiyasi ma'lum bo'lsa, global mos yozuvlar tizimida atrof-muhit xususiyatlariga mos keladigan sensor ko'rsatkichlarini jamlash mumkin bo'ladi va bu xaritalash deb ataladi. Endi, umuman olganda, atrof-muhit va robotning pozitsiyasi ma'lum bo'lib, ikkalasini ham bir xil ma'lumotlar orqali taxirlansa, bu bir vaqtning o'zida mahalliyashtirish va xaritalash, ya'ni SLAM deb ataladi.



1-rasm Bir vaqtning o'zida mahalliyashtirish va xaritalash (SLAM)

Robot o'zining noma'lum pozitsiyasiga nisbatan atrof-muhitni kuzatadi. Shuningdek, robotning nisbiy harakati o'lchanadi. Ushbu ma'lumotlardan SLAM algoritmi robotning pozitsiyasi va atrof-muhit geometriyasining taxminlarini hisoblab chiqadi. Bu erda ko'rsatilgan misolda robotdagi kamera sun'iy elementlarning poldagi nisbiy holatini (yorug'lik chiziqlari) o'lchaydi, sensorning harakati esa robotning odometriyasi (yorug'lik o'qlari) bilan ta'minlanadi. Chiqarish - robotning pozitsiyasi (robot

ostidagi qorong'i, aylana o'q) va har bir xususiyatning global holatidir (qorong'i xochlar).

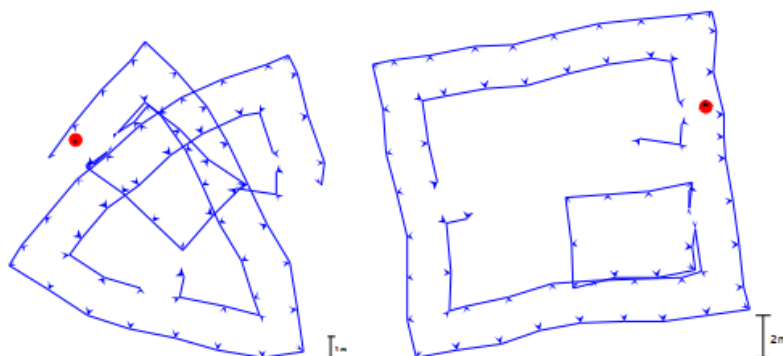
SLAM texnologiyasi 1980-yillarning oxiridan beri o'rganilmoqda. So'nggi yillarda soha bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borildi va ma'lum bir kamolotga erishildi. Shunday qilib, ushbu maqola SLAMni tekshirish o'rniga SLAMdan foydalanishni xohlaydiganlar nuqtai nazarini tomonidan yozildi.

Ushbu maqola quyidagicha tuzilgan: 2-bo'limda SLAMdagi eng muhim hodisa bo'lgan loopni yopish haqida ma'lumot. 3-bo'limda ilovalarda SLAM-dan foydalanish yo'llarini va 4-bo'limda sensor va xarita ko'rinishidagi turli xil SLAM variantlarini muhokama qilinadi.

## 2. Loopni yopish (Loop closing)

SLAMni tushunish uchun SLAM uchun kiritilgan ma'lumotlar nisbiy ma'lumot ekanligini bilish muhim xisoblanadi. Tasavvur qiling, uzoq cho'zilgan yo'lakning oxiridagi xonani va uning boshida koordinata kelib chiqadi (2-rasm), keyin bu xonaning pozasi koridor bo'ylab ko'plab kuzatilgan ma'lumotlarni birlashtirish orqali SLAM algoritmi tomonidan o'rganiladi.

Ma'lumotlarni birlashtirishda xatoliklar bor bo'lgan uchun ham xonaning umumiy suratini noaniqliklar bilan to'plashi mumkin. Bundan farqli o'laroq, xonaning mahalliy shakli faqat xona ichidagi kuzatuvlarga nisbatan ta'sir qiladi. Ushbu noaniqlik tuzilmasi odatda "Xolatlarining noaniqligiga qaramay, munosabatlarning aniqligi" deb ta'riflangan. Misol uchun robot yopiq halqa bo'ylab harakatlanmoqda, harakat davomida robot siklning boshiga qaytmoqda, lekin buni hali tugatilmagan deb hisoblab turamiz. Keyin to'plangan xato tufayli xalqa xaritada yopilmaydi (2-rasm, chap). Loopning boshlanishi qayta aniqlangandan va mos keladigan o'lchov xaritaga kiritilgandan so'ng, SLAM algoritmi xalqani yopadi. Bunga erishish uchun u butun halqani "deformatsiyalashi" kerak bo'lib, u halqaning har ikki uchi o'rtasidagi aloqa ma'lumotlarini boshqa joyda uzilishlarsiz o'z ichiga oladi. (2-rasm, o'ngda)



2-rasm Loopni yopishdan oldin (chapda) va keyin (o'ngda) xarita.

Ushbu xaritalash jarayonining bir nechta tasodifiy natijalarining animatsiyasi noaniqlik tuzilishini ko'rsatadi

Loop yopilishi - bu alohida holat bo'lib bitta kuzatish butun xarita taxminini sezilarli darajada o'zgartira oladi. Bu, shuningdek, quyidagi sabablarga ko'ra eng qiyin vaziyat:

- Ma'lumotlar bazasi yordamida tizim yana o'sha joyda ekanligini aniqlanadi. Amaldagi sensorlar va to'plangan noaniqliklarga qarab, bu hali ham tadqiqot davom etayotganligini ifodalaydi.

- Tadqiqotlar xarita smetasiga halqa yopilishining kiritilishi yetarlicha samarali bo'lishini aniqlamoqda. Bu uzoq vaqtdan beri asosiy muammo bo'lib kelyotgan edi, ammo bugungi kunga kelib qisman hal qilinmoqda.

- SLAM xaritasi yoki taxminiy pozalardan foydalanadigan har qanday dastur halqani yopish paytida to'satdan sakrashni ham boshqarishi kerak. Ushbu muammoning oldini olish uchun ilovadagi barcha joylar, masalan, obyektlar yoki yo'nalish nuqtalari, robot shu joylarda bo'lgan paytdagi pozaga nisbatan aniqlanishi kerak bo'ladi.

### *SLAM dan foydalanishning 3 xil usuli*

Ilova SLAM dan turli maqsadlarda foydalanishi mumkin. Bu navigatsiya uchun xaritaning umumiy maqsadlardan tashqari kamdan-kam tilga olinadi. Ilova uchun muhim bo'lgani farqlarini qisqacha muhokama qilamiz.

#### *3.1 Xaritalarni olish uchun oflayn-SLAM*

SLAM-dan foydalanishning eng tez-tez uchraydigan va eng oson usuli bu xaritani olishdir. Xaritani o'rganish bosqichida robot atrof-muhit bo'ylab qo'lda boshqariladi. Sensor ma'lumotlari yozib olinadi va joy belgilari kabi izohlar beriladi. Keyinchalik, qayta ishlashdan keyingi bosqichda SLAM sensor ma'lumotlaridan xaritani hisoblab chiqadi, bundan buyon o'zgarmas saqlanadi va tizimning haqiqiy ishlashi davomida mahalliyashtirish, yo'lni rejalashtirish va hokazolar uchun ishlatiladi.

#### *3.2 Mahalliyashtirish uchun onlayn-SLAM*

Murakkabroq ish tartibi SLAM-dan qora quti lokalizatsiya tizimi sifatida foydalanishdir. SLAM ish paytida mahalliyashtirish va onlayn xaritalashni amalga oshiradi, lekin dastur SLAM algoritmining o'zi uchun faqat poza ma'lumotlaridan foydalanadi. Ba'zan, xaritaning bir qismiga apriori beriladi, shuning uchun lokalizatsiya dasturga xos koordinatalar tizimida ishlaydi va xatolar to'planishi chegaralaydi. Odometriya yoki inertial sezish kabi ortib boruvchi sensorlardan farqli o'laroq, robot atrof-muhitning ma'lum qismida ishlayotgan bo'lsa, xato o'sishdan to'xtaydi. U faqat xaritani kengaytirganda o'sadi.

#### *3.3 Doimiy yangilanadigan xarita uchun onlayn-SLAM*

SLAM-dan foydalanishning eng murakkab usuli va SLAM tadqiqotining asosiy yutug'i doimiy ravishda o'sib borayotgan xaritani yaratish bo'lib, ushbu xaritada mahalliyashtirish va robotlarni boshqarish va umumiy dastur uchun ikkala natijalardan

foydalanishidir. Bu yerda qiyinchilik shundaki, xarita ish paytida o'zgaradi va xalqa yopilganda u yanada keskin o'zgarish paydo bo'ladi.

### *3.4 Ilovalarda o'zgaruvchan xarita ko'rsatgichlarini boshqarish*

Yuqoridagi muhokamada biz hisob-kitoblarni o'zgartirish ilovadan foydalanish qiyinligini bir necha bor eslatib o'tdik. Endi biz ushbu muammolarni hal qilish usullarini muhokama qilamiz. Odatda robot mahalliy to'siqlarni, oraliq yo'l nuqtalarini yoki rejalashtirilgan traektoriyalarni harakat boshqaruvchisining bir qismi sifatida bir necha metr masofa uchun saqlaydi. Endi tasavvur qiling, SLAM-dan olingan poza bahosi sezilarli darajada o'zgaradi: bu saqlangan koordinatalar to'satdan robotdan uzoqlashadi va harakatni boshqarish muvaffaqiyatsiz tugadi.

#### *SLAMning 4 xil varianti*

Ushbu bo'limda biz SLAM ning sensorli kirish va xarita tasviri bilan bog'liq eng keng tarqalgan variantlarini qisqacha muhokama qilamiz. Foydalanuvchining nuqtai nazaridan kelib chiqib, biz atrof-muhit bo'yicha qilingan taxminlarni ta'kidlaymiz va Internetda mavjud bo'lgan ilovalarga ishora qilamiz. Agar boshqacha ko'rsatilmagan bo'lsa, ilovalar C/C++ da mavjud

#### *4.1 2-D Evidence Grid-ga asoslangan SLAM*

Ushbu SLAM variantida oq rang bo'sh joyga, qora rang to'siqlarga va kul rang noma'lum bo'shliqqa mos keladigan bitmapga o'xshash xaritani olish uchun lazer masofa o'lchagichdan foydalaniladi. Odometriya (odatda) ikkinchi kirish sifatida kerak. GMapping deb nomlangan zarracha filtriga asoslangan yechim Grisetti va boshqa olimlar tomonidan ishlab chiqilgan va keng ko'lamlı ma'lumotlar to'plamida baholangan. Yaqinda u Robot Operatsion tizimiga (ROS) integratsiya qilindi, u GMapping tomonidan yaratilgan xaritalarda lokalizatsiya qilinadigan Adaptive Monte Carlo Localization (AMCL) algoritmi asosidagi modul bilan to'ldiriladi.

#### *4.2 2-D grafik asosidagi SLAM*

Ushbu SLAM varianti odatda, robot pozalarini muntazam ravishda 2 o'lchamli pozalar grafigidan iborat xaritani saqlaydi. Kirish ushbu pozalar orasidagi noaniq fazoviy munosabatlar bilan bog'liq. Ketma-ket pozalar orasidagi bog'lanishlar to'g'ridan-to'g'ri odometriyadan olinadi, ko'pchilik havolalar skanerlash-moslash, ya'ni ikkita lazerli skanerlashni tekislash va shu bilan ularning nisbiy pozasini hisoblash algoritmi orqali hosil qilinadi. Bundan tashqari, qaysi skanerlar mos kelishini boshqaradigan funksiya asosiy amalni amalga oshirish kerak, chunki barcha bir-biriga o'xshash skanerlash juftlarini moslashtirish juda sekin bo'ladi. SLAM-dan tashqari, skanerlash moslamasi odometriyani to'g'irlashi va skanerlar orqali ko'rsatilgan xaritada lokalizatsiya qilishi mumkin.

#### *4.3 2 o'lchovli xususiyatga asoslangan SLAM*

Hozirgacha SLAM adabiyotining eng katta qismi SLAM turlarini ko'rib chiqadi, bu yerda xarita robotga nisbatan kuzatiladigan 2 o'lchovli nuqta xususiyatlaridan iborat



(1-rasm). Xususiyatlarga asoslangan SLAM-ga ega dastur uchun asosiy savol qanday xususiyatlardan foydalanish va ularni qanday qilib ishonchli ekanligini aniqlash va belgilashdir. Variantlar orasida fiduciallar (1-rasm), yaxshi tashqi ko'rinishga ega daraxtlarda xabar qilingan qog'oz g'altaklari va binolardagi devorlar yoki burchaklar kiradi. Oxirgi burchaklari bo'lmagan devorni kuzatish maxsus ishlov berishni talab qiladi.

#### 4.4 3-D Visual SLAM

Vizual SLAM xususiyatga asoslangan SLAMga o'xshaydi, chunki xarita vizual jihatdan farq qiluvchi nuqtalar to'plamidir va kuzatuvlar bu nuqtalarning tasvir pozitsiyasidir. Ushbu muammoning oflayn versiyasi uzoq vaqt davomida fotogrammetriyada "to'plamni sozlash" va kompyuterda ko'rishda "harakatdan tuzilma" sifatida o'rganilgan va uni yetuk texnologiya deb hisoblash mumkin.

#### 4.5 3-D grafik asosidagi SLAM

Ushbu variant 2-D grafik asosidagi SLAM ning 3D analogidir. 3-D nuqtali bulutlar ma'lum robot pozalarida olinadi va skanerlash algoritmiga muvofiq juftlikda olinadi. Natijalar noaniq poza munosabatlari grafigini hosil qiladi, undan eng ehtimoliy pozalar hisoblab chiqiladi. 2-D-da bo'lgani kabi, nihoyat, aniqlikni oshirish uchun barcha skanerlar global miqyosda mos kelishi mumkin.

#### 5. Xulosa

Ushbu maqolada biz ilovada SLAM-dan foydalanishning turli usullarini va SLAM-ning turli xil variantlarini ko'rib chiqdik. Umumiy tavsiyani shu bilan yakunlash mumkinki ichki navigatsiya hozirgi tadqiqotlar natijasida yetuk texnologiya bo'lib ko'rinmoqda. Biz asosiy datchik sifatida lazerni masofa o'lchagichdan foydalanishni, ishga tushirishdan oldin robot bilan xaritani olish va 2 o'lchovli dalillarga asoslangan SLAMni tavsiya qilamiz. Agar interaktiv xaritalash mumkin bo'lsa, ikki o'lchovli grafik asosidagi SLAM ishonchliroq bo'ladi, lekin ko'proq maxsus amalga oshirish ishlarini talab qiladi.

3-Dda vaziyat yanada qiyinroq ekanligini ko'rish mumkin. Agar to'xtash va o'tish imkoni bo'lsa, egilgan lazerli masofa o'lchagich bilan 3-D grafik asosidagi SLAM yaxshi tanlovdir. Tez harakatlanish uchun, antenna ilovalarida tez-tez ko'rinib turganidek, biz tanlash usuli sifatida stereo kamera yordamida kompyuterni ko'rishni tavsiya qilamiz. Biroq, vizual SLAMga kelsak, faqat vizual odometriyani SLAMni chuqur tushunmasdan foydalanish uchun yetarlicha mukammal deb hisoblash mumkin.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Andreasson H (2010) An application of SLAM to localize AGVs. Tech. Rep. urn:nbn:se:oru:diva- 10393, Orebro University
2. 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

3. 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.

4. 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

5. Udo Frese, A SLAM overview from a user's perspective

6. 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.

7. 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.

8. 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.