

**DINAMIK MUHITDA AVTONOM MOBIL ROBOTLAR
NAVIGATSIYASI: KOMPYUTER KO'RISHI VA SUN'IY NEYRON
TARMOQLARI YORDAMIDA TO'SIQLARNI AYLANIB O'TISH VA
MARSHRUTNI QAYTA QURISH**

Mo'ydinov Dostonbek Mirkomil o'g'li

Ilmiy rahbar: t.f.b.f.d, (PhD), dotsent Durbek Roxmonov

Namangan davlat texnika universiteti

“Axborot tizimlari va texnologiyalari” kafedrası stajor o'qituvchisi

kelajak054@gmail.com

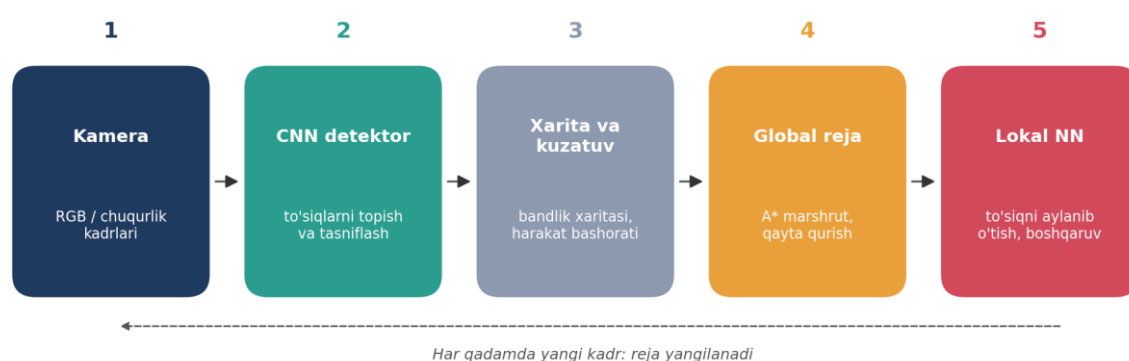
Annotatsiya. Maqolada harakatlanuvchi to'siqlar mavjud muhitda mobil robot navigatsiyasi uchun kompyuter ko'rishi, global marshrut rejalashtirish va neyron tarmoq asosidagi lokal boshqaruvni birlashtiruvchi tizim taklif etilgan. Simulyatsiyada uch usul solishtirilgan: har qadamda marshrutni qayta quruvchi A* algoritmi 8 ta harakatlanuvchi to'siqda 93 % muvaffaqiyatga erishgan, statik A* esa 70 % natija bergan.

Kalit so'zlar. mobil robot, navigatsiya, kompyuter ko'rishi, neyron tarmoq, to'siqdan o'tish, marshrutni qayta qurish.

Kirish. Avtonom mobil robotlar omborlarda, ishlab chiqarishda va jamoat joylarida tobora ko'proq ishlatilmoqda. Bunday muhitlarda odamlar va boshqa mashinalar doimo harakatlanadi, shuning uchun oldindan tuzilgan marshrut tezda yaroqsiz bo'lib qoladi. Klassik rejalashtirish usullari statik xaritada samarali ishlaydi [1]. Ular orasida eng keng tarqalgani A* algoritmi bo'lib, u eng qisqa yo'lni topishni kafolatlaydi [2]. Dinamik to'siqlar uchun esa lokal usullar, masalan dinamik oyna yondashuvi, qo'llanadi [3]. Kompyuter ko'rishi, xususan chuqur o'rganishga asoslangan detektorlar [4], robotga to'siqlarni real vaqtda aniqlash imkonini beradi. Neyron tarmoqlar esa sensor ma'lumotidan to'g'ridan-to'g'ri harakat tanlashni o'rgana oladi [5], [6]. Tadqiqotning maqsadi shu uch yondashuvni birlashtirib,

to'siqlarni aylanib o'tish va marshrutni qayta qurish algoritmlarining samaradorligini solishtirishdir.

Tizim arxitekturasini. Taklif etilgan tizim besh bosqichdan iborat (1-rasm). Kamera kadrlarni uzatadi, CNN detektor ulardan to'siqlarni topadi va tasniflaydi. Keyin to'siqlar bandlik xaritasiga qo'shiladi, ularning harakati kuzatiladi. Global rejalovchi (A^*) xarita asosida marshrutni quradi, lokal neyron tarmoq esa robotning yaqinidagi to'siqlarni aylanib o'tish bo'yicha qaror qabul qiladi. Har yangi kadrda xarita yangilanadi va zarur bo'lsa marshrut qayta quriladi.

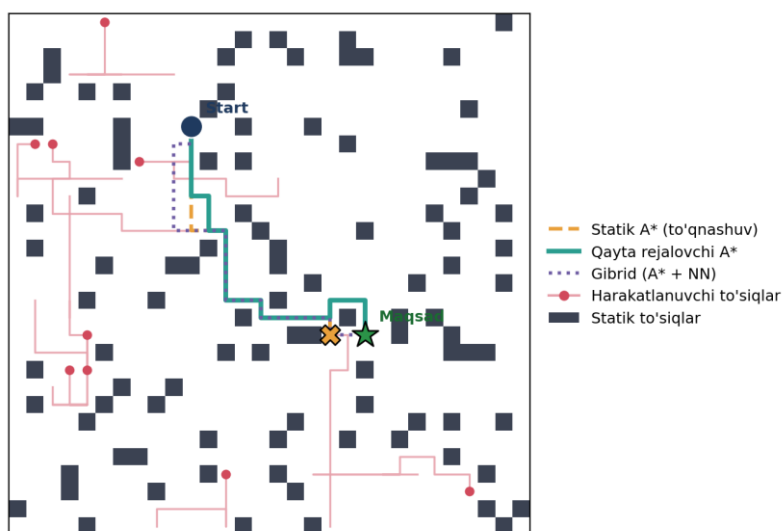


1-rasm. Kompyuter ko'rishi va neyron tarmoqqa asoslangan navigatsiya tizimi arxitekturasini

Tadqiqot usuli. Solishtirish uchun 30×30 katakli simulyatsiya muhiti yaratildi. Unda 12 % statik to'siq bor, 4 dan 16 tagacha to'siq esa tasodifiy yo'nalishda harakatlanadi. Kompyuter ko'rishi soddalashtirilgan holda modellashtirildi: robot 5 katak radiusidagi to'siqni 0,9 ehtimol bilan aniqlaydi, 10 % hollarda esa joylashuvda bir katak xato beradi. Haqiqiy CNN detektor ishlatilmadi. Uch usul solishtirildi: (A) bir marta tuzilgan va qayta rejalashtirilmaydigan statik A^* ; (B) har qadamda aniqlangan to'siqlarni hisobga olib marshrutni qayta quruvchi A^* ; (C) global A^* marshruti va lokal neyron tarmoqdan iborat gibrid usul. Neyron tarmoq (128 va 64 neyronli ikki qatlam) scikit-learn kutubxonasida [7] o'qitildi. Uning kirishi robot atrofidagi 11×11 oyna (statik va dinamik to'siqlar) hamda maqsad yo'nalishi, o'qituvchi sifatida esa (B) usul qarorlari olindi (500 epizod, taxminan 14,6 ming namuna). Har bir usul 100 qadam ichida to'qnashuvsiz

maqsadga yetishi bo'yicha baholandi.

Marshrutni qayta qurish. 2-rasmda bitta stsenariy ko'rsatilgan. Statik A* marshruti dastlab qisqa edi, ammo harakatlanuvchi to'siq bilan to'qnashuv sodir bo'ldi. Qayta rejalovchi usul esa to'siqni sezib, yo'lni o'zgartirdi va maqsadga yetdi. Gibrilid usul ham muvaffaqiyatli o'tdi.

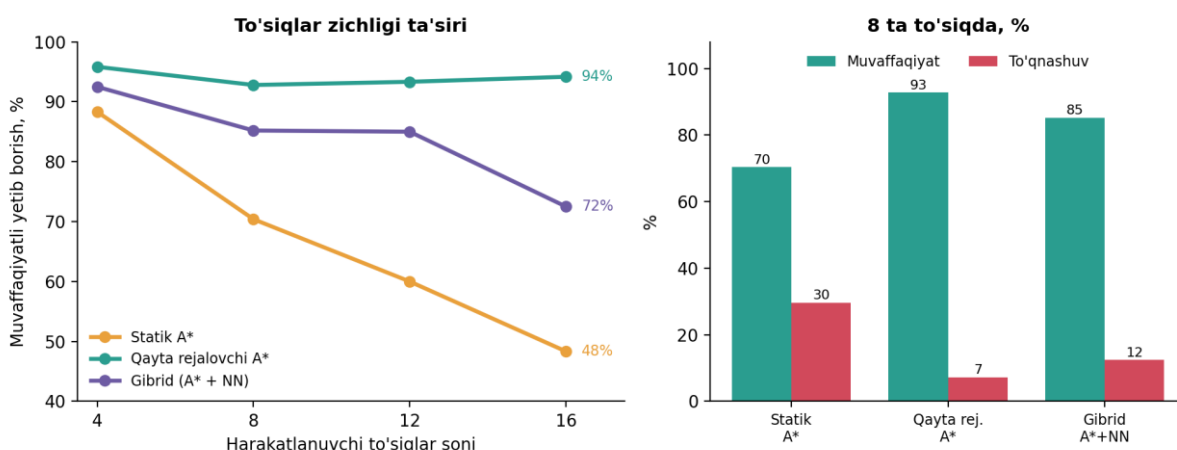


2-rasm. Bir stsenariyda uchta usul marshrutlari

Natijalar. Natijalar 1-jadvalda va 3-rasmda keltirilgan. 8 ta harakatlanuvchi to'siqda qayta rejalovchi A* 93 % holatda maqsadga yetdi va to'qnashuvlar 7 % bo'ldi, statik A* da esa to'qnashuvlar 30 % ga yetdi. Gibrilid usul 85 % muvaffaqiyat berdi, ammo uning yo'li biroz uzunroq bo'ldi (nisbat 1,15). To'siqlar soni 16 taga oshganda statik A* ning muvaffaqiyati 48 % gacha tushdi, gibrid usulniki 72 % bo'ldi, qayta rejalovchi A* esa 94 % darajada qoldi.

1-jadval. Usullarning 8 ta harakatlanuvchi to'siqdagi natijalari (250 epizod)

Usul	Muvaffaqiyat	To'qnashuv	Yo'l uzunligi nisbati	O'rtacha qadam
Statik A*	0.70	0.30	1.00	27.9
Qayta rejalovchi A*	0.93	0.07	1.05	30.1
Gibrid (A* + NN)	0.85	0.12	1.15	32.9



3-rasm. To'siqlar zichligining ta'siri va 8 ta to'siqdagi natijalar

Muhokama. Natijalar marshrutni doimiy qayta qurish dinamik muhitda eng ishonchli ekanini ko'rsatadi. Neyron tarmoq esa to'siqlarni aylanib o'tishni o'rgandi va statik usuldan ancha yaxshi natija berdi. Biroq u o'qituvchi usuldan orqada qoldi: to'siqlar ko'payganda xatolar oshdi. Buning sababi, tarmoq faqat o'qitish ma'lumotlaridagi holatlarni biladi va noodatiy vaziyatlarda adashishi mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, tajriba soddalashtirilgan simulyatsiyada o'tkazildi, kompyuter ko'rishi esa ehtimoliy model bilan almashtirildi. Real robotda natijalar farq qilishi mumkin. Keyingi bosqichda haqiqiy CNN detektorni ulash, tarmoqni mustahkamlovchi o'qitish [6] bilan takomillashtirish va fizik robotda sinash rejalashtirilgan.

Xulosa. Dinamik muhitda mobil robot navigatsiyasi uchun to'siqlarni vizual aniqlash va marshrutni har qadamda qayta qurish statik rejalashtirishga nisbatan to'qnashuvlarni sezilarli kamaytiradi. Neyron tarmoqqa asoslangan lokal boshqaruv istiqbolli, lekin qo'shimcha ma'lumot va mustahkam o'qitishni talab qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. LaValle S.M. Planning Algorithms. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
2. Hart P.E., Nilsson N.J., Raphael B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths // IEEE Transactions on Systems Science

and Cybernetics. – 1968. – Vol. 4, No. 2. – P. 100–107.

3. Fox D., Burgard W., Thrun S. The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance // IEEE Robotics & Automation Magazine. – 1997. – Vol. 4, No. 1. – P. 23–33.

4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 779–788.

5. Pfeiffer M., Schaeuble M., Nieto J., Siegwart R., Cadena C. From Perception to Decision: A Data-driven Approach to End-to-end Motion Planning for Autonomous Ground Robots // Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). – 2017. – P. 1527–1533.

6. Chen C., Liu Y., Kreiss S., Alahi A. Crowd-Robot Interaction: Crowd-aware Robot Navigation with Attention-based Deep Reinforcement Learning // Proc. IEEE ICRA. – 2019. – P. 6015–6022.

7. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.