

AVTONOM ROBOTLAR HARAKAT TRAEKTORIYASINI OPTIMALLASHTIRISH USULLARINI ISHLAB CHIQISH

G.M.Djaykov – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent

Nukus davlat texnika universiteti

U.B.Perdebaev – magistrant

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti

Tayanch soʻzlar: avtonom robot, GPS navigatsiya, kompas, sensor filtratsiyasi, harakatlanish algoritmi, simulyatsiya.

Ключевые слова: автономный робот, GPS-навигация, компас, фильтрация данных датчиков, алгоритм движения, симуляция.

Key words: autonomous robot, GPS navigation, compass, sensor data filtering, motion algorithm, simulation.

Kirish. Soʻnggi yillarda qishloq xoʻjaligida avtomatlashtirish va robototexnikadan foydalanishga boʻlgan qiziqish jadal oʻsmoqda. Bu, avvalo, qishloq xoʻjaligida ishchi kuchi tanqisligi va resurslardan samarali foydalanish zaruriyati bilan bogʻliq. Xususan, anʼanaviy dehqonchilik usullari koʻp mehnat talab qiladi, vaqt jihatdan samarasiz boʻladi va koʻp hollarda inson sogʻligi uchun xavf tugʻdiradi. Masalan, pestitsidlar bilan ishlashdagi salomatlik xavflari, yoki urugʻ sepish va sugʻorishdagi ortiqcha mehnat sarfi hosildorlikka salbiy taʼsir koʻrsatadi.

Dunyo tajribasida agrotexnika sohasida turli robotlashtirilgan tizimlar ishlab chiqilgan. Ulardan ayrimlari urugʻ sepish va sugʻorish kabi operatsiyalarga ixtisoslashgan boʻlsa, boshqalari aniq dehqonchilik (precision farming) prinsiplariga asoslangan holda fermerlik ishlab chiqarishini optimallashtirishga xizmat qiladi.

[1] maqolada qishloq xoʻjaligida bir nechta vazifani bajara oladigan robotning umumiy konsepsiyasiga bagʻishlangan. Bu ish alohida bitta funktsiyaga emas, balki koʻp funktsiyalilik gʻoyasiga asoslanadi, bu esa mehnat xarajatlarini bir nechta vazifada tejash imkonini beradi [2]. maqolasi aniq dehqonchilik konsepsiyasini amalga oshirishga xizmat qiladigan urugʻ sepish robotiga eʼtibor qaratadi. Ushbu tadqiqot aniq bir vazifani bajarishga ixtisoslashgan robot tizimining texnik jihatlarini tavsiflaydi. [3, 4] ishlarida masofadan boshqariladigan va GPS-boshqaruvli robotning amaliy dizaynini koʻrib chiqadi. Bu tadqiqot nazariy yondashuvdan koʻra, real qurilma yaratishdagi muhandislik yechimlariga urgʻu beradi [5]. ishda GPS bilan birga GSM texnologiyasini qoʻllash orqali urugʻ sepish jarayonini avtomatlashtirishni tahlil qiladi. Bu ish masofadan turib aloqa va boshqaruv olish imkoniyatini kengaytirish nuqtai nazaridan muhim hisoblanadi.

Biroq mavjud yechimlarda turli cheklanishlar mavjud: aniqlik pastligi, xarajat yuqoriligi, koʻp funktsiyalilikning yoʻqligi va real vaqtdagi nazoratning cheklanganligi. Shu sababli, qishloq xoʻjaligi uchun GPS orqali avtonom boshqariladigan koʻp funktsiyali robot modelini yaratish dolzarb hisoblanadi.

Taklif etilayotgan robotning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

GPS asosida aniq avtonom navigatsiya;

– urugʻ sepish, sugʻorish va pestitsid sepish jarayonlarini birlashtirish;

– Bluetooth orqali masofaviy boshqaruv imkoniyati;

– sensor maʼlumotlarini (harorat, namlik, GPS koordinatalari) real vaqtda microSD kartada saqlash;

– resurslardan tejamkorlik bilan foydalanish va mehnat xarajatlarini kamaytirish.

Shu tariqa, GPS texnologiyasiga asoslangan avtonom robot ishlab chiqish nafaqat agrotexnika jarayonlarini soddalashtiradi, balki fermerlik samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi.

Masalaning qoʻyilishi. Qishloq xoʻjaligidagi anʼanaviy ishlab chiqarish tizimida qator muammolar mavjud boʻlib,

ular robotlashtirilgan va avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanish zarurligini koʻrsatadi. Asosiy muammolar quyidagilardan iborat:

Inson quvvati tanqisligi. Jahon tajribasida ham ishchi kuchini tejash muhim masala hisoblanadi. Fermerlar koʻp vaqt va kuch talab qiluvchi jarayonlarni (urugʻ sepish, sugʻorish, pestitsid sepish) qoʻl mehnati orqali amalga oshirishga majbur. Bu esa hosildorlikka salbiy taʼsir qiladi.

Samarasiz resurs sarfi. Anʼanaviy usullarda suv, oʻgʻit va pestitsidlar optimal taqsimlanmaydi. Bu ortiqcha sarf-xarajatlarga va ekologik muammolarga olib keladi.

Pestitsidlar bilan ishlashdagi xavf. Fermerlar uchun inson sogʻligiga salbiy taʼsir koʻrsatuvchi moddalar bilan ishlash xavfli hisoblanadi. Robotlashtirish ushbu jarayonda insonning toʻgʻridan-toʻgʻri ishtirokini kamaytiradi.

Vaqtning ortiqcha sarfi. Urugʻ sepish va sugʻorish kabi jarayonlar qoʻl usulida juda koʻp vaqt talab qiladi. Avtonom tizimlar esa ish unumdorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Xarajatlarning yuqoriligi. Qoʻl mehnatiga tayangan ishlab chiqarishda mehnat haqi, suv va yoqilgʻi xarajatlari ortiq boʻladi. Robotlardan foydalanish tannarxni pasaytiradi.

Navigatsiya algoritmi. Algoritmning asosiy maqsadi – GPS va raqamli kompas maʼlumotlari asosida robotni belgilangan nuqta (waypoint) boʻylab aniq va barqaror harakatlantirish. Asosiy talablar quyidagilardan iborat:

Har bir waypointga minimal xatolik bilan yetib borish.

Burchak xatosi (heading error) va masofa xatosini minimallashtirish.

Sensor shovqinini hisobga olish va filtrlash.

Ikki gʻildirakli differensial boshqaruv kinematikasidan foydalanish.

Robotning harakatini boshqarish uchun ikkita asosiy formuladan foydalaniladi. Bu formulalar robotning joriy joylashuvidan maqsad nuqttagacha boʻlgan masofa va yoʻnalishni aniqlashga yordam beradi.

Haversine formulasi Yer sharidagi ikki GPS nuqtasi orasidagi eng qisqa masofani hisoblashda ishlatiladi.

Qoʻyidagi belgilashlarni kiritamiz:

φ_1, λ_1 - joriy nuqtaning kenglik (latitude) va uzunlik (longitude) koordinatalari.

φ_2, λ_2 - maqsad nuqtasining kenglik va uzunlik koordinatalari. Koordinatalar radianlarda berilishi shart.

$R=6371000$ m - Yerning oʻrtacha radiusi.

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2}(a, 1-a), \quad d = R \cdot c$$

Azimut (bearing) formulasi maqsad nuqtasining joriy nuqtaga nisbatan yoʻnalishini (shimolga nisbatan burchakni) aniqlash uchun qoʻllaniladi.

$$y = \sin(\Delta\lambda)\cos\varphi_2,$$

$$x = \cos\varphi_1\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1\cos\varphi_2\cos(\Delta\lambda),$$

$$\text{bearing} = \text{atan2}(y, x)$$

Natija odatda $[0, 2\pi)$ yoki $(-\pi, \pi]$ oralig'ida normal-lashtiriladi.

Navigatsiyaning aniqligini ta'minlash uchun robotning amaldagi yo'nalishi (heading) va hisoblangan yo'nalish (bearing) orasidagi farq - yo'nalish xatosi (heading error) hisoblanadi.

$$\text{err} = \text{bearing} - \text{robot_heading}.$$

Bu xato motorlarni boshqarish uchun foydalaniladi. Xatoni normallashtirish robotning eng qisqa yo'nalish bo'ylab burilishini ta'minlaydi.

$$\text{err} = \text{atan2}(\sin(\text{err}), \cos(\text{err})).$$

Bu formulalar avtonom robotning aniq navigatsiyasini ta'minlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Ular yordamida robot belgilangan yo'nalish bo'ylab, yo'nalish xatosini minimallashtirib harakatlanadi.

Avtonom robotning navigatsiya algoritmidan hisoblangan chiziqli tezlik ($\mathcal{J}$) va burchak tezligi (ω) qiymatlarini robotning g'ildiraklariga uzatish uchun ikki g'ildirakli differensial boshqaruv tizimi (differential-drive) kinematikasidan foydalaniladi. Bu tizim har bir g'ildirakning aylanish tezligini alohida boshqarish orqali robotning oldinga, orqaga yoki burilishini ta'minlaydi.

Robotning umumiy harakati (chiziqli tezlik v va burchak tezligi ω) uning o'ng va chap g'ildiraklarining tezliklari ($\mathcal{J}_r$ va $\mathcal{J}_l$) orqali aniqlanadi.

Har bir g'ildirakning chiziqli tezligini hisoblash formulasi:

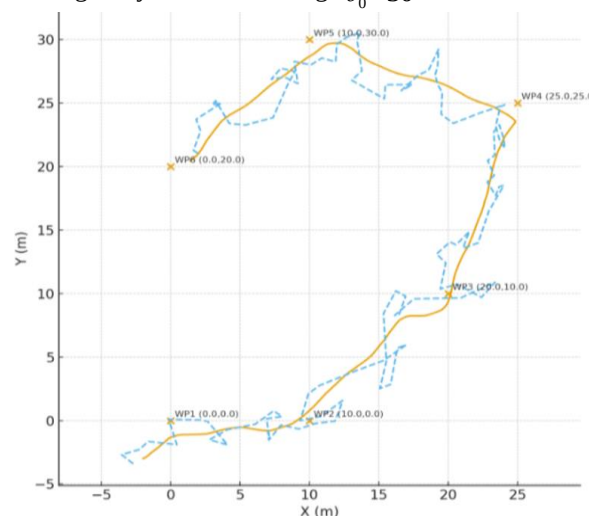
$$\mathcal{J}_r = \mathcal{J} - \frac{L\omega}{2}, \quad \mathcal{J}_l = \mathcal{J} + \frac{L\omega}{2}$$

bu yerda $\mathcal{J}_r$ - o'ng g'ildirakning chiziqli tezligi, $\mathcal{J}_l$ - chap g'ildirakning chiziqli tezligi, $\mathcal{J}$ - robotning oldinga chiziqli tezligi, ω - robotning burchak tezligi, L - g'ildiraklar orasidagi masofa (track width).

Sonli tajriba. Avtonom navigatsiya algoritmining samaradorligi va barqarorligini baholash maqsadida, aniq nazoratli kompyuter simulyatsiyasi o'tkazildi. Simulyatsiya real sharoitlarni modellashtirishga qaratilgan bo'lib, unda sensorlarning xatoliklari va turli fizik parametrlar hisobga olindi.

Robot harakatlanishi kerak bo'lgan 6 ta asosiy nuqta koordinatalari belgilandi: $(0,0) \rightarrow (10,0) \rightarrow (20,10) \rightarrow (25,25) \rightarrow (10,30) \rightarrow (0,20)$. Bu nuqtalar qishloq xo'jaligi maydonida ekin qatorlari yoki maxsus ish bajarish nuqtalarini ifodalaydi. Robot simul

yatsiyani dastlabki nol nuqtaga nisbatan biroz siljigan holatda boshladi, ya'ni koordinatalar $(-2, -3)$ m, boshlang'ich yo'nalish burchagi $\theta_0 = 30^\circ$.



1-Rasm. Robotning harakatlanish grafigi

O'tkazilgan simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan algoritm shovqinli muhitda ham barqaror ishlaydi va barcha 6 ta yo'nalish nuqtasiga muvaffaqiyatli erishadi. Bu esa taklif etilgan yondashuvning real sharoitlarda qo'llanilishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda GPS va kompas sensorlaridan olingan ma'lumotlarni birlashtirishga asoslangan avtonom robot platformasi va uning harakatlanish algoritmi ishlab chiqildi. Algoritmi Python muhitida simulyatsiya orqali tekshirilib, uning shovqinli muhitda ham samarali ishlashi isbotlandi.

Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, robot barcha 6 ta yo'nalish nuqtasiga muvaffaqiyatli yetib bordi. Nuqtalardagi o'rtacha pozitsiya xatosi 1-2 metr atrofida bo'lib, bu tizimning GPS sensori aniqligiga to'la mos keladi. Algoritmi, ayniqsa, katta burchak xatolarida robotning avval burilib, so'ngra harakatni davom ettirishini ta'minlash orqali o'zining barqarorligini namoyish etdi. Harakatlanuvchi o'rtacha filtr qo'llanilishi esa sensor ma'lumotlaridagi shovqinni sezilarli darajada kamaytirib, pozitsiya aniqligini oshirdi. Taxminan 132 soniyalik simulyatsiya vaqtida robotning traektoriyasi mantiqan izchil va samarali shakllandi.

Olingan natijalar shundan dalolat beradiki, taklif etilgan navigatsiya algoritmi GPS xatosi va sensor og'ishlari mavjud sharoitda ham robotning barqaror va samarali harakatlanishini ta'minlay oladi. Bu tizim qishloq xo'jaligida urug' sepish, sug'orish va pestitsid sepish kabi ishlarni avtomatlashtirish uchun muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib hisoblanadi.

Adabiyotlar

1. Bhavinya E.S., Lakshmi K.V., Srinivas P.A Multipurpose Agribot. // Advances in Manufacturing, Automation, Design and Energy Technologies: Proceedings from ICoFT 2021. 2023. – P. 327.
2. Naik N.S., Shete V.V., Danve S.R. Precision agriculture robot for seeding function. 2016 international conference on inventive computation technologies (ICICT). IEEE, 2016. – T. 2. – P. 1-3.
3. Ünal İ., Topakci M. Design of a Remote-controlled and GPS-guided Autonomous Robot for Precision Farming. // International Journal of Advanced Robotic Systems. 2015. – T. 12. № 12. – P. 194.
4. Haritha M. et al. GPS based autonomous vehicle navigation in robotics along with directionality. // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. T. 119. № 15. – P. 1603.
5. Shaik K. et al. GPS based autonomous agricultural robot. 2018 international conference on design innovations for 3cs compute communicate control (ICDI3C). IEEE, 2018. – P. 100-105.

REZYUME. Maqolada GPS orqali avtonom boshqariladigan robot platformasini loyihalash va uning harakatlanish algoritmini ishlab chiqish masalasi yoritilgan. Robot yo'nalish nuqtalariga asoslangan holda harakatlanadi hamda GPS va kompas ma'lumotlarini birlashtirgan holda o'z pozitsiyasini aniqlaydi. Maqolada navigatsiya algoritmining blok-sxemasini, sensor ma'lumotlarini filtrlash usullari va Python muhitida olib borilgan simulyatsiya natijalari keltirilgan. Olingan natijalar robotning yo'nalish nuqtalariga aniq va barqaror yetib borishini hamda GPS xatoligi (± 2 m) sharoitida ham samarali ishlashini ko'rsatdi.

РЕЗЮМЕ. В статье рассматривается проектирование автономного робота, управляемого с использованием GPS-навигации, и разработка его алгоритма движения. Робот перемещается по заданным точкам маршрута, определяя своё положение с помощью объединённых данных GPS и компаса. Представлены блок-схема навигационного алгоритма, методы фильтрации данных датчиков и результаты симуляции в среде Python. Полученные результаты показали, что робот способен точно и устойчиво достигать заданных точек маршрута и эффективно работать даже при наличии погрешности GPS (± 2 м).

SUMMARY. This paper presents the design of an autonomous robot controlled via GPS navigation and the development of its motion algorithm. The robot follows predefined waypoints and estimates its position by fusing GPS and compass data. The paper provides the navigation algorithm block diagram, sensor data filtering techniques, and simulation results obtained in the Python environment. The results demonstrate that the robot can reliably and accurately reach target waypoints and operate effectively even under GPS error conditions (± 2 m).

MASKASÍZ QÁSIYETLERDI ANÍQLAW ARQALÍ INFORMACIYA QÁWIPSIZLIGIN TÁMIYINLEW USHÍN NEYRO-ANÍQ EMES MODELLESTIRIW

A.M.Dosimbetov – *texnika ilimleri boyınsha filosofiya doktori*

Innovacion texnologiyalar universiteti

D.X.Turdishov – *ağa oqıtıwshı*

Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogika institutı

A.Q.Mambetnazarova – *magistrant*

Nókis mámleketlik texnika universiteti

Tayanch so'zlar: Web-ilova, niqobsiz xususiyatlar, himoyalanuvchi obyekt, model, Neyro-noaniq, funksiya, konfiguratsiya.

Ключевые слова: Web-приложение, безмаскированные свойства, защищаемый объект, модель, Нейро-неопределенность, функция, конфигурация.

Key words: Web application, unmasked properties, protected object, model, Neuro-uncertainty, function, configuration.

Kirisiw. Maskasız qásiyetlerdi anıqlaw ushın usınılǵan neyro-anıq emes modelge beyimlesiwler modeldi web-qosımsha ushın ámeliy bolıwın támiyinleydi, anıqlıq hám esaplaw nátiyjeliligini teńlestiredi. Modeldiń dúziliwi adaptiv neyro-anıq emes juwmaqlaw sistemaları (Jang, 1993) principlerine tiykarlangan bolıp, olar anıq emes logikanıń interpretaciyalanıwın neyron tarmaqlı úyreniw menen birlestiredi. Qońıraw tárizli úleslik funkciyası lingvistikalıq atamalar arasında tegis ótiwlerdi támiyinleydi, al Takagi-Sugeno qaǵıydaları bolsa riskti bahalaw sıyaqlı regressiya máselelerine saykes keletuǵın kiriwlerdiń sıızıqlı kombinaciyaların támiyinleydi [2, 3, 8].

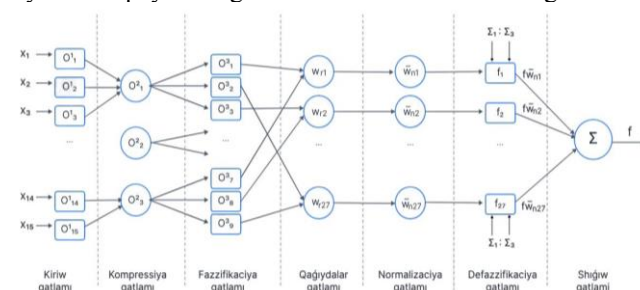
Buzǵınshılardı qorǵalıwshı obyektı anıqlaw yamasa onnan paydalanıw imkaniyatın beriwshı atributlar sıpatında belgilengen maskasız qásiyetleri informaciya qáwipsizliginde úlken qáwip tuwdıradı. Pikirimizge programmalıq támiynat versiyaların anıqlaytuǵın HTTP server header yamasa ázzi orınların xabarlaytuǵın eskirgen SSL protokolların mısıl qılıp keltirsek boladı. Koefficientlerge tiykarlangan kóz-qaraslar sıyaqlı dásturiy usullar kóbinese qáwipsizlikti bahalawǵa tán bolǵan anıqsızlıq hám tolıq emes maǵlıwmatlardı esapqa almaydı, bul bolsa optimal emes anıqlawǵa alıp keledi (Korochentev hám Pavlenko, 2020). Neyro-anıq emes model bul sheklewlerdi tómendegiler arqalı saplastıradı:

- Anıq emes logika. "Tómen," "Ortasha" hám "Joqarı" sıyaqlı lingvistikalıq atamalar járdeminde anıq emes yamasa tolıq emes dálillerdi (máselen, serverdiń tolıq emes atı) modellestiriw;
- Neyron tarmaqları. Maǵlıwmatlardan quramalı úlgerlerdi úyreniw, oqıtıw arqalı ózgerip atırǵan qáwiplerge beyimlesiw;
- Gibrid integraciya. Qaǵıydalarǵa tiykarlangan juwmaqlaw ushın anıq emes juwmaqlawdı parametrlerdı

sazlaw ushın neyron tarmaqtı optimallastırıw menen birlestiriw.

Model kiriw sıpatında veb-qosımshadan ajratıp alıńǵan qáwipsizlik qásiyetleri toplamın qabıl etedi hám maskasız qásiyetler sebepli ekspoziciya dárejesin kórsetiwshi 0 den 1 ge shekem bolǵan qáwip ballın shıǵaradı. Arxitektura real dúnyada jaylastırıw ushın esaplaw nátiyjeliligini optimallastırıwshı qısqartılǵan funkciyalar toplamı hám iqsham qaǵıydalar bazasın qayta islewge mólsherlengen.

Usınılıp atırǵan Neyro-anıq emes model jeti qatlamnan ibarat bolıp, olardıń hár biri kiriw qásiyetlerin qáwip-qáter bahasına aylandırıwda belgili bir wazıypanı atqaradı. Adaptiv neyro-anıq emes juwmaq shıǵarıw sistemaları tiykarında payda bolǵan struktura súwrette keltirilgen.



1-súwret. Neyro-anıq emes model strukturası.

Hár bir qatlamnıń tutqan ornı, matematikalıq tiykarı hám usı izertlew ushın beyimlesiwleri tómendegishe tiykarlap ótemiz.

Kiriw qatlami dárejesi X-Powered-By headerdiń bar ekenligi yamasa qáwipsiz cookie konfiguraciyası sıyaqlı veb-qosımshadan ajratıp alınatuǵın qáwipsizlik qásiyetleriniń tenzorın qabıl etedi. Bul ámelge asırıwda kiriw 15 funkciyadan ibarat. Olar programmalıq (mısıl, CMSti anıqlaw), konfiguraciya hám kriptografiyalıq