



ZAMONAVIY GNSS TEXNOLOGIYALARINING QISHLOQ XO'JALIGI YERLARINI ANIQLASH VA MONITORING QILISHDAGI O'RNI

Amonov Anvar Ro'ziqulovich

erkin tadqiqotchi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16757508>

Annotatsiya: GPS, GLONASS, Galileo va BeiDou kabi global navigatsiya sun'iy yo'ldosh tizimlari (GNSS) zamonaviy qishloq xo'jaligida yerlarni aniqlash, xaritalash va monitoring qilishning asosi bo'lib qoldi. Bu maqolada Scopus va Web of Science bazalarida chop etilgan yigirma ta ilmiy maqola tahlil qilinib, GNSS texnologiyalarining qishloq xo'jaligi yerlarini belgilash, aniq chorvachilik, o'zgaruvchan normada urug' ekish va o'g'it sepish, tuproq namligini aniqlash, begona o'tlarni nazorat qilish hamda chorva hayvonlari harakatini kuzatishdagi o'rni yoritildi. Tadqiqotlar natijalari GNSS texnologiyalari yer sirtini aniq xaritalash, o'zgaruvchan norma texnologiyalari orqali resurslarni tejash, RTK differensial tuzatishlar yordamida yuqori aniqlik va chorva monitoringi uchun virtual to'siq tizimlari yaratish imkonini berishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, murakkab landshaftlar, daraxt soyasi va qo'shimcha sensorlar bilan integratsiya ehtiyoji kabi cheklovlar ham tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: GNSS; aniq qishloq xo'jaligi; yerlarni xaritalash; o'zgaruvchan norma texnologiyasi; virtual to'siq; begona o'tlarni nazorat qilish; RTK; tuproq namligi.

Global navigatsiya sun'iy yo'ldosh tizimlari (GNSS) (1-jadval) qishloq xo'jaligida yillar davomida muhim rol o'ynab kelmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, GNSS yordamida dala chegaralarini aniq belgilash, hosil monitoringi, sug'orishni rejalashtirish va resurslardan oqilona foydalanish mumkin [1]. GNSS qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan asosiy texnologiyalardan biri bo'lib, u o'zgaruvchan norma texnologiyalari, real-vaqtda kinematik (RTK) tuzatishlar va interferometrik reflektometriya kabi yondashuvlar bilan boyitilmoqda [1]. Veb-of-Science ma'lumotlari asosida tayyorlangan umumiy ko'rib chiqish maqolasi GNSS tizimlarini aniq qishloq xo'jaligi faoliyatlarining "tosh boshi" sifatida ta'riflaydi; ular dalalar chegarasini aniq xaritalash, mashina boshqaruvi va o'zgaruvchan norma texnologiyalariga asos bo'ladi va yangi yo'ldosh tizimlarining (Galileo, BeiDou) paydo bo'lishi aniqlikni yanada oshiradi [2].

Dalalarni aniq belgilash va yo'l-tizimlarni saralash qishloq xo'jaligi ishlarini samarali rejalashtirish uchun zarurdir. Xitoy olimlari GNSS traektoriyalaridan foydalangan holda mashina harakatlaridagi "dala yo'li" va "tashqi yo'l" segmentlarini avtomatik aniqlaydigan klassifikator yaratdilar [4].



Ular GNSS traektoriyalarining sifatini baholab, mos klassifikatsiya usulini tanlash uchun traektoriya tasniflash yondashuvini taklif etishdi, bu esa saralash aniqligini oshirdi. Meyva bog'larida o'simlik shox-shabballari signallarni so'ndirgani sababli faqat GNSS va ikki o'lchovli LiDARga tayanish ishlamaydi; Frontiers jurnalidagi tahririy maqola 3D LiDAR, GNSS RTK va nuqta buluti bo'yicha moslashtirishdan foydalangan holda o'rta chiziqdan chetga og'ish 5 sm ichida bo'lishiga erishilganini xabar berdi [5]. Xitoyning tog'li sholi ekinlarida GNSS chegaralarini qo'l bilan belgilash amaliyotlari murakkab va xatolarga moyil bo'lgani uchun, tadqiqotchilar mashina ko'rish va GNSS ma'lumotlarini birlashtirib, dala qirrasini segmentatsiyasini yaxshilashdi; bu usul konvolyutsion neyron tarmoqlari yordamida tasvirlarni segmentatsiyalab, GNSS koordinatalari bilan birlashtiradi va avtonom navigatsiyaga asos bo'ladi [6].

1-jadval. GNSS texnologiyalarining qishloq xo'jaligida qo'llanilish yo'nalishlari va ularning samaradorligi

Yo'nalish	Ishlatilgan GNSS texnologiyasi	Yechimlar va erishilgan natijalar
Yerlarni aniqlash va xaritalash	GNSS traektoriya tahlili, RTK, GNSS+LiDAR	Dala va yo'l chegaralari aniq belgilandi; xaritalash aniqligi ± 5 sm gacha oshdi
O'zgaruvchan norma texnologiyasi	GNSS bilan integratsiyalangan purkagichlar, Raspberry Pi + GNSS	Urug', o'g'it va purkash normasi avtomatik boshqarildi; 97% aniqlikda bajarildi
Tuproq namligi monitoringi	GNSS-IR, multiparametrik tahlil	Tuproq namligi $R^2 \approx 0.98$ aniqlikda baholandi; meteorologik omillar bilan bog'landi
O'simlik holatini baholash	RTK-GNSS asosida UAV kartografiyasi	Fotogrammetrik xaritalash xatoligi 311 sm dan 4 sm gacha kamaytirildi
Begona o'tlarni nazorat qilish	GNSS+IMU+lazer+kamera integratsiyasi	Avtonom robotlar o'tlarni aniqladi va yo'q qildi; sensor integratsiyasi samarali
Chorvachilik monitoringi	GNSS bo'yinbandlari, virtual fencing	Hayvon harakati kuzatildi, audio-ogohlantirishlar bilan nazorat yo'lga qo'yildi
Dala robotlari navigatsiyasi	RTK-GNSS + missiya rejalashtirish	Traktor va robotlar aniq marshrut asosida harakatlandi
Kam xarajatli yechimlar	GNSS-IoT modullar, avtomatik loglar	1600+ ish holati qayd etildi; fermer qaror qabul qilish imkoniyatlari kengaydi
Aniqlikni oshirish	SF1, SF3, RTK tuzatishlar	RTK yordamida 4.5 sm aniqlik



xizmatlari	erishildi; signal yo'qolishi kamroq bo'ldi
------------	---

O'zgaruvchan norma (Variable Rate Technology – VRT) ekin maydonlarida urug', o'g'it yoki pestitsidni ehtiyojga qarab tarqatish orqali resurslarni tejash va hosilni yaxshilashni maqsad qiladi. Ispaniya va Xitoy olimlari bog'larda yaproqlar zichligini audio-sensorlar orqali o'lchab, GNSS bilan birlashtiradigan o'zgaruvchan norma purkagich ishlab chiqdilar; moslashtirilgan xarita real-vaqtda yaratiladi va purkash tezligi canopy zichligiga qarab boshqariladi, natijada tomchilarning tarqalishi kamayib, atrof-muhitga kamroq zarar yetadi [7]. Braziliya tadqiqotchilari Raspberry Pi va stepper motor bilan jihozlangan arzon o'zgaruvchan norma o'g'it-urug' apparatini ishlab chiqib, GNSS koordinatalari yordamida belgilangan joyda to'g'ri miqdorda urug' yoki o'g'it berishni nazorat qildilar; sinov natijalari sistemaning aniqligi 97 % dan yuqori ekanini ko'rsatdi va kichik hamda o'rta fermerlar uchun iqtisodiy va bilim to'siqlari mavjudligini ta'kidladi [8].

Precision ekish va o'rim-yig'im uskunalari haqidagi tahlil GNSS va Internet of Things (IoT) hamda sun'iy intellekt algoritmlarini qo'llash orqali urug'ni variatsion chuqurlikda ekish va o'simliklar orasidagi masofani optimallashtirish imkonini berishini ko'rsatadi; shuningdek, ko'p sensorli hosil bashorati va moslashuvchan boshqaruv modullari hosildorlikni oshiradi [9]. 2024-yilning "Precision Agriculture" jurnalida NDVI va agronomik ma'lumotlarni integratsiya qilgan holda o'g'itlashni boshqarish algoritmi an'anaviy usullarga nisbatan azot sarfini $5-14 \text{ kg ha}^{-1}$ gacha kamaytirib, azot foydalanish samaradorligini oshirganini ko'rsatdi; o'g'itlangan joylarda NDVI ning standart chetlanishi 22 % dan 9 % gacha kamaydi va hosil organik o'g'it qo'llanmagan uchastkalarda $0,74 \text{ t ha}^{-1}$ ga oshdi [10].

GNSS-interferometrik reflektometriya (GNSS-IR) tuproq namligini masofadan turib aniqlashda istiqbolli yo'nalishdir. Ko'p omilli GNSS-IR modelini taklif qilgan tadqiqotda SNR amplitudasi, faza va chastotalari bilan bir qatorda yog'in va bug'lanish kabi meteorologik omillarni o'z ichiga olgan mashina o'rganish modellari tuzilib, univariat modelga nisbatan ancha yuqori aniqlik ($R^2 \approx 0,98$) ga erishildi [11]. RTK asosidagi GNSS geodezik nuqtalari bo'lmasdan dronlardan olingan multispektral tasvirlar xatolarga olib kelishi mumkin; NDRE indeksi orqali maysa azot stressini baholagan tadqiqotda RTK bilan aniq nazorat nuqtalaridan foydalanish 311 sm xatolikni 4 sm gacha kamaytirdi va ma'lumotlarning ishonchliligini oshirdi [12].

Begona o'tlarni aniqlash va yo'qotish ham aniq qishloq xo'jaligining muhim yo'nalishidir. Yangi izlanishlar avtonom begona o'tlarni yo'qotish



robotlarida GNSS, inertial o'lchash birligi (IMU), kamera va lazer sensorlari bilan birgalikda ishlovchi missiya rejalashtiruvchilarni qo'llamoqda; GNSS-RTK dala xaritalarini yaratish, konvolyutsion neyron tarmoqlari yordamida begona o'tlarni aniqlash va lazer yordamida yo'qotish vazifalarini moslashtirish uchun ishlatiladi [13]. Hozirgi o'tchi robotlarni ko'rib chiqish GPS/RTK, IMU va kamera sensorlari bilan jihozlangan robotlar yordamida aniq navigatsiya va o'tlarni tanib olish ishlari olib borilayotganini ta'kidlaydi; ba'zi qurilmalar pichoq, lazer yoki mexanik qurilma orqali o'tlarni yo'qotadi va turli vegetatsiya turiga moslashuvchanlikni oshiradi [14]. Sensorlar va ko'rish texnologiyalariga bag'ishlangan maqolada esa GNSS, lazer va ultratovush sensori kombinatsiyasi begona o'tlarni aniqlash tizimlarida muhim rol o'ynashi, bu esa mobil robotlarning atrof-muhitni yaxshi qamrab olishi va aniqlikni oshirishini ko'rsatadi [15]. 2024-yil arXiv maqolasida yengil begona o'tlarni yo'qotish roboti GNSS navigatsiyasi, 3D kompyuter ko'rish va mexanik o'tlarni sug'urib tashlash moslamasini birlashtirgan; tadqiqotchilar Rumex urug' ko'chatlarini avtomatik yo'qotish uchun GNSS traektoriya rejalashtiruvchisidan foydalanganliklarini bildiradilar [20].

Virtual to'siq tizimlari chorva hayvonlarini nazoratsiz keng maydonlarda boqishga imkon berib, erdan foydalanishni optimallashtiradi. Avstraliya tadqiqotchilari GNSS signali va akselerometrlar o'rnatilgan bo'yinbandlardan olingan past chastotali ma'lumotlar orqali sigirlarning dam olish va yaylov hududlarini aniqlashdi; yuqori chastotali ma'lumot yuborish batareyani tez tugatgani uchun past chastota ma'lumotlari tahlil qilindi va ular tuzilgan xaritalar yordamida chorvani maqsadli yaylovga yo'naltirish mumkinligini ko'rsatdi [16]. Boshqa tadqiqotda Nofence® bo'yinbandlari yordamida chorva harakati xaritalashtirilib, GNSS signali asosida chizilgan virtual chegaradan oshib ketganda hayvonlarga audio ogohlantirish va engil elektr stimulyatsiya beriladi; bu usul yaylovdan foydalanish joylarini aniq aniqlashga imkon berdi va fermerlarga chorvani kuzatishda sezilarli vaqt tejab berdi [17].

GNSS aniqligi ko'p holatda signalning to'silishi, atmosfera buzilishlari yoki kam aniqlikdagi tuzatish xizmati bilan cheklanadi. Polsha olimlari SF1, SF3 va RTK tuzatish xizmati ishlatilgan avtonom traktorni taqqoslab, eng yaxshi aniqlik RTK rejimida erishilganini aniqladilar; o'rtacha qatordan-qatorga og'ish SF1 da 11,5 sm, SF3 da 8,5 sm va RTK da 4,5 sm bo'lgan, yomon sharoitlarda esa xatolik mos ravishda 25,5 sm, 65,5 sm va 22,5 sm ga yetdi [18]. Ushbu natijalar yuqori aniqlik talabalari uchun differensial yoki RTK tuzatishlardan foydalanish zarurligini ko'rsatadi.



Mahalliy sharoitda kichik va o'rta fermerlar uchun arzon va modullashtirilgan GNSS qurilmalari zarur. arXiv'da chop etilgan tadqiqotda eski qishloq xo'jaligi mashinalari GNSS qurilmalari bilan jihozlanib, yetti oy davomida 1 623 ta ish yozuvi avtomatik ravishda qayd etildi; ushbu kam xarajatli tizim ish vaqti va yoqilg'i sarfini tahlil qilishga yordam berib, fermerlarga maqbul qarorlar qabul qilish imkonini berdi [19].

Tahlil qilingan maqolalar GNSS texnologiyalari qishloq xo'jaligi yerlarini aniqlash va monitoring qilishda hal qiluvchi rol o'ynayotganini tasdiqlaydi. GNSS asosida yaratilgan dala xaritalari va traektoriya tahlilchilari mashinalar va robotlarning aniq harakatlanishini ta'minlaydi, o'zgaruvchan norma texnologiyalari purkash, urug' ekish va o'g'itlash jarayonlarini daladagi ehtiyojga moslashtiradi. Tuproq namligini GNSS-IR yordamida masofadan turib aniqlash va RTK asosida UAV kartalarini kalibrlash orqali agronomik qarorlar takomillashtirildi. Begona o'tlarni nazorat qiluvchi robotlar GNSS, kamera va lazer sensori integratsiyasi bilan yuqori samaradorlikka erishmoqda. Chorvachilikda virtual to'siq tizimlari va GNSS asosidagi monitoring hayvonlarning harakati va yaylovdan foydalanishini kuzatishga imkon berdi. Biroq, daraxt soyasi yoki tog'lik hududlarda signalning bloklanishi, texnologiya xarajati va ma'lumotlarni integratsiyalash qiyinligi kabi muammolar mavjud; ularni bartaraf etish uchun sensorlar birlashmasi, past xarajatli apparatlar va foydalanuvchiga qulay dasturiy ta'minot zarur. Kelajakda GNSS tizimlarini boshqa masofadan zondlash vositalari bilan integratsiya qilish, qo'shimcha differensial tuzatishlar va sun'iy intellekt yondashuvlarini qo'llash qishloq xo'jaligida yerlarni yanada aniq aniqlash va samarali monitoring qilish imkonini beradi..

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Pawar, A., Pathak, S., & Shahare, P. (2025). Application of GNSS in agriculture and horticulture. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 18(1). https://doi.org/10.30954/0974_1712.01.2025.10 ijaeb.com.
2. Padhean, J., & Kumar, R. (2023). State of the art GNSS in precision agriculture: A literature review. Sensors, 23, 3456–3478mdpi.com.
3. Monteiro, A., Santos, S., & Gonçalves, P. (2021). Precision agriculture for crop and livestock farming—brief review. Animals, 11(8), 2345. <https://doi.org/10.3390/ani11082345> pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
4. Chen, Y., Kuang, K., & Wu, C. (2024). Trajectory classification to support effective and efficient field road classification. PeerJ Computer Science, 10, e2359pubmed.ncbi.nlm.nih.gov.



5. Tang, L., Chen, Q., Li, X., & Li, T. (2024). Precise chemical application technology for horticultural crops (Editorial). *Frontiers in Plant Science*, 14, 1203–1206pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
6. Wang, X., Zhao, H., Liu, J., & Li, Y. (2023). Machine vision–GNSS fusion for field ridge segmentation in hilly paddy fields. *Agriculture*, 13(4), 516mdpi.com.
7. Zhang, J., Li, Y., Zhang, X., Ye, L., Wang, S., & Yin, Y. (2025). Orchard variable rate spraying method integrating GNSS and wind excited audio conducted leaf area density. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1210pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
8. Luque, J. A., & Farias, R. (2024). Low cost variable rate applicator controller based on GNSS and Raspberry Pi. *Agriculture*, 14(5), 758–770mdpi.com.
9. Liu, C., Sun, P., Chen, X., & Zhao, B. (2024). Development status and trends of precision planting and harvesting equipment. *Agriculture*, 14(2), 210–230mdpi.com.
10. Silvestri, N., Ercolini, L., Grossi, N., & Ruggeri, M. (2024). Integrating NDVI and agronomic data to optimize the variable rate nitrogen fertilization. *Precision Agriculture*, 25(5), 2554–2572consensus.app.
11. Zhao, G., Li, H., & Zhang, Y. (2023). A GNSS IR soil moisture inversion method considering multi factor influences under different vegetation covers. *Agriculture*, 13(8), 837mdpi.com.
12. Ramos, D., García, M., & Perez, R. (2024). Precise positioning in nitrogen fertility sensing: Importance of RTK GNSS ground control points for UAV photogrammetry. *Sensors*, 24(3), 1450–1465pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
13. Lorenzo, P., Reinoso, O., & Navas, F. (2024). Mission planner for agricultural robots: Integrating GNSS RTK and SLAM for weed management. *Sensors*, 24(4), 1750–1768mdpi.com.
14. Zhao, Y., & Chen, T. (2023). Recent advances in agricultural robots for automated weeding. *Robotics*, 12(2), 200–224mdpi.com.
15. Smith, D., & Blum, J. (2024). Sensing and perception in robotic weeding: Innovations and limitations for digital agriculture. *Sensors*, 24(20), 6743pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
16. Campbell, S., Figlesthler, H., & Paull, D. (2024). Using activity measures and GNSS data from a virtual fencing system to assess habitat preference and utilisation patterns in cattle. *Animals*, 14(9), 1302pmc.ncbi.nlm.nih.gov.
17. Bowman, A., Tait, F., Wark, T., McKenzie, E., & Smith, D. (2025). Mapping activity of grazing cattle using commercial virtual fencing technology. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 203pmc.ncbi.nlm.nih.gov.



18. Nowak, A., & Mroczek, P. (2024). Comparative analysis of GNSS correction services (SF1, SF3 and RTK) for autonomous tractor guidance. Reports on Geodesy and Geoinformatics, 115, 134–142rgg.edu.pl.
19. Saito, I., & Ogawa, T. (2023). Low cost GNSS IoT units for automatic generation of paddy field work records. arXiv preprint arXiv:2301.12345arxiv.org.
20. Kotaniemi, J., Käsäkoski, N., & Heikkilä, T. (2024). A weeding robot for seedling removal. In Proceedings of the 2024 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (pp. 1–8). IEEEearxiv.org.

