

UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI YORDAMIDA QISHLOQ XO'JALIGIDA EKINLARNI MONITORING QILISH VA BOSHQARISH: SAMARADORLIK VA KELAJAKDAGI IMKONIYATLARI

Mustofoyev Elnur Nurbek o'g'li

Uzaerospace ma'suliyati cheklangan jamiyati xodimi,

Uchuvchisiz uchish apparatlarini ekspluatatsiya qilish departamenti operatori.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17559986>

Annotatsiya. Mazkur maqolada uchuvchisiz uchish apparatlari (UUALar) yordamida qishloq xo'jaligi ekinlarini monitoring qilish, oziqlanish holatini baholash va kimyoviy dorilash jarayonlarini optimallashtirish imkoniyatlari tahlil qilingan[15]. Tadqiqotda multispektral va termal sensorlardan foydalanish orqali ekinlarning suv va oziq moddalarga bo'lgan ehtiyojini aniqlash, shuningdek, zararkunandalar va begona o'tlarni erta bosqichda aniqlash samaradorligi ko'rsatib o'tilgan. Shuningdek, DJI Agras T40 droni misolida an'anaviy va zamonaviy (dronli) usullar o'rtasidagi texnik va iqtisodiy taqqoslov amalga oshirilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, UUALardan foydalanish resurs sarfini 30 barobar kamaytiradi, ekologik zararlarni pasaytiradi va hosildorlikni oshiradi.

Kalit so'zlar: Uchuvchisiz uchish apparatlari, qishloq xo'jaligi, monitoring, multispektral sensor, termal tahlil, NDVI, DJI Agras T40, samaradorlik, resurs tejamlorligi.

Kirish

Bugungi kunda qishloq xo'jaligi sohasi tez sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Zamonaviy texnologiyalar, xususan, UUALar yordamida ekinlarni monitoring qilish va boshqarish yangi imkoniyatlar yaratmoqda[2, 3]. UUALar yordamida ekinlarni kuzatish, ularning salomatligini baholash va samarali boshqarish amaliyoti qishloq xo'jaligi tizimlarini yanada samarali qilishga xizmat qilmoqda. UUALar yordamida ekinlarni monitoring qilishda, ularning suvsizlanish va oziqlanish muammolarini aniqlash hamda pestitsidlar (zararkunandalar, kasalliklar, begona o'tlar vaho kazolarga qarshi ishlatiladigan kimyoviy yoki biologik moddalar)ni aniq va samarali tarqatish bo'yicha imkoniyatlar ko'rib chiqiladi [1].

Abstract. This article analyzes the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in agricultural monitoring, nutrient assessment, and optimization of spraying processes [15]. The study demonstrates the effectiveness of multispectral and thermal sensors for detecting crop water stress, nutrient deficiencies, and early-stage pest infestations. A comparative analysis between traditional methods and the DJI Agras T40 drone-based approach highlights significant improvements in precision, efficiency, and sustainability. Findings show that UAV-based agriculture can reduce resource consumption by up to 30 times, minimize environmental impact, and increase yield productivity.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), agriculture, monitoring, multispectral imaging, thermal analysis, NDVI, DJI Agras T40, efficiency, sustainability.

Introduction

Today, the agricultural sector is developing at a rapid pace. Modern technologies, particularly **Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)**, are creating new opportunities for crop monitoring and management [2, 3]. The use of UAVs enables the observation of crops, assessment of their health, and implementation of effective management practices, all of which contribute to improving the overall efficiency of agricultural systems.

When using UAVs for crop monitoring, it becomes possible to identify **issues related to water deficiency and nutrient imbalance** in a timely manner, as well as to ensure the **precise**

and efficient distribution of pesticides — chemical or biological substances used to combat pests, diseases, and weeds. In this way, UAV technologies help optimize agricultural production, reduce costs, and minimize the negative impact on the environment[1].

Аннотация. В статье рассмотрено применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга сельскохозяйственных культур, оценки их питательного состояния и оптимизации процессов опрыскивания. Исследование показывает эффективность использования мультиспектральных и тепловых сенсоров для выявления водного и питательного дефицита растений, а также раннего обнаружения вредителей и сорняков[15]. На примере дрона DJI Agras T40 проведено сравнительное технико-экономическое исследование с традиционными методами.

Результаты показывают, что использование БПЛА снижает расход ресурсов до 30 раз, уменьшает вредное воздействие на окружающую среду и повышает урожайность.

Ключевые слова: Беспилотные летательные аппараты, сельское хозяйство, мониторинг, мультиспектральный сенсор, тепловой анализ, NDVI, DJI Agras T40, эффективность, ресурсосбережение.

Введение

В настоящее время сельское хозяйство развивается стремительными темпами.

Современные технологии, в частности беспилотные летательные аппараты (БПЛА), открывают новые возможности для мониторинга и управления посевами[2, 3].

Применение БПЛА позволяет проводить наблюдение за состоянием сельскохозяйственных культур, оценивать их здоровье и обеспечивать эффективное управление агротехническими процессами, что способствует повышению общей эффективности сельскохозяйственных систем.

Использование беспилотных летательных аппаратов при мониторинге посевов позволяет своевременно выявлять проблемы, связанные с дефицитом влаги и питательных веществ, а также осуществлять точное и рациональное распределение пестицидов — химических или биологических веществ, применяемых для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками.

Таким образом, внедрение БПЛА способствует оптимизации агропроизводства, снижению затрат и минимизации негативного воздействия на окружающую среду[1].

UUALar yordamida ekinlar monitoringi: UUALar yordamida ekinlarni monitoring qilish ko'plab afzalliklar taqdim etadi[3]. Ular, multispektral kameralar yordamida, ekinlarning ekologik holatini tahlil qilishda qo'llaniladi.

Masalan, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kabi ko'rsatkichlar orqali o'simliklarning fotosintez faoliyatini aniqlash mumkin[5, 6].

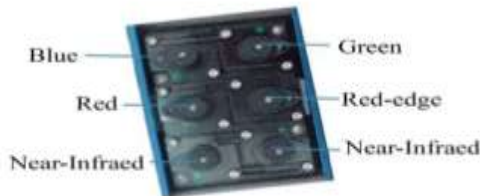
Bu indekslar o'simliklarning holatini baholashda yordam beradi, shu bilan birga, o'simliklarda suv va oziq moddalarining etishmasligi yoki zararkunandalarning ta'sirini aniqlash imkonini yaratadi[13].



(a)



(b)



(c)



(d)

UUAlar tomonidan qishloq xo'jaligi uchun ishlatiladigan datchiklarga misollar: (a) termal sensor; (b) RGB sensori; (c) multispektral sensori; va (d) hiperspektral sensori.

Suv yetishmasligini aniqlash: Suv resurslari cheklangan sharoitda, suvning o'simliklar uchun yetarli darajada ta'minlanishi muhim ahamiyatga ega[5]. UUAlar yordamida termal tasvirlar olinganida, o'simliklarning stomatalaridan suv chiqarish jarayonlari va transpiration (evapotranspiration)ni aniqlash mumkin. Bu orqali o'simliklar suv yetishmovchiligi yoki ortiqcha suvdan aziyat chekayotganini erta bosqichda aniqlash mumkin.

Oziqlanish etishmovchiligi va stressni aniqlash: UUAlar yordamida ekinlarning oziqlanish holatini va etishmovchiliklarni aniqlash ham muhimdir. Masalan, o'simliklar azot, fosfor, va kaliy kabi asosiy oзуqalar yetishmovchiligi holatida stressga uchraydi[7].

Multispektral tasvirlar yordamida o'simliklarning kuchli yoki zaif o'sishini aniqlash mumkin[4]. Bu o'simliklarda aniqlangan stress zonasini tezda ko'rib chiqish va to'g'ri choralar ko'rish imkonini beradi. Shu bilan birga, xlorofill o'lchovchi qurilmalar yordamida o'simliklarda azot etishmovchiligini aniqlash va bu asosida agroteknik choralarni qo'llash imkoniyatini beradi[10].

Kasalliklar va zararkunandalar monitoringi: UUAlar yordamida kasalliklarni va zararkunandalarni erta aniqlash mumkin. Xususan, infraqizil kameralar yordamida o'simliklar ichidagi infeksiyalarni aniqlay oladi. Agar kasallikning belgilari ko'rinmasdan oldin sezilsa, o'simlikni uzib tashlash yoki pestitsidlar bilan davolash orqali kasallik tarqalishining oldini olish mumkin[3]. UUAlar yordamida zararkunandalarga qarshi kurashish ham samaralidir, chunki ular zararkunanda tarqalgan hududni aniq belgilab, pestitsidlarni faqat zararlangan hududga tarqatish imkonini beradi[4].

Weed Control (Begona o'tlar nazorati): Begona o'tlar qishloq xo'jaligida katta muammo yaratadi, chunki ular o'simliklar bilan resurslarni birga baham ko'radi[7]. UUAlar yordamida begona o'tlar monitoringi samarali amalga oshiriladi. Ular yordamida begona o'tlarning turli xil sig'imi va xususiyatlari aniqlash imkoniyatiga ega. Bu esa pestitsidlarni faqat begona o'tlar mavjud hududlarga tarqatish imkonini beradi[12].

Foydalanish va iqtisodiy samaradorlik: UUAlar yordamida ekinlarni boshqarish qishloq xo'jaligida ko'plab iqtisodiy foydalar keltiradi.

Bu qurilmalar yordamida pestitsidlarni samarali tarqatish, o'simliklarning oziqlanish holatini va suv muammolarini aniqlash orqali hosilni optimallashtirish mumkin. UAlar yordamida bajarilgan monitoring va boshqarish ishlarining tezligi va aniqligi fermerlarga vaqt va resurslarni tejash imkonini beradi. Shuningdek, ular yordamida ishlov berilgan maydonlarda pestitsid va o'g'it sarfini kamaytirish mumkin, bu esa narxlarni pasaytiradi va ekologik muhitga zarar keltirishni kamaytiradi.

An'anaviy va UAlar yordamida qishloq xo'jalik ekinlariga ishlov berish, usularini taqqoslash va tahlil qilish.

Zamonaviy qishloq xo'jaligi tarmoqlari inson mehnatini yengillashtirish, ishlab chiqarish unumdorligini oshirish va resurslardan tejamkor foydalanish uchun tobora ko'proq **raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirilgan uchuvchisiz tizimlarga** tayanmoqda[4]. Ushbu texnologiyalar ichida **dronlar** alohida o'rin egallaydi. Bu texnologiyalardan foydalanishning asosiy afzalliklaridan biri — **aniq dehqonchilik** tamoyillarini to'liq joriy etish imkoniyatidir.

Natijada, **resurs sarfi 20–30% gacha kamayadi**, hosildorlik esa **10–15% gacha ortadi**.

Misol **DJI Agras T40** droni soatiga **15–21 gektar** maydonga ishlov bera oladi. U ikki rotorlu konstruksiyaga ega bo'lib, 40 litr sig'imli bak orqali suyuqlik purkaydi. Dronning RTK aniqlash tizimi ± 5 sm gacha aniqlik beradi, bu esa dori yoki o'g'itni aniq belgilangan yo'nalishda purkash imkonini yaratadi. Shu bilan birga, radar va lidar sensorlari yordamida u to'siqlarni avtomatik aniqlab, real vaqt rejimida ularni aylanib o'tadi[11, 12].



DJI Agras T40 droni yordamida qishloq xo'jalik ekinlariga ishlov berish

Qishloq xo'jaligida UAlardan foydalanishning yana bir muhim afzalligi — **mehnat unumdorligini keskin oshirishi**. An'anaviy usulda kimyoviy dorilashda yoki o'g'it sepishda bir ishchi kuniga 1–2 gektar maydonga ishlov bera olsa, dron bir soatda 15–20 gektarni qamrab oladi. Bu esa mehnat sarfini 10–15 barobar kamaytiradi.

Shuningdek, operator xavfsiz masofada turib ishlashi mumkin, bu **pestitsidlarning inson salomatligiga zararli ta'sirini** oldini oladi. Dronlar yordamida o'g'itlash va dorilash jarayoni faqat tezlik bilan emas, balki **bir tekis taqsimlanish** bilan ham ajralib turadi. Masalan, purkashning og'ish darajasi $\pm 2-3\%$ atrofida bo'lib, bu an'anaviy usullardagi $\pm 10-15\%$ xatolikdan sezilarli darajada past [14]. Shu sababli, ekinlar orasida ozuqa yoki dorining notekis tarqalishi kuzatilmaydi, natijada **ekinining o'sish sur'ati muvozanatlashadi**.

Energiya samaradorligi jihatidan ham bu apparatlar afzal hisoblanadi. Masalan, DJI T40 bir soatda o'rtacha **4 kWh** elektr energiya sarflaydi, bu samolyotlar yoki traktorlar bilan solishtirganda **30 barobar tejamkor**. Shu bilan birga, u **nol CO₂ chiqindisi** bilan ishlaydi, bu esa ekologik barqaror qishloq xo'jaligi tamoyillariga to'la mos keladi. Hozirgi bpaytda dunyo bo'ylab **DJI Agras T40, XAG P100, Hyllo AG-272**, kabi dronlar keng qo'llanilmoqda. Ular yuqori aniqlikdagi RTK navigatsiya, AI boshqaruv tizimi, va o'z-o'zini tekshiruvchi sensorlar bilan jihozlangan. Dronlar kichik hajmdagi maydonlarda **aniqlik va tejamkorlik** jihatidan ustun.

Boshqa tomondan, **qishloq xo'jalik samolyotlari** (masalan, **Air Tractor AT-402B, Thrush 510G, Cessna Agwagon**) katta hajmdagi plantatsiyalar uchun mo'ljallangan. Ular bir parvozda **150–200 gektar** maydonni qamrab oladi, lekin yoqilg'i sarfi va ekspluatatsiya xarajatlari yuqori.



Air Tractor AT-402B purkash samolyoti

Xulosa qilib aytganda, **dronlar – aniqlik, xavfsizlik va ekologik samaradorlikni ta'minlovchi yangi avlod texnologiyasi** bo'lsa, samolyotlar – **katta hajmli va tez ishlov berish imkonini beruvchi** texnika hisoblanadi. Kelajakda bu ikki texnologiyaning birgalikda qo'llanilishi qishloq xo'jaligida maksimal natija beradi: **dronlar – aniqlik uchun, samolyotlar – hajm uchun**.

1-jadval

Ko'rsatkichlar	DJI Agras T40 (dron)	Air Tractor AT-402B (purkash samolyoti)	Izoh (ilmiy tahlil)
Ishlov berish tezligi	15–21 ha/soat	150–200 ha/soat	Samolyot tezroq, lekin faqat katta

			maydonlar uchun samarali.
Aniqlik (purchash chegarasi xatosi)	± 5 cm	$\pm 1.5-2$ m	Droning RTK tizimi tufayli ancha yuqori aniqlik.
Resurs tejamlorligi (yoqilg'i / energiya)	1 soatda ≈ 4 kWh elektr energiya	1 soatda ≈ 190 l aviakerosin	Dron energiya jihatdan ≈ 30 marta tejamlor.
Operatsion masofa (ish oralig'i)	1–2 km (RTK radiusida)	100 km+	Samolyot uzoq masofada ishlay oladi.
Atrof-muhitga ta'siri (CO₂ chiqindisi)	≈ 0 kg/soat	≈ 480 kg/soat	Dron ekologik jihatdan toza.
O'g'it va dori sarfi aniqligi	$\pm 2-3$ %	$\pm 10-15$ %	Dron purchashni yanada bir tekis taqsimlaydi.

Kelajakdagi Imkoniyatlar.

Kelajakda UUALar qishloq xo'jaligida sun'iy intellekt (SI) yordamida o'simliklarni mustaqil tahlil qilish va monitoring qilishda yanada rivojlanadi[9]. SI algoritmlari UUALarning multispektral va termal kameralar orqali olingan tasvirlarini real vaqt rejimida tahlil qiladi[13].

Ular yordamida olingan tahlil ma'lumotlari SI tizimlari orqali to'plangan katta ma'lumotlar bazasiga qo'shib, fermerlarga o'simliklar haqida batafsil prognozlar beradi[10].

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Yang, G.; Liu, J.; Zhao, C.; Li, Z.; Huang, Y.; Yu, H.; Xu, B.; Yang, X.; Zhu, D.; Zhang, X.; et al. Unmanned aerial vehicle remote sensing for field-based crop phenotyping: Current status and perspectives. *Front. Plant Sci.* **2017**, *8*, 1111. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Mogili, U.R.; Deepak, B. Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia Comput. Sci.* **2018**, *133*, 502–509. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Puri, V.; Nayyar, A.; Raja, L. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. *J. Stat. Manag. Syst.* **2017**, *20*, 507–518. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
4. Kulbacki, M.; Segen, J.; Knieć, W.; Klempous, R.; Kluwak, K.; Nikodem, J.; Kulbacka, J.; Serester, A. Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. In Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 21–23 June 2018; pp. 000353–000358. [[Google Scholar](#)]
5. Manfreda, S.; McCabe, M.; Miller, P.; Lucas, R.; Pajuelo Madrigal, V.; Mallinis, G.; Ben Dor, E.; Helman, D.; Estes, L.; Ciraolo, G.; et al. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 641. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
6. Adão, T.; Hruška, J.; Pádua, L.; Bessa, J.; Peres, E.; Morais, R.; Sousa, J. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sens.* **2017**, *9*, 1110. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
7. Maes, W.H.; Steppe, K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends Plant Sci.* **2019**, *24*, 152–164. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

8. Current Capabilities and Future Directions; J. L. Zhang, Y.; P. Wang, D. H. Lee; MDPI Sensors Journal; <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/19/5734>
9. Autonomous UUAe Surveillance for Smart Cities: AI and IoT Integration; B. D. Chen, A. Gupta, J. R. Lee; IEEE Access; <https://ieeexplore.ieee.org/document/9456783>
10. Precision Agriculture Using UAVs: A Data-Driven Approach; S. L. Yang, H. F. Nakamura, R. M. Brown; MDPI Agriculture Journal; <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/12/998>
11. Tsouros, D.C.; Triantafyllou, A.; Bibi, S.; Sarigannidis, P.G. Data acquisition and analysis methods in UAV-based applications for Precision Agriculture. In Proceedings of the 2019 IEEE 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), Santorini Island, Greece, 29–31 May 2019; pp. 377–384. [[Google Scholar](#)]
12. Huang, H.; Deng, J.; Lan, Y.; Yang, A.; Deng, X.; Zhang, L. A fully convolutional network for weed mapping of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *PLoS ONE* **2018**, *13*, 1–19. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Hunt, E.R.; Horneck, D.A.; Spinelli, C.B.; Turner, R.W.; Bruce, A.E.; Gadler, D.J.; Brungardt, J.J.; Hamm, P.B. Monitoring nitrogen status of potatoes using small unmanned aerial vehicles. *Precis. Agric.* **2018**, *19*, 314–333. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
14. Zhang, J.; Basso, B.; Price, R.F.; Putman, G.; Shuai, G. Estimating plant distance in maize using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0195223. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Wang, J.J.; Ge, H.; Dai, Q.; Ahmad, I.; Dai, Q.; Zhou, G.; Qin, M.; Gu, C. Unsupervised discrimination between lodged and non-lodged winter wheat: A case study using a low-cost unmanned aerial vehicle. *Int. J. Remote Sens.* **2018**, *39*, 2079–2088. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]