

UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARINI KARTOGRAFIYA, GEODEZIYA SOHALARIDGI HOZIRGI O'RNI VA KELAJAKDAGI RIVOJI

Mustafoev Elnur Nurbek o'g'li

Toshkent Davlat Transport Universiteti talabasi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17554694>

Annotatsiya. Ushbu maqola uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) ning kartografiya va geodeziya sohalaridagi qo'llanilishini, ularning afzalliklarini va kelajakdagi rivojlanishini tahlil qiladi. UUAlar yordamida yer yuzasining aniq xaritalarini yaratish, topografik xaritalarni yangilash, geodezik o'lchovlar o'tkazish va ekologik monitoringni amalga oshirish imkoniyatlari mavjud. Maqolada UUA-larning yuqori aniqlikdagi kameralar, LiDAR tizimlari va GPS tizimlari yordamida qanday qilib tez va samarali ma'lumot olish mumkinligi, shuningdek, an'anaviy usullar bilan solishtirganda ular taqdim etadigan afzalliklar muhokama qilinadi.

Bunda, UUAlarning kartografiya va geodeziya sohalaridagi o'sish ko'rsatkichlari va iqtisodiy samaradorligi ham ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: UUAlar, kartografiya, geodeziya, aerofotogrammetriya, LiDAR, GPS, topografik xaritalar, geodezik aniqlik, raqamli yuzey modellari (DSM), yuqori aniqlikdagi kameralar, ekologik monitoring, tabiiy ofatlar, GIS tizimlari, shahar qurilishi, innovatsiyalar.

Аннотация. Данная статья анализирует применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в картографии и геодезии, их преимущества и будущее развитие. С помощью БПЛА можно создавать точные карты, обновлять топографические данные, проводить геодезические измерения и осуществлять экологический мониторинг. В статье рассматривается, как использование БПЛА с высокоточным оборудованием, такими как камеры, системы LiDAR и GPS, позволяет быстро и эффективно собирать данные, а также обсуждаются преимущества по сравнению с традиционными методами. Также рассматриваются показатели роста применения БПЛА в картографии и геодезии, а также экономическая эффективность их использования.

Ключевые слова: БПЛА, картография, геодезия, аэрофотogramметрия, LiDAR, GPS, топографические карты, геодезическая точность, цифровые модели поверхности (DSM), камеры высокого разрешения, экологический мониторинг, природные катастрофы, системы ГИС, городское строительство, инновации.

Annotation. This article analyzes the application of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in cartography and geodesy, highlighting their advantages and future development. UAVs enable the creation of accurate maps, updating topographic data, conducting geodetic measurements, and carrying out ecological monitoring. The article discusses how UAVs equipped with high-precision cameras, LiDAR systems, and GPS technology allow for quick and efficient data collection, as well as the advantages they provide over traditional methods. Additionally, the growth indicators of UAV usage in cartography and geodesy, along with their economic efficiency, are also examined.

Keywords: UAVs, cartography, geodesy, aerophotogrammetry, LiDAR, GPS, topographic maps, geodetic accuracy, digital surface models (DSM), high-resolution cameras, ecological monitoring, natural disasters, GIS systems, urban planning, innovations.

Kirish: Kartografiya va geodeziya sohalarida uchuvchisiz uchish apparatlari (UUAlar) texnologiyasining roli tobora ortib bormoqda. UUA-lar yer yuzasining aniq xaritalarini yaratish, topografik xaritalarni yangilash, geodezik o'lchovlar va ekologik monitoring kabi jarayonlarni soddalashtirib, vaqtni tejash imkonini beradi. Bu texnologiyalar, o'zining yuqori aniqligi va tezkor ishlash imkoniyatlari bilan, an'anaviy usullarga nisbatan katta afzalliklar taqdim etadi.

Ushbu maqola UUAarning kartografiya va geodeziya sohalarida qo'llanilishini, ularning rivojlanishini va kelajakdagi innovatsiyalarni ko'rib chiqadi.

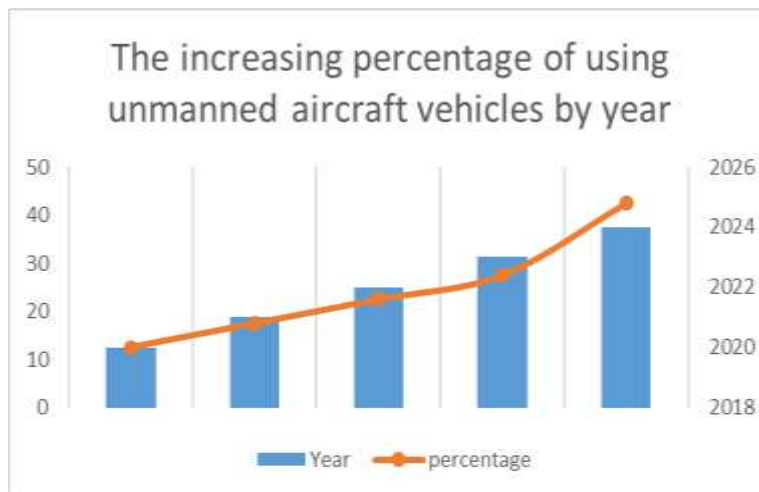
Kartografiya sohasida UUALardan foydalanish: UUAlar kartografiya va geodeziya sohalarida juda katta ahamiyatga ega bo'lib, ular yer yuzasining aniq xaritalarini yaratish, o'lchovlar qilish va topografik xaritalarni yangilash kabi turli vazifalarda qo'llaniladi[1]. Ular yordamida olingan ma'lumotlar juda yuqori aniqlikda va bu jihat aniq hamda ishonchli xaritalar yaratishga ko'makdosh bo'ladi. Shuningdek yuqori aniqlikdagi kameralar bilan jihozlangan UUA katta hududlarning yuqori sifatli tasvirlarini olishga imkon beradi[3]. Ular bilan bir necha soat ichida keng hududlarni kuzatish va xaritalash xususiyatlariga ega. Bu tezlik, an'anaviy usullar bilan solishtirganda juda katta afzallikdir, chunki UUAlar bilan ma'lumot olish jarayoni bir necha kun yoki haftalarni talab qilmaydi[4]. UUAlar ko'pincha yuqori aniqlikdagi kamera, LiDAR (Light Detection and Ranging - bu lazer nurlari yordamida masofa o'lchash va ob'ektlarning 3D tasvirlarini yaratish texnologiyasidir) tizimlari yoki multispektral sensorlarga bila jihozlangan bo'ladi, bu esa 5-10 sm geodezik aniqlikda topografik xaritalar yaratish imkonini beradi[7]. UUAlar bilan yana raqamli Yuzey Modellarini (Yuzey modeli (DSM) — bu yer yuzasining raqamli tasviri bo'lib, unda binolar, daraxtlar kabi ob'ektlar va erning yuqori sathlari ko'rsatiladi.) yaratish (DSM-Digital Surface Model) yaratish mumkin. Bu modellar geografik hududlarning uch o'lchovli tasvirlarini taqdim etadi va topografik xaritalar yaratishda foydalidir[5.10]. Bunday xaritalar yerning balandlik va pastlik joylarini, tog'lar va daryolar kabi tabiiy obyektlarni aniq tasvirlashga yordam beradi. UUAlar yordamida yer yuzasining morfologiyasini va o'zgarishlarini aniqlash ancha osonlashadi. Bunday holatda geodezik aniqlikni ta'minlash uchun GPS va boshqa navigatsiya tizimlaridan foydalaniladi. UUAlar GPS tizimlari yordamida bir necha santimetr darajasida aniqlikni ta'minlashi mumkin [9]. Ular yordamida harakatlanuvchi va noqulay hududlarni kuzatish imkoniyati mavjud. Masalan, o'rmonlar, tog'lar, suv havzalari kabi hududlarda kartografik monitoringni amalga oshirish uchun UUAlar samarali vosita bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, ekologik monitoring va tabiiy ofatlarni kuzatishda ham foydalidir.

UUALari yordamida kartografiya va geodeziyada amalga oshirilgan ishlar salmog'i:

Dunyodagi kartografiya va geodeziya sohasida UUAlar yordamida amalga oshiriladigan ishlar tobora kengayib, o'sib bormoqda. Oxirgi 5 yil (2020-2024- yillar oralig'ida) ichida bu texnologiyalardan foydalanishning o'sishi tahminan 30-40% ni tashkil etadi. Bu esa UUAarning kartografiya sohasidagi samaradorligini va imkoniyatlarini yanada oshiradi. Bu ulush kartografiya va geodeziyaning tahminan 25-30% tashkil qiladi. Buni global miqyosda ko'rsak quyidagicha bo'ladi:

1-jadval

Yil	O'sish %
2020	12.5 %
2021	17.5 %
2022	22.5 %
2023	27.5 %
2024	42.5 %



UUALardan geodeziya va kartografiya sohasida foydalanishning global o'sish ko'rsatkichi

Kartografiya va geodeziya ishlarini amalga oshirishda iqtisodiy samaradorlik:

UUAning xizmat narxi bu sohada **texnik vositalar** va **ularni qo'llash** sharoitlariga qarab farq qiladi. Ular yordamida amalga oshirilgan o'lchovlar, aerofotogrammetriya, LIDAR va GIS xizmatlari narxi odatda yuqori bo'ladi. Kartografiya va geodeziya ishlari uchun UUALar, samolyotlar va vertolyotlarni taqqoslash jadvali quyidagicha bo'lishi mumkin. Keling 1 km² ni hisoblashdagi harajatlarni ko'rib chiqaylik.

2-jadval

	UUA		Samolyot	Vertalyot
Aerofotoammetriya	Vaqt	3–4 soat	1–2 soat	2–3 soat
	Mablag'	\$200 – \$400	\$800 – \$1,500	\$1,000 – \$2,000
	DJI Phantom 4 RTK, DJI Matrice 300 RTK		Cessna 172, Piper Navajo, King Air	Bell 407, Eurocopter AS350
Xarita yaratish	Vaqt	4–5 soat	2–3 soat	3–4 soat
	Mablag'	\$300 – \$500	\$1,200 – \$2,500	\$1,500 – \$2,500
	DJI Matrice 600, SenseFly eBee X		Beech craft Bonanza, Cessna 208	Sikorsky S-76, Airbus H125
LIDAR tizimi orqali xaritalash	Vaqt	6–7 soat (LIDAR)	4–5 soat	5–6 soat
	Mablag'	\$1,000 – \$2,000	\$3,000 – \$5,000	\$4,000 – \$6,000
	DJI Matrice 300 RTK LIDAR, RIEGL VUX-1		Cessna 208B Grand Caravan LIDAR	Bell 407 LIDAR, AS350 LIDAR
Yuqori aniqlikdagi ma'lumotlar	Vaqt	4–5 soat	2–3 soat	3–4 soat
	Mablag'	\$400 – \$600	\$1,500 – \$3,000	\$2,000 – \$4,000
	DJI Phantom 4 RTK, SenseFly eBee RTK		Piper Navajo, Cessna 172	Bell 206, Robinson R66

Kartografiya va geodeziya ishlari uchun UUAlar, samolyotlar va vertolyotlarni taqqoslash jadvali

Aerofotogrammetriya

Uchuvchisiz uchish apparati (UUA): UUA-lar aerofotogrammetriya uchun samarali va arzon variant hisoblanadi. DJI Phantom 4 RTK va DJI Matrice 300 RTK dronlari yuqori aniqlikdagi tasvirlarni to'plab, hududni raqamli modelga aylantirish imkonini beradi.



DJI Phantom 4 RTK



DJI Matrice 300 RTK

Bunday usul kichik va o'rta hududlar uchun mos bo'lib, 3-4 soat ichida to'liq tasvirlarni olish mumkin. Xarajatlar \$200–\$400 atrofida bo'lib, bu an'anaviy usullarga qaraganda ancha arzon.

Samolyot: Cessna 172, Piper Navajo, King Air kabi samolyotlar aerofotogrammetriya uchun ishlatiladi.



Cessna 172



Piper Navajo



King Air

Ular bir martada kengroq hududni skanerlash imkonini beradi va 1-2 soat ichida katta maydonlarni qamrab olishi mumkin. Ushbu usulning afzalligi—uzoq masofalarga parvoz qilish imkoniyati va ob-havo sharoitlariga kamroq bog‘liqlik. Ammo xarajatlar UUA-ga qaraganda yuqori (\$800–\$1,500).

Vertolyot: Vertolyotlar (Bell 407, Eurocopter AS350) pastroq balandlikda barqaror suratga olishga imkon beradi.



Bell 407



Eurocopter AS350

Ular harakatlanish erkinligi bilan ajralib turadi va qiyin relyef sharoitlarida ham aniq tasvirlar olishga yordam beradi. Aerofotogrammetriya vertolyot yordamida 2-3 soat ichida amalga oshiriladi. Lekin, ekspluatatsiya xarajatlari yuqori bo‘lib, \$1,000–\$2,000 oralig‘ida.

Xarita Yaratish

Uchuvchisiz uchish apparati (UUA): Xaritalash uchun DJI Matrice 600 va SenseFly eBee X kabi UUA-lar ishlatiladi. Dronlar yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olish va GPS koordinatalari bilan sinxronlashtirish orqali raqamli xaritalarni yaratishga yordam beradi. Ushbu usul 4-5 soat davom etadi va \$300–\$500 xarajat talab qiladi.

Samolyot: Samolyot yordamida xaritalash Beechcraft Bonanza va Cessna 208 kabi samolyotlar yordamida amalga oshiriladi.

Bu usul UUA-ga qaraganda katta hududlarni qamrab oladi va 2-3 soat ichida ma'lumot to'plash mumkin. Biroq, xarajatlar \$1,200–\$2,500 oralig'ida bo'lib, bu dronlarga nisbatan ancha qimmat.

Vertolyot: Sikorsky S-76 va Airbus H125 vertolyotlari xaritalash jarayonida ishlatiladi. Vertolyotlarning eng katta afzalligi—murakkab hududlarda ham yuqori aniqlikda tasvir olish imkoniyati. Xaritalash jarayoni 3-4 soat davom etadi va \$1,500–\$2,500 xarajat talab etadi.

LIDAR Tizimi Orqali Xaritalash

Uchuvchisiz uchish apparati (UUA): LIDAR texnologiyasi orqali xaritalash aniq relyef modellari yaratishda qo'llaniladi. DJI Matrice 300 RTK LIDAR va RIEGL VUX-1 kabi tizimlar yordamida LIDAR skanerlash 6-7 soat davom etadi. Xarajatlar \$1,000–\$2,000 atrofida bo'lib, bu kichik va o'rta hududlar uchun eng tejamkor variant hisoblanadi.

Samolyot: Samolyotlar (Cessna 208B Grand Caravan LIDAR) yordamida LIDAR xaritalash katta maydonlarni qamrab olish imkonini beradi. Ushbu usulning asosiy afzalligi—tezkor skanerlash va katta hududni bir martada o'lchash. LIDAR skanerlash 4-5 soat davom etadi, ammo xarajatlar \$3,000–\$5,000 oralig'ida bo'lib, dronlardan ancha qimmat.

Vertolyot: Vertolyotlar (Bell 407 LIDAR, AS350 LIDAR) murakkab relyefli hududlarni LIDAR orqali skanerlash uchun ishlatiladi. Ushbu usulning eng katta afzalligi—relyefni chuqur o'rganish va noqulay joylarni ham aniq o'lchash. Vertolyot LIDAR xaritalash 5-6 soat davom etadi va \$4,000–\$6,000 xarajat talab qiladi.

Yuqori Aniqlikdagi Ma'lumotlar Olish

Uchuvchisiz uchish apparati (UUA): DJI Phantom 4 RTK va SenseFly eBee RTK kabi dronlar yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarni yig'ish uchun ishlatiladi. Ushbu usul 4-5 soat davom etadi va \$400–\$600 xarajat talab qiladi. Eng katta afzalliklari—tezkor natijalar va past narx.

Samolyot: Piper Navajo va Cessna 172 samolyotlari yordamida yuqori aniqlikdagi aerotasvirlar olinadi. Ushbu usul 2-3 soat davom etadi, ammo xarajatlar \$1,500–\$3,000 atrofida bo'lib, dronlarga qaraganda qimmatroq.

Vertolyot: Bell 206 va Robinson R66 kabi vertolyotlar real vaqtda yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olishga imkon beradi. Ular eng yuqori aniqlikdagi tasvirlarni taqdim etishi mumkin, ammo xarajatlar \$2,000–\$4,000 oralig'ida bo'lib, boshqa usullarga qaraganda qimmat hisoblanadi.

Kartografiya va geodeziya sohasida UUALarni rivoji:

UUALar kartografiya va geodeziya sohasida yer yuzasini xaritalash, o'lchovlar qilish, va topografik xaritalarni yangilashda yangiliklar kiritmoqda. Ular yuqori aniqlikdagi tasvirlar olish, katta hududlarni tez va samarali o'rganish imkoniyatini taqdim etadi. UUALar yordamida olinadigan ma'lumotlar aniq va ishonchli xaritalarni yaratishga yordam beradi. Yaqin kelajakda ushbu texnologiyalarning rivojlanishi quyidagi sohalarda sezilarli o'zgarishlarga olib keladi.

Avtonom UUALarni Texnologik takomillashtirish: UUALar yanada avtonom bo'lishi va sun'iy intellekt yordamida xaritalash jarayonlarini avtomatlashtirish kutilmoqda. Bu UUALarni o'rganilayotgan hududlar bo'ylab avtonom tarzda olib borish imkonini yaratadi. AI (sun'iy intellekt) yordamida olingan ma'lumotlar tezda tahlil qilinadi, xatoliklar aniqlanadi va yangilanishlar avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

Yuqori aniqlikdagi LiDAR texnologiyalari: LiDAR tizimlari yordamida yuqori aniqlikdagi 3D ma'lumotlar olish imkoniyatlari yanada rivojlanadi. Bu texnologiya UUAlar bilan birlashtirilgan holda, qiyin o'rganiladigan hududlarda ham o'lovchilarni aniq olib, kompleks 3D modellarni yaratishda keng qo'llaniladi. LiDARning takomillanishi tufayli, topografik xaritalarni yaratish yanada aniq va samarali bo'ladi.

Raqamli xaritalar va GIS tizimlari: UUAlar tomonidan yig'ilgan ma'lumotlar GIS (Geografik Axborot Tizimlari) platformalariga uzatiladi, bu esa xaritalarni doimiy ravishda yangilab turish imkonini beradi. Raqamli xaritalar va 3D modellar mobil ilovalarda interaktiv tarzda namoyish etiladi, bu esa foydalanuvchilarga real vaqtda hududlar haqida aniq tasavvurlar yaratishga yordam beradi.

Shahar qurilishini rejalashtirish va infratuzilmali monitoring: UUAlar shahar infratuzilmasini, transport tizimlarini va qurilish maydonlarini tezda kuzatish imkoniyatini beradi. 3D modellar va yuqori aniqlikdagi xaritalar yordamida rejalashtirish, o'zgarishlarni tezda aniqlash va natijalarni tahlil qilishda samarali ishlatiladi.

Raqamli yuzey modellarini (DSM) yaratish: UUAlar yordamida raqamli yuzey modellari (DSM) yaratish texnologiyasi rivojlanib, yerning balandlik va pastlik joylari haqida aniq ma'lumotlarni olish imkoniyatini beradi. Bu model va ma'lumotlar yer resurslarini boshqarish, qishloq xo'jaligi va tabiiy boyliklar monitoringi uchun muhim ahamiyatga ega.

Innovatsiyalar va yangi mutaxassisliklar: UUAlar yordamida yangi tarmoq va xizmatlar paydo bo'ladi. UUA operatorlari va tahlilchilarining malakasi va bilimlarini rivojlantirishga ehtiyoj ortadi. Bu, o'z navbatida, ta'lim tizimini yangilash va yangi mutaxassislar tayyorlashni talab qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati.

1. Geodesy, Cartography and Aerial Photography
https://www.academia.edu/74492522/Geodesy_Cartography_and_Aerial_Photography?nav_from=2d37b488-07f0-4bdd-8f0c-56d59e321196
2. Haletskyi V., Hlotov V., Kolesnichenko V., Prokhorchuk O., Tserklevych A. Analiz eksperymentalnykh robot z storennia velykomasshtabnykh planiv silskykh naselenykh punktiv pry zastosuvanni BPLA. [Analysis of experimental work on the creation of large-scale plans of rural areas in the application of UAVs] Geodesy, cartography and aerial photography. Vol. 76, 2012, pp. 85-93.
3. Unmanned Aerial Photogrammetric Systems in the Service of Engineering Geodesy:
https://www.academia.edu/31036423/Unmanned_Aerial_Photogrammetric_Systems_in_the_Service_of_Engineering_Geodesy
4. A Simple Aerial Photogrammetric Mapping System Overview and Image Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs).
https://www.academia.edu/33239219/Simple_Aerial_Photogrammetric_Mapping_System_Overview_and_Image_Acquisition_Using_Unmanned_Aerial_Vehicles_UAVs?nav_from=91147533-b1e1-48e7-9b54-81d710b291bc
5. Accuracy Assessment of UAV photogrammetry for Large Scale Topographic Mapping.
https://www.academia.edu/42859040/Accuracy_Assessment_of_UAV_photogrammetry_for_Large_Scale_Topographic_Mapping?nav_from=863e56d4-4a5c-4d8c-b9c9-a4a6f931660a

6. G. Konecny, Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information System, 2nd ed. Florida, USA: CRC Press, 2014.
7. Wallace, L.; Lucieer, A.; Watson, C.; Turner, D. Development of a UAV-LiDAR System with Application to Forest Inventory. Remote Sens., 4, 2012, 1519-1543
8. Integration of Unmanned Aerial Vehicle Data With Geographical Information Systems.https://www.academia.edu/48188413/Integration_of_Unmanned_Aerial_Vehicle_Data_with_Geographical_Information_Systems?nav_from=45708104-d7c2-4568-92f2-42e1e8a18649
9. Foerstner, W., Steffen, R., 2007: Online geocoding and evaluation of large scale imagery without GPS. Proc. Photogrammetric Week 207, pp. 243-253.
10. UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling-Current status and future perspectives.https://www.academia.edu/2452630/UAV_photogrammetry_for_mapping_and_3D_modeling_current_status_and_future_perspectives?nav_from=8a32ecaf-5ea7-4d40-93b7-d21dc6ad0d80