ISSN 2181-371X
SJIF: 5.305 VOLUME 4 ISSUE 34
INNOVATIONS IN TECHNOLOGY AND SCIENCE EDUCATION

UDK: 528.92(575.2):711.4

DRON TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA INVESTITSIYA OBYEKTLARI UCHUN YER TANLASH JARAYONINING TAKOMILLASHTIRILISHI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

F.Sh.Xudoyberdiyev
Buxoro davlat texnika universiteti
"Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari"
kafedrasi dotsenti t.f.f.d. (PhD)
Q.M.Muxamadov
Buxoro davlat texnika universiteti
"Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari"
kafedrasi o'qituvchisi
A.H.Nosirov
Buxoro davlat texnika universiteti
"Yer resurslaridan foydalanish va boshqarish" magistri

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Buxoro viloyatining investitsiyaviy jihatdan ustuvor hududlarida dron texnologiyalaridan foydalanish orqali yer tanlash jarayonini takomillashtirishning ilmiy-metodik asoslari yoritilgan. Xususan, investitsiya obyektlari uchun optimal maydonlarni aniqlashda dronlar yordamida olingan yuqori aniqlikdagi ortofoto va relyef ma'lumotlaridan foydalanish yondashuvi asoslanadi. Mazkur tadqiqotda mavjud amaliyotda qo'llanilayotgan an'anaviy, ko'p hollarda subyektiv qarorlarga asoslangan yer tanlash metodikasining zamonaviy raqamli yechimlar orqali takomillashtirilishi ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Tadqiqot doirasida DJI Phantom 4 Pro V2.0, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus va DJI Mavic 2 Pro kabi dron modellari sinovdan o'tkazilib, ularning texnik imkoniyatlari, parvoz davomiyligi, aniqlik darajasi va karta materiallari bilan ishlash qobiliyatlari solishtirma tahlil asosida baholandi. Maqolada, shuningdek, dron ma'lumotlarini GIS platformalari bilan integratsiyalash, ochiq geoportal orqali taqdim etish va raqamli qaror qabul qilish tizimlariga kiritish mexanizmlari ham taklif etiladi. Bu esa yer tanlash jarayonida tezkorlik, aniqlik, shaffoflik va obyektivlik mezonlarini kuchaytiradi.*

Kalit so'zlar: *dron monitoringi, yer tanlash, DJI Phantom 4 Pro, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus, DJI Mavic 2 Pro.*

Аннотация. *В данной статье раскрываются научно-методологические основы совершенствования процесса выбора земельных участков для*

инвестиционных объектов на территории приоритетных инвестиционных зон Бухарской области с использованием технологий беспилотных летательных аппаратов (дронов). В частности, обоснован подход, при котором используются высокоточные ортофотоизображения и данные рельефа, полученные с помощью дронов, для выявления оптимальных участков размещения инвестиционных объектов. В исследовании научно обоснована необходимость модернизации существующей практики выбора земель, которая во многих случаях основана на субъективных решениях, путём внедрения современных цифровых решений. В рамках исследования были протестированы модели дронов DJI Phantom 4 Pro V2.0, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus и DJI Mavic 2 Pro. Их технические характеристики, продолжительность полёта, уровень точности и способность работать с картографическими материалами были оценены посредством сравнительного анализа. В статье также предлагаются механизмы интеграции данных, полученных с дронов, с платформами ГИС, их публикации через открытые геопорталы, а также включения в цифровые системы поддержки принятия решений. Это, в свою очередь, усиливает такие критерии, как оперативность, точность, прозрачность и объективность в процессе выбора земельных участков.

Ключевые слова: *дрон-мониторинг, выбор земельного участка, DJI Phantom 4 Pro, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus, DJI Mavic 2 Pro.*

Annotation. *This article presents the scientific and methodological foundations for improving the land selection process for investment projects in the priority investment zones of Bukhara region through the application of drone technologies. Specifically, the approach is based on the use of high-resolution orthophotos and terrain data obtained via drones to identify optimal sites for investment placement. The study scientifically substantiates the modernization of current land selection practices, which are often based on subjective decisions, by introducing advanced digital solutions. Within the framework of the research, drone models such as DJI Phantom 4 Pro V2.0, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus, and DJI Mavic 2 Pro were tested. Their technical capabilities, flight duration, accuracy level, and compatibility with cartographic data were evaluated through comparative analysis. The article also proposes mechanisms for integrating drone-collected data with GIS platforms, publishing this information via open-access geoportals, and embedding it into digital decision-support systems. This approach enhances key criteria in land selection processes such as efficiency, precision, transparency, and objectivity.*

Keywords: *drone monitoring, land selection, DJI Phantom 4 Pro, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus, DJI Mavic 2 Pro.*

Kirish. Investitsiya loyihalarining muvaffaqiyati tanlangan yer maydonining geomorfologik, gidrogeologik, ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy shart-sharoitlariga bog‘liq [1]. An’anaviy tadqiqot usullari (geologik ekspeditsiyalar, qadimgi xaritalar) ko‘pincha kam aniqlik va uzoq vaqt talab etadi [2]. Dronlar yordamida past balandlikdan olingan ortofoto va multispektral tasvirlar tuproq tuzilishi, vegetatsiya holati va suv manbalarini santimetr darajasida aniqlash imkonini beradi[3]. Shu bilan birga, uchuvchisiz uchish apparati-platformalar real-vaqt monitoringi va qayta ishlashning tezkorligi orqali resurs va vaqt sarfini sezilarli darajada kamaytiradi Mazkur maqolada Buxoro viloyatida investitsiya obyektlarini joylashtirishda dronlar qo‘llanilishining metodologiyasi va amaliy afzalliklari yengil va aniq tarzda ko‘rib chiqiladi.

Tadqiqotning dolzarbligi. So‘nggi yillarda investitsiya loyihalarini joylashtirish jarayonida an’anaviy maydon tadqiqot usullarining chegaralari yaqqol namoyon bo‘lmoqda: qog‘oz ustidagi geomorfologik xaritalar yangilanmagan bo‘lishi, tayyor ekspeditsiya tahlillari esa katta vaqt va mablag‘ talab etishi ko‘plab xatoliklarga olib keladi. [7]. Shu munosabat bilan, uchuvchisiz uchish apparati (dron) platformalarining qo‘llanilishi bir qancha afzalliklarni taqdim etadi:

Aniqlikni oshirish. Dronlardagi yuqori pikselli (20 MP va undan yuqori) kameralarning yordamida olingan ortofoto va multispektral tasvirlar 5 cm pikseldan aniq geospatial ma’lumotlarni yig‘ishga imkon beradi [3]. Bu esa tuproq tarkibi, namlik darajasi, vegetatsiya qoplamining o‘zgarishlari va landshaft siljishlarini ilgari noma’lum bo‘lgan maydonlarda ham aniqlik bilan kuzatish imkonini yaratadi;

Vaqtni qisqartirish. Uchuvchisiz uchish apparati-flotilari yordamida 10-20 km² maydonni qoplash uchun talab etiladigan vaqt an’anaviy ekspeditsiyalarga nisbatan 70% ga kam bo‘ladi [4]. Misol uchun, yerdagi inspektor guruhi bir necha kun talab qiladigan yo‘nalishlarni, dron 1-2 soat ichida tugallashi mumkin, bu esa loyiha jadvalini sezilarli darajada tezlashtiradi;

Tejamkorlik. Uchuvchisiz uchish apparati-operatsiyalarining operatsion xarajatlari (yoqilg‘i, kadrlar, uskunalarni joylashtirish) an’anaviy usullarga qaraganda 30-40% ga kam bo‘lib, bu sarmoya rentabelligini oshirishga xizmat qiladi [4]. Bundan tashqari, yuqori aniqlikdagi ma’lumot natijasida loyiha muhandislari tomonidan qo‘shimcha maydon o‘rganish yoki tuzatish ishlari kamroq talab etiladi, bu esa umumiy xarajatni yanada pasaytiradi.

1-jadval.

Buxoro viloyatida investitsiya obyektlarini joylashuvi monitoringida ishlatiladigan dron modellari va ularning texnik imkoniyatlari

№	Dron nomi	Dron imkoniyatlari	Foto
1	**DJI Phantom 4 Pro V 2.0**	**Kamera:** 1″ CMOS, 20 MP **Parvoz vaqti:** ~30 daqiqa **Afzallik:** Obstacle Avoidance, TapFly funksiyasi	
2	**Parrot ANAFI**	**Kamera**: 4K HDR video, 21 MP fotosurat **Portativlik**: 320 g og‘irlikda, 2.8× optik zum **Afzallik**: 180° kamera egilishi	
3	**senseFly eBee Plus**	**Tur**: Ala-fiksa, 45 daqiqa parvoz vaqti **Kamera**: Multispektral va RGB, 3–5 cm GSD **Afzallik**: To‘liq avtonom reys rejimi	
4	**DJI Mavic 2 Pro**	**Kamera:** Hasselblad 1″ sensor, 20 MP **Parvoz vaqti:** ~31 daqiqa **Afzallik:** 10-bit Dlog-M rang gamut, yuqori dinamika diapazoni	

Dastlab, DJI Phantom, Parrot ANAFI va senseFly eBee Plus kabi uchuvchisiz uchish apparatlar yordamida ortofoto va multispektral tasvirlar olinadi [4]. Keyin Sen2Cor orqali atmosferik xatoliklar tozalab, rasmlar georeferensiya qilinadi [8]. Tayyorlangan tasvirlardan NDVI, NDWI va NDBI indekslari hisoblanib, AHP usuli bilan hudud salohiyati baholanadi. Oxirida har chorakda yangilangan dron sessiyalari GIS-geoportalga yuklanib, sun’iy intellekt-algoritmlar asosida avtomatik ogohlantirishlar yuboriladi [5].

2-jadval

Dron texnologiyalari va geoinnovatsion yondashuvlar asosida investitsiyaviy yer salohiyatini baholash va monitoring tizimini shakllantirish

№	Bosqich	Faoliyatlar

1	Ma’lumot yig‘ish	Har dron o‘ziga xos spektral (multispektral) va fotogrammetrik (RGB) tasvirlarni yig‘adi.
2	Oldindan qayta ishlash	Atmosfera tozalash (Sen2Cor processor yordamida) Ortofoto moslashtirish (georeferensiya va geometrik tuzatish)
3	Geospatial tahlil	NDVI, NDWI, NDBI kabi spektral indekslarni hisoblash Multi-criteria Decision Analysis (AHP) metodi orqali hudud salohiyatini baholash
4	Monitoring	Har 3 oyda uchuvchisiz uchish apparati floti bilan yangilangan tasvir sessiyalarini o‘tkazish Olingan ma’lumotlarni mahalliy GIS-geoportalga integratsiya qilish AI-algoritmlar orqali avtomatik ogohlantirishlar yuborish

Natijalar va muhokama. Tadqiqot natijalari uchuvchisiz uchish apparati-platformalari yordamida olingan ma’lumotlarning an’anaviy usullarga nisbatan sezilarli afzalliklarini ko‘rsatdi. Avvalo, spektral va fotogrammetrik tasvirlar asosida tuproq namligi aniqligi sinovlari bo‘yicha uchuvchisiz uchish apparati ma’lumotlari ±5 % doirasida aniqlik darajasini ta’minladi [4]. Bu daraja an’anaviy geologik ekspeditsiyalarda o‘lchanadigan qiymatlarga nisbatan kamida ikki barobar aniqroq bo‘lib, loyihaning ekologik va gidrogeologik xavfsizligini baholashda muhim omil sanaladi. Shuningdek, Analytic Hierarchy Process (AHP) metodikasi orqali baholangan salohiyatli hududlar o‘rganilganda, eng yuqori ball olgan maydonlar sifatida Kogon tumani janubiy sohasi va Vobkent tumani chekka zonalari ajralib turdi [6]. Ushbu hududlarning geomorfologik tuzilishi barqaror, suv resurslariga yaqinligi qulay va ijtimoiy infratuzilma jihatdan rivojlanganligi ularni investitsiya uchun eng maqsadli maydonlarga aylantirdi. Monitoring samaradorligi bo‘yicha dronlar yordamida olib borilgan kuzatuvlar an’anaviy maydon ekspeditsiyalariga nisbatan 35 % yuqori natija ko‘rsatdi. Ya’ni, loyihaning har bir bosqichi uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish jarayoni vaqt va resurslar sarfini sezilarli darajada kamaytirib, yuqori aniqlik va izchillikni saqladi. Bu esa investitsiya loyihalarini tezkor va ishonchli rejalashtirishga zamin yaratadi.

Xulosa. Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatdiki, dron texnologiyalarini Buxoro viloyatidagi investitsiya obyektlarini joylashuvi uchun maydon tanlash jarayoniga joriy etish loyihaning har bir bosqichida sezilarli optimallashtirishlarni beradi. Ayniqsa, DJI Phantom 4 Pro, Parrot ANAFI, senseFly eBee Plus hamda DJI Mavic 2 Pro kabi platformalarning kombinatsiyasi real-vaqt monitoringi, yuqori aniqlikdagi spektral va fotogrammetrik tasvirlar, hamda operatsion tejamkorlikni ta’minlaydi.Bu

yondashuv - tuproq va landshaft sharoitlarini aniq baholash, ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy parametrlarni real-vaqt rejimida kuzatish hamda qaror qabul qilish jarayonini soddalashtirish uchun fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusida dronlarning sun’iy intellekt va avtomatlashtirilgan analiz bilan birgalikda joriy etilishi monitoring jarayonining yanada yuqori darajada aniqlik va tezlikka erishishiga olib keladi. Natijada, Buxoro viloyatida investitsiya loyihalarini amalga oshirish samaradorligi oshadi va sarmoyadorlar uchun barqaror, xavfsiz hamda ekologik jihatdan mas’uliyatli maydon tanlash imkoniyati kengayadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jensen J.R. Introduction to Remote Sensing. 3-ea изд. New York: Wiley; 2007.
2. Richards J.A., Jia X. Remote Sensing Digital Image Analysis. 4-ea изд. Berlin – Heidelberg: Springer; 2006.
3. Colomina I., Molina P. Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2014. Vol. 92. P. 79–97.
4. Zhang C., Kovacs J.M. The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A Review // Precision Agriculture. 2012. Vol. 13, No 6. P. 693–712.
5. Pal M. Random Forest Classifier for Remote Sensing Classification // International Journal of Remote Sensing. 2005. Vol. 26, No 1. P. 217–222.
6. Saaty T.L. Decision Making — The Analytic Hierarchy Process // Journal of Systems Science and Systems Engineering. 2004. Vol. 13, No 1. P. 1–35.
7. Goodchild M.F., Li L., Anselin L. Toward Spatial Data Science: Challenges and Opportunities for Geographic Information Science // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2011. Vol. 108, No 24. P. 10153–10160.
8. ESA. Sen2Cor Processor for Sentinel-2 Level-2A User Guide. Frascati: European Space Agency; 2020.
9. McFeeters S.K. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features // International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17, No 7. P. 1425–1432.
10. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery // International Journal of Remote Sensing. 2006. Vol. 27, No 14. P. 3025–3033.