

DRONLAR: GEOAXBOROT VA MASOFADAN ZONDLASH TIZIMLARIDA QO‘LLASHNING ILMIY-AMALIY JIHATLARI

Berdibaeva Nargiza Tilepbay qizi

Ametov Adilbek Axmet uli

Orazbaev Islambek Batirbay uli

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti talabalari

berdibaevanargiza04@gmail.com

Annotatsiya (o‘zbek tilida). Ushbu maqolada dronlar (UAV)ning geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash (remote sensing) yo‘nalishlaridagi o‘rni, ularni ma’lumot yig‘ish, qayta ishlash va geofazoviy tahlil zanjiriga integratsiya qilish masalalari IMRAD tuzilmasida yoritiladi. Tadqiqotda fotogrammetriya va multispektral kuzatuv asosida ortofoto, raqamli balandlik modeli (DEM/DSM) hamda indeks xaritalarni olish, aniqlikni baholash va amaliy ssenariylar (qishloq xo‘jaligi monitoringi, yer resurslari inventarizatsiyasi, muhandislik izlanishlari) bo‘yicha metodik yondashuv taklif etiladi. Natijalar dronlar yordamida yuqori fazoviy aniqlikdagi geoma’lumotlarni nisbatan qisqa vaqt ichida olish mumkinligini, biroq uchish rejalashtiruvi, geodezik tayanch, sensor kalibrovkasi va sifat nazorati talablarini qat’iy bajarish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: dron, UAV, fotogrammetriya, ortofoto, DSM, DEM, geodezik tayanch, GNSS, masofadan zondlash, GIS.

Аннотация (на русском языке). В статье рассматриваются научно-практические аспекты применения беспилотных летательных аппаратов (UAV) в геоинформационных системах и дистанционном зондировании. В формате IMRAD описан технологический цикл получения геопространственных данных на основе фотограмметрии и мультиспектральных наблюдений: планирование полёта, сбор данных, построение ортофотоплана, цифровых моделей высот (DEM/DSM), оценка точности и интеграция результатов в ГИС для прикладных

задач. Показано, что UAV обеспечивают высокое пространственное разрешение и оперативность, однако требуют строгого соблюдения процедур геодезического обеспечения, калибровки сенсоров и контроля качества.

Ключевые слова: UAV, беспилотник, фотограмметрия, ортофото, DEM, DSM, GNSS, дистанционное зондирование, ГИС, контроль качества.

Abstract (in English) This paper addresses scientific and practical aspects of unmanned aerial vehicles (UAVs) in GIS and remote sensing workflows. Following the IMRAD structure, it outlines an end-to-end pipeline for UAV-based photogrammetry and multispectral mapping: flight planning, data acquisition, orthoimage and DEM/DSM generation, accuracy assessment, and GIS integration for applied use cases. The results indicate that UAVs deliver very high spatial resolution and rapid data turnaround, provided that ground control, sensor calibration, and quality assurance procedures are properly implemented.

Keywords: UAV, drone, photogrammetry, orthoimage, DEM, DSM, GNSS, remote sensing, GIS, accuracy assessment.

Introduction So‘nggi yillarda geofazoviy ma‘lumotlarga bo‘lgan ehtiyoj ortib borayotgani fonida dronlar masofadan zondlash va GIS amaliyotida muhim platformaga aylandi. An‘naviy sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari yirik hududlarni qamrab olishda qulay bo‘lsa-da, ayrim vazifalarda fazoviy aniqlik, tezkorlik va moslashuvchanlik bo‘yicha cheklovlarga ega. Aerofotosyomka esa yuqori sifatli mahsulotlar beradi, biroq ko‘pincha iqtisodiy va tashkiliy jihatdan murakkab. Dronlar ushbu bo‘shliqni qisman to‘ldirib, kichik va o‘rta maydonlarda santimetr darajasidagi ruxsat (GSD) bilan ma‘lumot yig‘ish, mavsumiy monitoring va lokal o‘zgarishlarni aniqlash kabi vazifalarda samarali yechim sifatida shakllandi.

Geodeziya kartografiya ixtisosligi doirasida dronlar, avvalo, kartografiya, geodeziya-ta‘minot, yer tuzish, tabiiy resurslar monitoringi va muhandislik izlanishlarida geoma‘lumot manbai sifatida ahamiyat kasb etadi. Biroq dronlardan olingan tasvirlar “tayyor xarita” emas; ular ustida fotogrammetrik rekonstruksiya, georeferenslash, radiometrik tekislash, topologik tekshiruv hamda GIS muhitida semantik boyitish kabi

bosqichlar talab etiladi. Shu sababli maqolada dronlar yordamida geofazoviy ma'lumot olishning metodik asoslari, aniqlikni baholash mezonlari va amaliy qo'llash ssenariylari tizimli ravishda bayon qilinadi.

Mazkur ishning maqsadi — UAV asosidagi fotogrammetriya va multispektral kuzatuvlarning geoma'lumot ishlab chiqarish zanjiridagi o'rnini ilmiy asoslash, ish jarayonining kritik nuqtalarini (GCP/RTK, uchish rejalashtiruvi, sifat nazorati) ajratib ko'rsatish hamda natijaviy mahsulotlarning GISda qo'llanish doirasini yoritishdir. Vazifalar sifatida (1) dron platformasi va sensorlar tanlovi uchun asosiy mezonlarni; (2) uchish parametrlarining mahsult aniqligiga ta'sirini; (3) qayta ishlash (SfM/MVS) bosqichlaridagi tipik xatolarni; (4) amaliy ssenariylar bo'yicha natijalarni talqin qilish yondashuvini keltirish ko'zda tutiladi. Metodik qarashlar fotogrammetriya va UAV mapping bo'yicha tan olingan manbalar bilan mos ravishda tuzildi (Colomina va Molina, 2014).

Methods. Tadqiqot metodologiyasi UAV yordamida geoma'lumot olishning "rejalashtirish–syomka–qayta ishlash–tekshiruv–GIS integratsiyasi" zanjiriga tayandi. Birinchi bosqichda loyiha talablari aniqlanadi: maqsadli ob'ekt turi (relef, inshoot, ekin maydoni), kerakli fazoviy aniqlik (masalan, 2–5 sm GSD), natijaviy mahsulot turi (ortofoto, DSM/DEM, nuqta buluti, indeks xarita), shuningdek, ishlash sharoiti (yorug'lik, shamol, parvoz hududi geometriyasi). Ikkinchi bosqichda platforma (multirotor yoki fixed-wing), kamera (RGB), multispektral sensor, hamda geodezik ta'minot (GNSS RTK/PPK, GCP) strategiyasi tanlanadi. UAV mapping jarayonida aniqlikning muhim omili sifatida yer usti tayanch nuqtalari va ularning tarqatilishi qayd etiladi; nazariy jihatdan ham, amaliy tajribada ham GCPlar georeferenslash barqarorligini oshirishi ko'rsatilgan (Eisenbeiss, 2009).

Uchish rejalashtiruvi bosqichida qoplash koeffitsiyentlari (front overlap va side overlap), parvoz balandligi, trassa orientatsiyasi hamda suratga olish tezligi belgilanadi. Fotogrammetriyada barqaror bog'lanish nuqtalarini olish uchun odatda 70–85% bo'ylama va 60–80% ko'ndalang qoplash diapazonlari qo'llanadi; murakkab relief yoki bir jinsli teksturaga ega maydonlarda qoplashni oshirish maqsadga muvofiq

bo'radi. Parvoz balandligi GSDni belgilaydi: balandlik ortishi bilan qamrov kengayadi, biroq mayda detallar yo'qolishi mumkin. Shu bilan birga, tasvirlarda blur va rolling shutter artefaktlarini kamaytirish uchun kamera sozlamalari (shutter speed, ISO) hamda shamol sharoiti e'tiborga olinadi. Bu bosqichda radiometrik barqarorlikni ta'minlash uchun bir xil yoritilish sharoitida syomka qilish, keskin soylanish vaqtlaridan qochish tavsiya etiladi.

Qayta ishlash bosqichi SfM (Structure-from-Motion) va MVS (Multi-View Stereo) tamoyillariga asoslanadi: tasvirlar o'rtasida mos nuqtalar aniqlanadi, kamera pozalari yechiladi, so'ng zich nuqta buluti va sirt modeli quriladi. Natijada ortofoto va DSM/DEM ishlab chiqiladi. Qayta ishlash jarayonida geodezik tayanch (GCP/RTK/PPK) kiritilishi, aerotriangulyatsiya yechimi residuallari, reprojection error va chek-nuqta (check points) bo'yicha xatoliklar statistikasi baholanadi. Qabul qilingan yondashuvga ko'ra, mahsulotning gorizont va vertikal aniqligi RMSE, MAE kabi ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi hamda qo'llash maqsadiga mosligi tekshiriladi (ASPRS, 2015).

Multispektral kuzatuv bo'yicha metodikada radiometrik kalibrovka alohida o'rin tutadi: reflektans paneli orqali kalibrovka, vinyetka va sensor driftini kamaytirish, shuningdek, vegetatsiya indekslari (masalan, NDVI)ni hisoblashdan avval atmosfera va yoritilish farqlarini minimallashtirish maqsad qilinadi. Indeks xaritalar keyinchalik GIS muhitida zonal statistik tahlil, klasterlash yoki vaqt bo'yicha taqqoslash uchun tayyorlanadi. Bunday yondashuv qishloq xo'jaligi monitoringida keng qo'llanib, "precision agriculture" konsepsiyasining geoma'lumot asosini kuchaytiradi (Hunt va boshq., 2010).

Results

UAV asosidagi syomka va qayta ishlash natijalariga ko'ra, kichik maydonlarda juda yuqori fazoviy ruxsatga ega ortofoto va sirt modellari olish imkoniyati asosiy natija sifatida qayd etiladi. RGB syomka asosida hosil bo'lgan ortofotoda mayda obyektlar (ariqlar, yo'laklar, mayda relyef shakllari) aniq ko'rinadi, bu esa inventarizatsiya va kartografik yangilash ishlarida muhimdir. DSM/DEM mahsulotlari esa yer yuzasi

shakllarini miqdoriy baholash (qiyalik, ekspozitsiya, drenaj yo‘nalishlari) hamda hajm hisoblari (qazilma-to‘ldirma) uchun asos yaratadi. Amaliy kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, bir xil maydon bo‘yicha takroriy syomka qilinib, fotogrammetrik yechim bir xil geodezik tayanchga bog‘lansa, o‘zgarishlarni differensial tahlil qilish (change detection) ancha ishonchli bo‘ladi.

Aniqlik jihatidan eng sezilarli ta’sir qiluvchi omillar sifatida (1) GCPlar soni va joylashuvi, (2) uchish balandligi va qoplash foizlari, (3) kamera geometriyasi va kalibrovka, (4) tekstura yetishmasligi bo‘lgan sirtlar (bir xil rangli ekin maydonlari, suv yuzasi) ajratildi. Masalan, relefi murakkab uchastkada GCPlar faqat chetlarda joylashtirilsa, markaziy qismda “doming” effektiga o‘xshash sistematik og‘ishlar paydo bo‘lishi ehtimoli ortadi. Shu nuqtada fotogrammetriya adabiyotida qayd etilgan tavsiya amaliy tasdiq topadi: tayanch nuqtalar faqat perimetr bo‘ylab emas, maydon ichkarisida ham muvozanatli tarqatilganda model barqarorroq bo‘ladi (Wolf va Dewitt, 2000). Biroq bu fikrni mutlaq qoida sifatida emas, balki loyiha sharoitiga mos “riskni kamaytiruvchi” choralar sifatida ko‘rish maqsadga muvofiq, chunki RTK/PPK bilan jihozlangan tizimlarda ayrim vazifalar GCPni kamaytirgan holda ham bajarilishi mumkin.

Multispektral syomka natijalari bo‘yicha indeks xaritalar maydon ichidagi heterogenlikni ko‘rsatib beradi: suv stressi, oziqa moddalari yetishmovchiligi yoki kasallik alomatlari ehtimoli bo‘lgan zonalar konturlanadi. Biroq indekslar “yakuniy tashxis” emas. Hunt va hammualliflar vegetatsiya monitoringida UAVning ustunligini ko‘rsatgan bo‘lsalar-da, indeks talqinida agrotexnik kontekst va yer usti kuzatuvlarini qo‘shish zarurligi ham anglashiladi; mualliflar yondashuvi amaliyot uchun foydali, lekin u laboratoriya/field tekshiruvsiz avtomatik xulosa chiqarishni oqlamaydi (Hunt va boshq., 2010). Shu sababli natijalarni GISda boshqa qatlamlar (tuproq xaritasi, sug‘orish sxemalari, hosildorlik statistikasi) bilan birgalikda ko‘rish tavsiya etiladi.

Discussion

Dronlar geofazoviy sohada “tezkorlik–aniqlik–moslashuvchanlik” uchligini ta’minlashi bilan ajralib turadi. Biroq bu ustunliklar metodik intizom bilan qo‘llab-

quvvatlanmasa, natijaviy mahsulotlar sifatida barqaror bo'lmay qoladi. Birinchidan, UAV fotogrammetriyasi ko'p jihatdan tasvir geometriyasi va mos nuqtalarning sifati bilan belgilanadi; yoritilishdagi keskin farqlar, soyalar, shamol tebranishi hamda rolling shutter xatolari triangulyatsiya aniqligini pasaytiradi. Ikkinchidan, georeferenslash masalasi markaziy o'rinda turadi: RTK/PPK koordinatalari yuqori aniqlik berishi mumkin, ammo proyeksiya/Datum mosligi, geoid modeli va bazaviy stansiya konfiguratsiyasidagi nomuvofiqliklar sistematik xatolarga olib kelishi ehtimoli bor. Shu bois, ASPRS aniqlik standartlarida keltirilganidek, mahsulotni faqat ichki statistikalar bilan emas, mustaqil chek-nuqta o'lchovlari bilan ham baholash zarur (ASPRS, 2015).

Uchinchidan, DSM va DEM farqi amaliyotda ko'pincha yetarli ajratilmaydi. DSM yer usti obyektlari (daraxt, bino)ni ham o'z ichiga oladi, DEM esa "bare-earth" relyefini ifodalaydi; noto'g'ri tanlov gidrologik modellashtirish yoki loyiha qiyaliklarini hisoblashda xatoga olib keladi. To'rtinchidan, multispektral indekslar foydali bo'lsa-da, sensor kalibrovkasi, yoritilish normalizatsiyasi va vaqt bo'yicha taqqoslash (multi-temporal) protokollari bo'lmasa, indekslar orasidagi farq real biologik o'zgarishdan ko'ra o'lchash sharoitiga bog'liq bo'lib qolishi mumkin. Bu holatda metodik jihatdan "bir xil protokol–bir xil syomka vaqti–bir xil kalibrovka" tamoyili qo'llanilsa, natijalar ishonchliligi ortadi.

Amaliy qo'llashlar nuqtayi nazaridan dronlar yer resurslari inventarizatsiyasi, meliorativ holatni vizual baholash, qurilish maydonlarida hajm hisoblari, yo'l va kommunikatsiya yo'laklarida monitoring, hamda favqulodda holatlarda tezkor baholash kabi yo'nalishlarda samarali. GIS integratsiyasi bu yerda asosiy ko'prik vazifasini bajaradi: ortofoto va model qatlamlari geobazaga joylanib, atribut ma'lumotlari bilan bog'lanadi, so'ngra fazoviy tahlil va hisobotlar ishlab chiqiladi. Natijada dron ma'lumotlari "rasm" darajasidan "qaror qabul qilishga xizmat qiluvchi geoma'lumot" darajasiga ko'tariladi. Colomina va Molina tomonidan UAV mapping texnologik zanjiri va uning cheklovlari aniq ifodalangan; bu qarashlar maqoladagi muhokama bilan uyg'un, ayniqsa aniqlik va ishonchlilikni ta'minlashda metodik

standartlarga tayangan holda ishlash zarurligini ko'rsatadi (Colomina va Molina, 2014).

Conclusion

Dronlar GIS va masofadan zondlash yo'nalishlarida yuqori aniqlikdagi geofazoviy ma'lumotlarni tezkor olish imkonini beradigan samarali platforma ekanligi asoslandi. Tadqiqot doirasida UAV asosidagi ish jarayonining muhim bo'g'inlari — uchish rejalashtiruvi, geodezik tayanch (GCP/RTK/PPK), fotogrammetrik qayta ishlash va mustaqil aniqlik bahosi — natijaviy mahsulot sifatini belgilashi ko'rsatildi. RGB syomka ortofoto va DSM/DEM ishlab chiqarishda, multispektral syomka esa monitoring va zonal tahlilda ayniqsa foydali bo'lib, GIS integratsiyasi orqali amaliy qiymat kasb etadi. Kelgusida metodik jihatdan yagona protokollar, ko'p vaqtli syomka dizayni, hamda avtomatlashtirilgan sifat nazorati (QA/QC) yondashuvlari dron ma'lumotlaridan foydalanish samaradorligini yanada oshirishi kutiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Colomina, I., Molina, P. "Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* Amsterdam, Elsevier, 2014, 92-jild, 79–97-betlar.
2. Eisenbeiss, H. *UAV Photogrammetry.* Zurich, ETH Zurich (Institute of Geodesy and Photogrammetry), 2009, 235 bet.
3. ASPRS. *Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data.* Bethesda, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2015, 28 bet.
4. Wolf, P. R., Dewitt, B. A. *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS.* New York, McGraw-Hill, 2000, 608 bet.
5. Hunt, E. R., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S. T., McCarty, G. W. "Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring." *Remote Sensing.* Basel, MDPI, 2010, 2-jild, 290–305-betlar.
6. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. *Remote Sensing and Image Interpretation.* Hoboken, John Wiley & Sons, 2015, 736 bet.

7. Kraus, K. *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans.* Berlin, Walter de Gruyter, 2007, 459 bet.
8. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. *Geographic Information Systems and Science.* Chichester, Wiley, 2015, 560 bet.