

DELIMITAREA PARCELELOR FORESTIERE ÎN BAZA IMAGINILOR PRELUATE CU APARATUL DE ZBOR FĂRĂ PILOT

V. SEINIC¹, A. IEPURE², M. CHEIBAȘ²

¹Universitatea Agrară de Stat din Moldova

²Uniunea geodezilor din Moldova

Abstract. Studiul propune o modalitate de a extrage liniile de delimitare a parcelelor forestiere utilizând un UAV și GIS pentru o suprafață forestieră mică, incluzând zona proiectului de măsurători cadastrale, după care arată fezabilitatea acestuia pentru proiect prin analiza exactității sale. Lucrarea de față nu are menirea să demonstreze că UAV-urile pot să înlocuiască complet factorul uman, ci faptul că această tehnologie vine în completarea lui, în sprijinul eforturilor sale de a furniza informația într-un mod mai eficient și mai rapid. Aparatele de zbor fără pilot pot reprezenta pentru Republica Moldova un instrument extrem de important pentru provocările secolului 21. Dacă în perioada actuală necesitatea lor nu este evidentă, factorii expuși în această lucrare indică o tendință ascendentă și accelerată în domeniu, iar cererea unor astfel de unelte este limitată doar de creativitatea și imaginația utilizatorilor. Putem afirma că progresul tehnologic al senzorilor și apariția unui număr tot mai mare de soluții fără pilot vor putea satisface nevoile structurilor de securitate ale statului de a obține informații calitative prin astfel de aparate.

Key words: UAV, GPS, GNSS, GIS, fond forestier, cartografiere cadastrală

INTRODUCERE

În contextul cartografierii cadastrale contemporane, UAV-urile se argumentează și se afirmă din ce în ce mai mult ca instrumente capabile să genereze imagini precise și georeferențiate de înaltă rezoluție din care limitele cadastrale pot fi determinate vizual și delimitate manual. Pentru a sprijini această delimitare manuală, liniile de delimitare ale parcelelor existente ar putea fi suprapuse automat, ceea ce ar putea simplifica și accelera cartarea cadastrală. Cu excepția că, maparea cadastrală nu este menționată în documentele de revizuire privind domeniile de aplicare ale UAV-urilor. Acest lucru s-ar putea datora numărului mic de studii de caz din acest domeniu, reglementărilor legale, adesea foarte prescrise referitoare la anchetele cadastrale și noutății UAV în cartografiere în general. Cu toate acestea, toate studiile de caz existente subliniază potențialul ridicat al UAV-urilor pentru cartografierea cadastrală atât în contexte urbane cât și rurale pentru țările în curs de dezvoltare și cele dezvoltate.

În toate studiile de caz, limitele cadastrale sunt detectate manual și delimitate de ortoimage. Acest lucru se realizează fie într-un birou cu un grup mic de părți interesate implicate pentru un proiect, fie într-o abordare de cartografiere comunitară pentru mai multe parcele simultan. Toate studiile de caz nu au o abordare automată pentru a extrage caracteristicile limită din datele UAV. Un proces automat sau semiautomat de extracție a caracteristicilor ar simplifica cartografierea cadastrală: extragerea manuală a caracteristicilor este considerată, în general, consumatoare de timp, prin urmare automatizarea va aduce beneficii substanțiale.

Acest lucru este valabil mai ales pentru limitele vizibile, manifestate fizic de obiecte precum garduri vii, ziduri de piatră, monumente la scară largă, pasarele, șanțuri sau garduri, care coincid adesea cu limitele cadastrale. Astfel de limite vizibile oferă potențialul de a fi extrase automat din datele UAV.

MATERIAL ȘI METODĂ

Scopul cercetărilor constă în stabilirea posibilităților de utilizare a tehnicii UAV la culegerea de date geospațiale și a fotogrammetriei digitale în prelucrarea imaginilor, în vederea întocmirii de planuri cadastrale pentru terenurile din fondul forestier. Dată fiind diversitatea situațiilor existente la noi în țară, s-a ales spre studiere cea mai complexă problemă din zona extravilană, acesta fiind dată de fondul forestier.

Având în vedere scopul și obiectivele lucrării a fost aleasă locația rezervația științifică „Plaiul Fagului” în raionul Ungheni, în apropiere de satul Rădenii Vechi, din Republica Moldova., urmărindu-se ca să satisfacă următoarele cerințe: să facă parte din fondul forestier și din intravilanul unei localități rurale; să existe date oficiale cu care să poată fi comparate rezultatele obținute din cercetări; să fie reprezentative din punctul de vedere al amplasării suprafețelor, tipului de teren, detaliilor planimetrice ș.a. Se știe că teritoriul rezervației este împărțit pe parcele și subparcele care pot fi ușor supravegheate. Mărimea lor diferă în funcție de fauna și flora acesteia.

Datele oficiale privind zona aleasă au fost oferite de către ICAS (Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice).

Pentru preluarea punctelor la sol și determinarea coordonatelor în scopul marcării punctelor de reper a fost folosită GPS/GNSS Leica Viva GS08(fig. 1).

La efectuarea zborului și preluarea imaginilor aeriene s-a utilizat un vehicul aerian fără pilot de tip UAV DJI Phantom 4 PRO(fig.2), echipat cu senzori de poziționare (GNSS și unitate inerțială de navigație IMU) și cu senzori de cartografiere (cameră aerofoto-digitală). Acesta este un quadcopter care are capacitate autonomă de zbor, putând fi controlat manual la decolare și aterizare, prin control radio; la altitudinea de siguranță este controlat în mod automat de sistemul GNSS.

Phantom 4 PRO este echipat cu un sistem GNSS cu semnalul de cod în simplă frecvență (L1) și asigură o precizie estimată între 5-10 m.



Figura 1- GPS/GNSS Leica Viva GS08



Figura 2 - UAV-ul DJI Phantom 4 PRO

Cu ajutorul sistemului GNSS s-au determinat coordonatele centrelor de perspectivă (X, Y, Z) ale imaginilor aeriene, iar cu unitatea IMU s-au stabilit unghiurile pe cele trei axe (ω - unghiul de înclinare pe axa X, φ - unghiul de înclinare pe axa Y și k - unghiul de rotire pe axa Z). Astfel, după realizarea zborului au fost cunoscute pozițiile centrelor de perspectivă ale imaginilor și înclinările fiecărei imagini din momentul preluării lor.

Metodologia de lucru care implică utilizarea tehnologiilor menționate (GNSS,UAV) a presupus parcurgerea următoarelor etape:

- recunoașterea suprafeței de teren luate în studiu;
- stabilirea numărului și amplasamentului reperilor fotogrammetrici;
- efectuarea de observații GNSS asupra reperilor fotogrammetrici;
- efectuarea de observații GNSS pentru punctele care servesc ca rețea de sprijin;
- preluarea imaginilor digitale folosind UAV-ul echipat cu cameră digitală;
- întocmirea ortofotoplanurilor pentru zona studiată;
- verificarea preciziei ortofotoplanurilor;
- obținerea planului cadastral pentru imobilele din intravilanul localității rurale;
- obținerea planului parcelar pentru terenul din fondul forestier;
- analiza principalilor factori care condiționează precizia ortofotoplanurilor.

În vederea atingerii scopului și obiectivelor atinse s-a apelat la următoarele metode:

- ridicări aerofotogrammetrice realizate cu tehnica UAV;
- determinări cu tehnica GNSS prin folosirea procedurii RTK cu conectarea la o singură stație de referință și modul VRS;
- ridicări terestre prin realizarea de drumuri combinate cu radieri;
- prelucrarea determinărilor GNSS, a imaginilor digitale preluate prin tehnica UAV și a măsurătorilor terestre prin folosirea unor programelor specializate.
- statistice, în vederea analizării datelor culese.
- analiza datelor și interpretarea rezultatelor în vederea stabilirii unor concluzii obiective asupra elementelor urmărite.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Realizarea imaginilor digitale cu ajutorul UAV-ului s-a realizat în data de 06.05.2020, în condiții de vânt și luminozitate optime pentru realizarea zborului și preluarea de imagini. Zborul s-a realizat în urma primirii autorizației de la AACRM(Autoritatea Aeronautică Civilă a Republicii Moldova) pentru zborul la o altitudine cuprinsă între 100 și 200 m. Alegerea efectuării zborului în luna mai este motivată de starea vegetației și în special a vremii favorabile pentru efectuarea zborului.

Parametrii tehnici de zbor setați în programul PIX 4D Capture au fost: înălțimea de zbor de 100 m, acoperirea longitudinală între imagini de 80%, acoperirea transversală între benzi de 80%, viteza de zbor de 14 m/s. În urma efectuării celor două zboruri, care au avut puncte diferite de lansare a UAV-ului, imaginile digitale au fost descărcate în vederea verificării vizuale. Primul bloc fotogrammetric a fost format din 266 imagini, iar cel de-al doilea din 180 imagini, mărimea imaginilor variind între 8 Mb și 9 Mb.

În procesul de reconstruire a rețelei celor 446 imagini digitale, folosind tehnica SfM și MVS, programul Pix4D a construit un nor rar format din 304711 puncte și un nor dens format din 170455258 puncte (fig. 3). Procesul de obținere a norului rar a durat aproximativ 16 minute, iar cel de obținere al norului dens aproximativ 6 ore. Timpul mult mai mic, în cazul obținerii norului rar de puncte s-a datorat faptului că, în cazul pădurii, nu au fost identificate multe trăsături comune în imagini în timpul alinierii acestora. Acest fapt, al lipsei trăsăturilor comune, se va resfrânge într-o oarecare măsură, așa cum se va constata ulterior, asupra preciziei produsului cartografic. Din analiza norilor de puncte s-a constatat că textura slabă a suprafeței a determinat o descreștere a trăsăturilor comune din imagine.

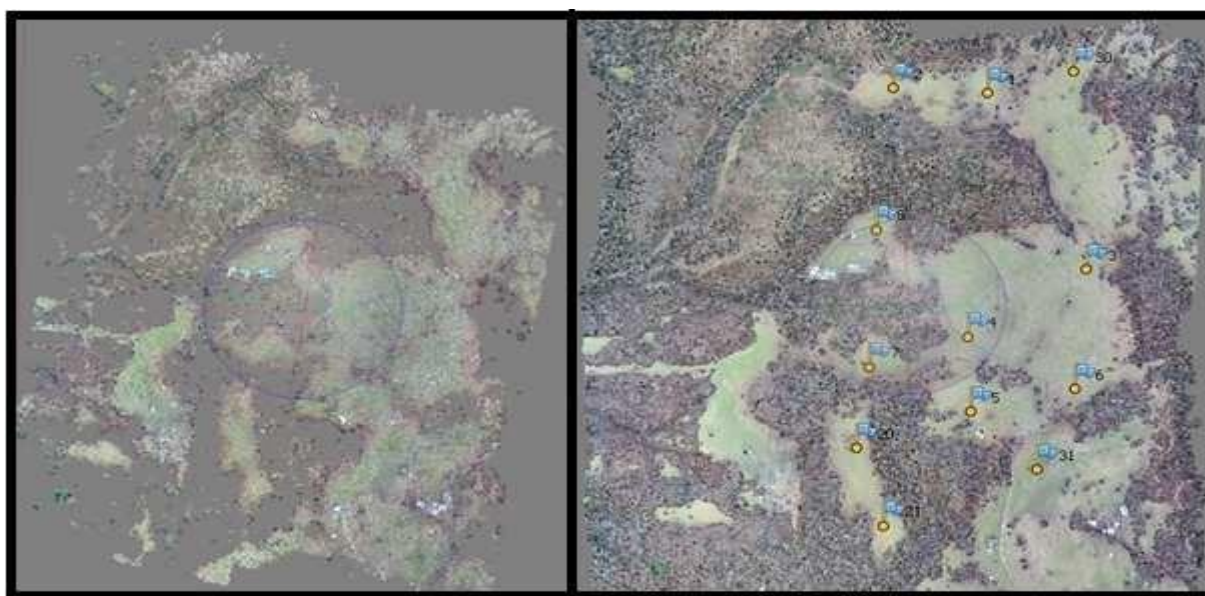


Figura. 3 - Norii de puncte obținuți în urma aplicării tehnicii SfM și MVS
(a) norul rar de puncte, (b) norul dens de puncte cu poziția reperilor fotogrammetrici

Evaluarea calității ortofotoplanului obținut a presupus, în primul rând, o inspecție vizuală în vederea urmăririi efectului pe care procesul de ortorectificare îl are asupra imaginilor digitale folosite. Ortofotoplanul a fost verificat în ceea ce privește vederea laterală a detaliilor înalte, liniile întrerupte, dar și din punct de vedere radiometric. În urma vizualizării ortofotoplanului s-a constatat că nu se întâlnesc vederi laterale ale detaliilor, acestea fiind în totalitate proiecții ortogonale, comparativ cu cele din imaginile originale, neprelucrate (fig. 4).

Având în vedere că în procesul de ortorectificare s-a folosit MDS-ul și nu MDT-ul, imaginile laterale au fost transformate în imagini ortogonale, eliminându-se astfel efectele provocate de proiecția perspectivă. Astfel, dacă în imaginile inițiale detaliile au vederi ușor laterale, în ortofotoplan acestea au fost eliminate.

În urma inspecției vizuale s-au mai constatat diferențe legate de textură și culoare. Acestea se datorează în special valorilor radiometrice diferite ale pixelilor înregistrați pe imagini diferite, dar apropiate, și care nu au fost corectate în procesul de mozaicare.

La rândul lor, variațiile radiometrice sunt provocate de unghiul de incidență al razelor solare sub care au fost înregistrate detaliile din teren, dar și datorită unghiului sub care au fost preluate imaginile. De asemenea, după rularea algoritmului de interpolare care a stat la baza obținerii modelului digital al suprafeței, nu s-au întâlnit muchii sau colțuri rotunjite în cazul construcțiilor existente.



Figura 4 - Vederea laterală a obiectelor în imaginea neprelucrată (a) și vederea ortogonală a acelorași detalii pe ortofotoplan (b)

Din inspectarea vizuală a imaginilor s-a dedus că acestea au fost clare, lipsite de zgomot, ceea ce arată că nu au existat disfuncționalități ale senzorului sau condiții atmosferice nefavorabile în momentul înregistrării, raportul semnal-zgomot fiind mare. Astfel, în urma prelucrării imaginilor cu programul Agisoft Photoscan s-a obținut un ortofotoplan pentru care nu au fost identificate probleme

majore de tipul liniilor întrerupte, cauzate de lipsa pixelilor sau deformărilor detaliilor din teren pe anumite direcții, detaliile liniare păstrându-și conformația din teren.

În analiza preciziei obținute în cazul celor două ortofotoplanuri au fost luate în discuție două cazuri: (1) fără folosirea reperilor fotogrammetrici și (2) cu folosirea reperilor fotogrammetrici determinați pe teren.

În primul caz ortofotoplanul s-a obținut prin orientarea imaginilor digitale numai pe baza datelor GNSS de la bordul UAV-ului. Această abordare constituie, în fapt, un indicator al preciziei, care poate fi generalizat pentru cazurile în care avem de-a face cu suprafețe întinse de pădure, unde reperii fotogrammetrici nu pot fi marcați și determinați. În acest caz, prin folosirea exclusivă a echipamentului GNSS de pe UAV, se poate stabili precizia ortofotoplanului obținut folosind numai aceste date. Această procedură poate fi folosită pentru cartografierea suprafețelor unde se acceptă precizie mai scăzută.

Precizia mai scăzută a ortofotoplanului se datorează, în principal, preciziei mai slabe a datelor furnizate de unitatea GNSS/IMU folosită la înregistrarea poziției fiecărui centru de perspectivă din momentul preluării imaginilor. Precizia mai scăzută pe axa Z se poate datora faptului că UAV-ul înregistrează înălțimea relativă de zbor deasupra zonei de lucru și nu altitudinea absolută dată față de nivelul mării.

Din practica curentă se cunoaște faptul că la baza realizării bazei grafice a amenajamentului silvic au stat planurile de bază la scara 1:5000 și 1:10000 obținute prin metoda stereorestituiției corespunzătoare tehnologiei și metodologiei de lucru a anilor '70. Prin digitizarea acestor planuri s-au stabilit limitele fondului forestier și, implicit, suprafețele acoperite de pădure, dar și de terenurile cu diferite subcategorii de folosință (pepiniere, cantoane ș.a.). Este evident faptul că, în decursul celor aproape 50 de ani, datorită evoluției naturale a vegetației și activității umane, au avut loc modificări, uneori semnificative, a limitelor fondului forestier. Totuși, în unele cazuri aceste modificări au fost surprinse și operate în amenajamentele silvice prin realizarea de măsurători terestre, folosindu-se de cele mai multe ori sisteme GNSS în simplă frecvență cu o precizie nesatisfăcătoare nevoilor cadastrale. Astfel de lucrări au fost locale, digitizarea și vectorizarea planurilor de bază rămânând sursa principală de date la stabilirea limitei. Baza de date GIS folosită ca referință în realizarea comparației cu planul parcelar vectorizat a fost obținută în mod oficial de la ICAS, ei realizând amenajamentul silvic al rezervației, ortofotoplanul obținut de la ICAS a fost comparat cu harta liniară din cadrul instituției INGEOCAD.

Planul a fost obținut prin vectorizarea planurilor de bază cu linii de nivel și, pentru anumite porțiuni, unde schimbările erau evidente, s-au realizat măsurători expeditivă cu aparatură GNSS în simplă frecvență. Datorită legislației tot mai restrictive care privește intrările și ieșirile de suprafețe din fondul forestier în fondul altor categorii de terenuri, s-a stabilit ca limita amenajamentului silvic să fie considerată prioritară indiferent de modul de obținere al acesteia, chiar dacă, în multe situații, aceasta nu mai reflectă situația din teren. Mai mult, este reglementat faptul că la întocmirea planurilor parcelare pentru terenurile aflate în fondul forestier sau în fonduri care se învecinează cu acesta, în vederea restituirii suprafețelor preluate în perioada comunistă, să se realizeze o corespondență deplină între limitele din amenajament (analogic sau digital) și cele din planul parcelar. Astfel, limitele din amenajamentul silvic au fost considerate ca referințe în compararea cu limitele stabilite prin vectorizarea ortofotoplanului.

Necorespondența limitelor între baza de date a ocolului silvic și cele vectorizate pe ortofotoplan (fig. 5) conduce implicit și la diferențe de suprafață dintre terenurile acoperite cu pădure și cele cu pășuni aflate în vecinătate. Suprafața considerată de referință și de la care s-a pornit în determinarea procentuală a schimbărilor dintre cele două planuri în cauză a fost considerată cea din amenajamentul silvic (fig. 6).



Figura 5 - Necoresponderea datelor din amenajamentul silvic cu situația reală

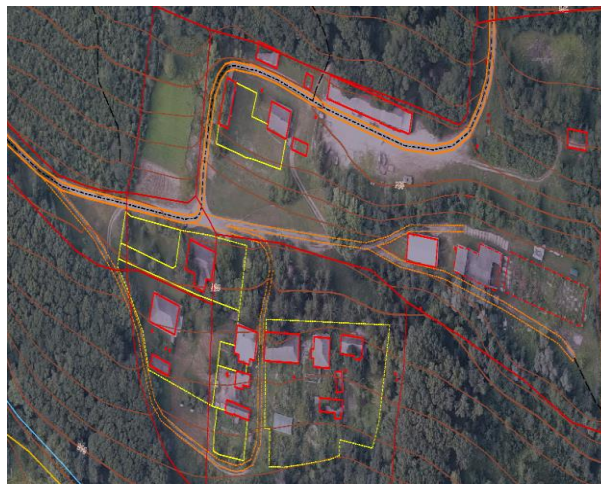


Figura 6 - Compararea amenajamentului silvic cu harta liniară

CONCLUZII

Evoluțiile recente ale tehnologiei ne permit să regândim cartografierea cadastrală contemporană. Vehiculele aeriene fără pilot (UAV-uri) cunoscute sub numele de drone evoluează ca un instrument alternativ pentru a obține date privind proprietatea funciară. UAV-urile pot capta date geospațiale la rezoluție înaltă într-un mod ieftin, transparent și flexibil. Imaginile capturate cu UAV-uri sunt din ce în ce mai utilizate în topografie indirectă pentru a delimita cu precizie limitele cadastrale vizibile. Multe limite cadastrale sunt vizibile, deoarece sunt delimitate de obiecte fizice, cum ar fi garduri, pereți, drumuri, clădiri sau râuri. În plus, progresele recente în detectarea și localizarea automată a obiectelor din imagini oferă noi oportunități de topografie indirectă: în loc să delimiteze manual limitele vizibile din imaginile cu rezoluție scăzută, limitele pot fi extrase automat prin aplicarea analizei imaginii la imaginile UAV de înaltă rezoluție. Astfel de soluții oferă potențialul de a îmbunătăți procedurile actuale de cartografiere cadastrală în ceea ce privește timpul, costul și acuratețea de dragul securității terenurilor la nivel mondial și al administrării durabile a terenurilor.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ORDIN Nr. 90din 04-04-2012 cu privire la aprobarea Normelor tehnice în domeniul silviculturii
2. Birjaru C., 2011, *Cercetări privind utilizarea tehnologiei LiDAR în lucrările de silvicultură*, Rezumat teză doctorat, Brașov, 60 pag
3. Boundary Line Extraction of Forest Land for Cadastral Resurvey Using UAV and GIS
4. Ghimbășan A.C., 2013a, *Aspects regarding the using of orthophotomaps in cadastral works*. Journal of Young Scientist, Vol.I, ISSN 2344 - 1283, pp. 211- 216.
5. Gülch E., 2012, *Photogrammetric measurements in fixed wign UAV imagery*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B1, pp. 381–386.
6. Kurczynski Z., Bakula K., Karabin M., Kowalczyk M., Markiewicz J. S., Ostrowski W., Podlasiak P., Zawieska D., 2016, *The possibility of using images obtained from the UAS in cadastral works*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 909-915, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-909-2016
7. Tereșneu C.C., 2011, *Some aspects of accuracy of determining the coordinates points in forestry*. În Studia Universitatis “Vasile Goldiș” Arad, Seria Științe Inginerești și Agro-Turism, vol. 6, Issue 2, “Vasile Goldiș” University Press, Arad, pp. 7-10.
8. Unmanned Aerial Vehicles for Geographic Data Capture: A Review HANNA GUSTAFSSON LEA ZUNA STOCKHOLM, SVERIGE 2017