

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00291

(22) Data de depozit: 25/04/2018

(41) Data publicării cererii:
30/08/2018 BOPi nr. 8/2018

(71) Solicitant:
• PROSIG EXPERT S.R.L.,
ȘOS. MIHAI BRAVU, NR.62 A, CORP B,
ET. 3, CAMERA 8, SECTOR 2, BUCUREȘTI,
B, RO

(72) Inventatori:
• BALOTA OCTAVIAN-LAURENTIU,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR.9, BL. PM62,
SC.2, ET.1, AP.58, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• ILIE DANIEL, STR. BAHLUIULUI, NR.10A,
BL.148, SC.B, ET.4, AP.63, PLOIEȘTI, PH,
RO;
• VULPE MARIAN, STR. CRINGULUI, BL.15,
SC.B, ET.4, AP.16, SFÂNTU GHEORGHE,
CV, RO;

• VASILE MARIA GABRIELA, STR. AVRIG,
NR.35, BL.441, SC.1, ET.6, AP.25,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• ENACHE MARIUS, B.D. BASARABIA
NR.208B, BL.2TITAN, ET.3, AP.13,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• IORDAN DANIELA, ALE. BARAJUL
CUCUTENI, NR.3, BL.A14, ET.5, AP.24,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• POPESCU GABRIEL, ALE.
COMPOZITORILOR, NR.13, BL.OD5, SC.7,
ET.3, AP.253, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• RĂDUCANU COSTINEL, STR.ODOBEȘTI,
NR.13, BL.V35, SC.A, ET.4, AP.16,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• PLISCA GRATIAN,
STR. GEORGE DEMETRESCU MIRCEA,
NR. 5-7, SC.A, AP.4, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU DE REPREZENTARE REALISTICĂ
ȘI MONITORIZARE A UNEI ARII GEOGRAFICE APROAPE
ÎN TIMP REAL, UTILIZÂND UN SISTEM UȘOR LIDAR-
CAMERĂ FOTO-UAV, SUB 15 KG**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de realizare a unui model virtual realist al unei arii geografice. Procedeu conform invenției constă în: stabilirea (A) unei arii de înregistrare a datelor, realizarea (B) unui proiect privind culegerea de date folosind o cameră fotogrametrică și un senzor LIDAR, montate pe un vehicul aerian fără pilot (UAV), prevăzut cu echipamente de poziționare de tip GNSS și IMU, realizarea (C) zborului în timpul căruia se obțin date (6) brute LIDAR sub formă de ecouri și amplitudini, și date (5) optice, în condițiile în care, în timpul zborului, se combină datele de la sistemul GNSS de la sol și de pe UAV cu datele de la sistemul IMU, pentru obținerea unor date de poziție și a unor elemente de orientare necesare pentru compensarea și generarea unei traiectorii de zbor (7) corecte, calibrarea (F) geometrică a datelor LIDAR și calcularea (G) parametrilor de orientare exterioară pentru obținerea de fotograme (9) orientate care, în final, sunt fuzionate (F) cu datele (8) LIDAR calibrate geometric pentru a obține un nor de puncte (10) calibrat și colorat RGB, care reprezintă setul de date de intrare al unei aplicații (I) de vizualizare și reprezentare realistă, care generează un model virtual realist al suprafeței înregistrate.

Revendicări: 1
Figuri: 6



Fig. 6

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



59

PROCEDEU DE REPREZENTARE REALISTICĂ ȘI MONITORIZARE A UNEI ARII GEOGRAFICE APROAPE ÎN TIMP REAL, UTILIZÂND UN SISTEM UȘOR LIDAR – CAMERĂ FOTO – UAV, SUB 15 KG

Invenția se referă la un procedeu de realizare a modelelor virtual-realistice pentru reprezentarea și monitorizarea unor arii geografice, în special a celor greu accesibile, într-un timp relativ scurt, în domeniul apropiat timpului de incidență (*near real-time*), utilizând sisteme de culegere date neinvazive și nedistructive bazate pe senzori de scanare LIDAR și de fotografiere simultană, instalați pe un UAV cu masa totală la decolare sub 15Kg.

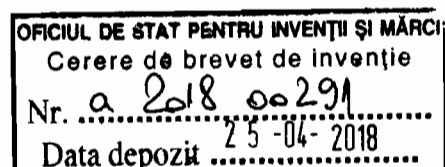
Prin această invenție se poate genera un model 3D (direct în teren) al unei suprafețe de teren cu tot ce este construit sau existent în mod natural pe aceasta, modelul putând fi reprezentat în spațiul virtual prin culori realiste. Această reprezentare este utilă factorilor de analiză și de decizie, aceștia putând realiza diferite măsurători în model fără a vizita terenul. În plus, utilizatorul invenției poate vizualiza datele, modelul virtual realist din mai multe puncte de vedere, se poate poziționa în locații pe care în teren nu le-ar fi putut accesa.

Stadiul cunoscut al tehnicii:

Un **Model Virtual Realistic (MVR)** se poate obține utilizând tehnici fotogrammetrice sau LIDAR. Pentru un model cu grad mare de detaliere este indicat să se utilizeze tehnologia LIDAR. Trebuie însă știut că prin tehnologia LIDAR se obține un nor de puncte și acesta trebuie colorat cu ajutorul imaginilor, deci sunt necesare imagini care să furnizeze punctelor culoarea naturală. Pentru ca o reprezentare prin puncte a unui peisaj să fie realistă, densitatea de puncte trebuie să fie foarte mare ceea ce nu se poate realiza cu sistemele tradiționale, respectiv utilizând sistemele LIDAR montate pe avioane sau elicoptere cu pilot uman la bord.

Reprezentările realiste fidele sau cât mai apropiate de realitate se obțin prin vectorizarea stereoscopică a construcțiilor și obiectelor de pe suprafața terenului, modelarea acestora prin forme geometrice și asignarea de culori pe fațetele obiectului geometric. Aceste reprezentări au avantajul utilizării unui spațiu mic de memorie, dar reprezentarea virtuală ține cont de gradul de abstractizare în procesul de vectorizare.

Pe de altă parte modelarea vegetației prin mijloace fotogrammetrice se face schematic prin utilizarea de modele predefinite de arbori. Aceste procedee nu permit obținerea de puncte în zonele acoperite cu vegetație deoarece prin metodele fotogrammetrice, pentru a se putea genera poziția unui punct, este necesar ca acesta să fie vizibil din aer de către senzor din cel puțin două poziții diferite, pe când prin



tehnologia LIDAR este suficient ca punctul respectiv să fie vizibil sistemului de scanare dintr-o singură poziție. Reprezentarea realistă realizată utilizând invenția, descrie vegetația exact așa cum este ea, forma coroanelor fiind identică formei reale din teren.

Pentru generarea modelelor virtuale sunt cunoscute mai multe procedee, bazate pe următoarele date brute:

1. Fotograme aeriene (camere fotogrametrice imbarcate pe aparatul de zbor cu pilot uman la bord, aparatul de zbor are motoare puternice cu ardere internă),
2. Nor de puncte LIDAR achiziționate de pe platforme aeriene clasice (senzor LIDAR),
3. Nor de puncte LIDAR fuzionate cu date optice (imagini) și achiziționate de pe platforme aeriene ușoare, fără pilot (UAV)

Procedeele bazate pe „Fotograme aeriene” (primul menționat mai sus) este cel mai cunoscut și se realizează cu costuri foarte mari prin procese de vectorizare pe cuple stereoscopice și editări ulterioare foarte laborioase. Procedeele au câteva dezavantaje majore:

- Poluează fonice
- Poluează cu gaze de ardere
- Consumă combustibil fosil
- Grad redus de automatizare
- Costuri inițiale ale sistemului mult mai mari decât în cazul UAV-urilor
- Durata de realizare a modelului virtual este foarte mare, de ordinul zilelor și zecilor de zile
- Procedeele nu sunt eficiente pentru monitorizarea la intervale scurte de timp, mobilizarea echipamentelor de preluare realizându-se pe parcursul a câteva zile
- Costuri ridicate, dat fiind că sunt implicate consumuri importante de resurse materiale și umane.

Al doilea cel mai cunoscut procedeu de realizare a unui model virtual se bazează pe achiziția norului de puncte LIDAR de pe platforme aeriene clasice. Acest procedeu presupune de asemenea mai multe dezavantaje majore, enumerate mai jos:

- Poluează fonice
- Poluează cu gaze de ardere
- Consumă combustibil fosil
- Densitate mică a punctelor pe metru pătrat și implicit modelări virtuale foarte slab calitative (dezavantaj major pentru situațiile în care detaliile sunt importante)
- Costuri inițiale ale sistemului mult mai mari decât în cazul UAV-urilor
- Costuri ridicate, dat fiind că sunt implicate consumuri importante de resurse materiale.

La nivel național tehnologia LIDAR este dezvoltată doar pe platforme aeriene cu pilot uman la bord care necesită costuri mari, timp mai mare de pregătire și procesare. Mai mult decât atât, aceste sisteme LIDAR pe avioane sunt impropii proiectelor de suprafață mică.

Unul dintre cele mai mari neajunsuri ale procedeele clasice (prezentate mai sus) este imposibilitatea de a crea modele realiste, rezumându-se doar la obținerea modelelor virtuale, ce aproximează / generalizează realitatea mediului. În acest sens, singurul procedeu ce poate fi utilizat pentru generarea unui model virtual realist (MVR) presupune procesarea datelor LIDAR fuzionate cu fotografiile aeriene, date obținute simultan cu un sistem de tipul LIDAR - Camera Foto – UAV. Acest procedeu asigură discretizarea unui număr foarte mare de puncte, ce conțin inclusiv informația RGB, redând astfel cât mai fidel realitatea zonei survolate.

La nivel internațional, european, din cunoștințele noastre, un astfel de sistem comparabil din punct de vedere tehnic și financiar, utilizat în Europa este sistemul YellowScan's LIDAR care se bazează tot pe scannerul laser Velodyne VLP16 ce furnizează 600.000 de puncte pe secundă. Desigur că pe plan internațional există și sisteme LIDAR - Cameră Foto - UAV mai performante din punct de vedere a densității de puncte și a puterii de recepție a semnalelor, cum sunt sistemele furnizate de Riegler, dar acestea se încadrează în alte clase de UAV cu greutatea de peste 25 kg care au nevoie de condiții speciale de survol (conform reglementărilor Autorității Aeronautice Civile Române).

Pentru alte aplicații, un exemplu de utilizare a unui astfel de sistem este descris în ultimul număr al revistei GIM și se referă la monitorizarea eroziunii costiere „Monitoring Coastal Erosion with UAV LIDAR - 15/03/2018“ (<https://www.gim-international.com/content/article/monitoring-coastal-erosion-with-uav-lidar>).

Astfel, utilizarea tehnologiei LIDAR pe sisteme UAV confirmă avantajele unor astfel de sisteme pentru supravegherea și monitorizarea schimbărilor de peisaj prin flexibilitate, procesare rapidă, fiind de un mare ajutor în luarea deciziilor în cunoștință de cauză.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă într-un procedeu complex de integrare a unui sistem LIDAR - Camera Foto – UAV cu aplicații software și metode de lucru pentru obținerea unui model virtual-realistic într-un timp cât mai scurt de la producerea evenimentului, ce presupune măsurarea/monitorizarea și reprezentarea virtual realistă prin puncte atât de dese astfel încât toate detaliile peisagistice să fie puse în evidență. Invenția propune ca, atât achiziția datelor cât și furnizarea produsului finit, să se realizeze direct în teren (în locația geografică pentru care se realizează MVR), într-un interval scurt de timp, fără a mai fi necesare procesări îndelungate la birou.

Pentru realizarea modelului virtual-realistic într-un timp scurt, folosim în procedeu datele furnizate de sistemul național Rompos, aplicația LIDAR Tools (dezvoltată de solicitant) aplicația POTREE-PROSIG (realizată de solicitant prin dezvoltarea și optimizarea aplicației open source Potree).

Aplicațiile LIDAR Tools și POTREE-PROSIG au fost optimizate în vederea obținerii rezultatelor direct în teren. Aplicația Potree-Prosigs este concepută atât pentru utilizarea locală, cât și ca aplicație web-browser (în mediul online), ceea ce oferă oportunitatea vizualizării realiste atât de către un factor decident aflat la fața locului (ex. echipa de intervenție) cât și (simultan) de către un factor decident aflat în altă locație (ex. o Celulă de Criză formată în cadrul Administrației Publice Centrale).

Procedeu de realizare a Modelului Virtual Realistic (MVR) utilizând un sistem LIDAR-Cameră Foto-UAV de mici dimensiuni, cu masa totală la decolare sub 15kg, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că, se fuzionează datele optice orientate absolut, preluate cu o cameră fotografică cu datele LIDAR calibrate geometric și fizic, generate de sistemul de scanare, pentru o arie de suprafață medie la o precizie și densitate de puncte stabilite prin cerință, și care constă în realizarea unui proiect de culegere date cu o cameră fotogrammetrică și un senzor LIDAR montate pe un UAV cu echipamente de poziționare GNSS și de tip inerțial IMU, respectiv stabilirea ariei de înregistrare și realizarea unui proiect de aerofotografiere și scanare laser, realizarea zborului cu sistemul LIDAR - Camera Foto - UAV pentru obținerea de date brute LIDAR sub formă de ecouri și amplitudini și date optice, combinarea datelor GNSS de la sol și de pe UAV cu datele IMU pentru obținerea datelor de poziție și a elementelor de orientare prin procese și pentru compensarea și generarea unei traiectorii de zbor corecte, calibrarea geometrică a datelor LIDAR pe baza corecțiilor RTK de la datele GNSS de la stația de referință D-RTK, precum și cele obținute prin interconectare la sistemul ROMPOS pentru corectarea traiectoriei și calculul parametrilor de orientare exterioară pentru georeferențierea imaginilor și obținerea imaginilor orientate care sunt în final fuzionate prin procesul cu datele LIDAR calibrate geometric pentru a se obține norul de puncte calibrat și colorat care este setul de date necesar pentru aplicația de vizualizare și reprezentare virtual realistică prin care se generează astfel, Modelul Virtual Realistic al suprafeței înregistrate.

Avantaje Generale

Un mediu complex în care factori naturali și antropici modelează peisajul în mod continuu, peisajul trebuie gestionat și monitorizat relativ în timp real. Datele achiziționate cu tehnologia LIDAR reprezintă un avantaj pentru aceste investigații topografice prin caracterul nedistructiv, neinvaziv dar de precizie cu un nivel de detaliu aproape fără limite. În unele zone sunt necesare irigațiile iar în alte zone rezervele

de apă din zonele urbane au scăzut datorită consumului tot mai mare de apă. Tot cu tehnologia LIDAR pot fi evaluate evenimente precum inundațiile sau furtunile sezoniere prin achiziția rapidă a datelor pentru ariile calamitate. Sistemul LIDAR - Cameră Foto - UAV permite monitorizarea culturilor agricole, în special a ritmului de creștere a acestora și în final pentru pronosticul corect al productivității.

Avantaje specifice ale invenției

„Procedeele de reprezentare realistă și monitorizare a unei arii geografice în domeniul temporal *near real-time*, utilizând un sistem LIDAR – Camera Foto – UAV de mici dimensiuni (sub 15 Kg)” oferă următoarele avantaje comparativ cu procedeele clasice de reprezentare realistă și monitorizare:

- Procedeele sunt complet nepoluante, nu consumă combustibili fosili, nu poluează fonic, nu afectează biodiversitatea din ariile investigate utilizând un sistem complet electric; procedeele pot fi utilizate inclusiv în medii și arii protejate, cum ar fi zona Deltei Dunării.
- Grad ridicat de automatizare.
- Cost inițial al sistemului și cost de operare mult mai scăzut comparativ cu al celorlalte procedee bazate pe utilizarea aparatelor de zbor cu pilot uman la bord.
- Timp rapid de realizare a modelului virtual-realistic (domeniul *near real-time*). Prin procedeele propuse, modelul virtual-realistic se poate realiza într-un timp maxim de 3 ore și 40 minute (dacă nu se ia în considerație timpul ce reprezintă parcurgerea drumului către zona de interes). Cerințele de zbor fiind mult mai permissive pentru UAV, comparativ cu aparatul de zbor cu pilot uman la bord [respectiv: (i) pregătirea zborului durează mult mai puțin, (ii) plafonul de nori nu împiedică preluarea datelor, (iii) pentru UAV cu masa totală la decolare sub 15 Kg, zborul se autorizează printr-un simplu apel telefonic dat la Centrul de Operațiuni Aeriene, operarea UAV nu necesită brevet de pilot], invenția realizată permite monitorizarea ariei geografice de interes într-un timp apropiat de momentul apariției evenimentului perturbator (calamități naturale, dezastre antropice). Invenția permite realizarea de simulări ale unor eventuale catastrofe sau scenarii posibile, într-un timp foarte scurt, oferă suport informațional unor factori decizionali distribuiți geografic (atât în zona geografică de interes cât și unei celule de criză aflată în altă locație).
- Achiziția datelor LIDAR se poate realiza și pe timpul nopții pentru realizarea unui model tridimensional, dar fără informații RGB (fotografiile aeriene nu pot fi obținute).
- Gradul de detaliere al ariei geografice asupra căreia se realizează zborul este mult mai ridicat decât al altor sisteme clasice.
- Procedeele de achiziție a datelor LIDAR și optice permit obținerea unei precizii interne ridicate (de maxim 5.5 cm) și a unei precizii absolute cuprinsă între 13 cm și 25 cm, fără a se realiza o

post-procesare. Precizia absolută menționată se poate obține atât în sistemele naționale de coordonate, cât și în cele globale de poziționare. Această îmbunătățire a preciziei (atât internă cât și absolută) s-a realizat prin integrarea în procedeu a corecțiilor satelitare furnizate de sistemul național de poziționare Rompos dezvoltat de către ANCPI. Îmbunătățirea preciziei conduce la posibilitatea utilizării datelor în domeniul *near real-time* inclusiv în cazurile de monitorizare ale unor areale. De menționat este că sistemul LIDAR – Camera Foto – UAV a fost conceput la comanda noastră astfel încât să se utilizeze un sistem de poziționare mult mai precis prin utilizarea a două antene D-RTK pe platforma aeropurtată, fiind o componentă importantă în îmbunătățirea preciziei datelor LIDAR.

- Prin îmbunătățirea preciziei (atât internă cât și absolută) se pot realiza calcule volumetrice de precizie ridicată, comparativ cu rezultatele obținute prin măsurători clasice. Sistemul este capabil a înregistra până la 600.000 de puncte pe secundă și peste 200 de puncte pe metru pătrat (în funcție de viteza de zbor).

Conform invenției se ține seama de următorii factori, respectiv:

- Condițiile meteorologice sunt un factor determinant, motiv pentru care procedeu inventat se poate aplica doar în condiții atmosferice fără umiditate ridicată (burniță, ploaie) și fără intensificări prea mari ale vântului (viteză maximă a vântului de 29 km/h).
- Pentru achiziția datelor LIDAR și optice, este necesar a se asigura permanent o linie vizuală directă cu sistemul LIDAR - Camera Foto – UAV. Acest lucru, precum și autonomia de zbor, limitează sistemul la o rază de utilizare de maxim 1 km față de baza de operare.
- Autonomia de zbor a sistemului LIDAR - Camera Foto – UAV este limitată la maximum 20 de minute de zbor (viteză medie de 22 km/h, vânt moderat).

Se dă în continuare un exemplu de realizare al invenției în legătură cu figurile 1 – 6, care reprezintă:

- Figura 1. Instalarea sistemului de control și a celorlalte echipamente de scanare și poziționare.
- Figura 2. Reprezentarea realistă prin metoda HQ-Splats – Potree Prosig.
- Figura 3. Reprezentarea realistă prin metoda HQ-Splats, vedere laterală – Potree Prosig.
- Figura 4. Reprezentarea realistă prin metoda HQ-Splats, vedere de ansamblu – Potree Prosig.
- Figura 5. Conturarea construcțiilor și a altor obiecte de peisaj prin mărirea factorilor de contrastare.
- Figura 6. Diagrama fluxului de proces pentru obținerea MVR [în care cu litere (A, B, C, ...etc) și cu albastru am marcat procesele, iar cu numere (1, 2, 3, ..etc) și cu verde am marcat rezultatele]

Conform invenției, în diagramele de proces din figurile 6 și 7, procedeul de generare a Modelului Virtual-Realistic (MVR) se bazează pe utilizarea unui sistem LIDAR - Camera Foto – UAV (sub 15 kg) format din următoarele componente:

- UAV de tip helicopter
- Senzor LIDAR (cu capacitate de minim 600.000 puncte/s)
- Cameră Foto (24 Megapixeli)
- Senzor IMU
- Sistem de corectare a traiectoriei de zbor bazat pe corecții satelitare (sistem D-RTK)
- Unitatea CPU de corelare a datelor LIDAR-IMU-GPS-Cameră

Echipamentul este completat la sol cu următoarele componente:

- Radio-telecomandă și sistem de vizualizare a parametrilor de zbor
- Sistem de generare a corecțiilor satelitare (sistem D-RTK)
- Stație de control la sol (Laptop, antena Wifi unidirecțională, modul de comunicare 3G/4G)
- Aplicații de procesare și monitorizare a datelor [LIDAR Tools și Potree-Prosig (ambele dezvoltate de solicitantul invenției), DJI Go, Hangar Autopilot, SpatialLightHouse, Image Data Converter, SpatialExplorer, SpatialFuser]

Datorită particularităților zborului unui UAV (comparativ cu zborul unui avion), rezultă următoarele particularități ale datelor (LIDAR și a imaginilor fotografice) preluate cu ajutorul UAV, comparativ cu datele similare preluate din avion, respectiv:

- UAV fiind mult mai sensibile la curenți de aer și la volume de aer cu densități diferite, execută mici mișcări necontrolabile atât pe axele (x, y, z) cât și înclinări și rotiri; prin urmare datele au erori mai mari [atât pe cele 3 axe (x, y, z) cât și de rotație (ϕ , ω , k) în jurul celor 3 axe].
- UAV zboară la altitudini mai mici (mult mai aproape de obiectivele monitorizate), prin urmare se vor obține: (i) mai multe imagini fotografice cu rezoluție spațială mai mare, fiecare imagine acoperă o suprafață la sol mai mică, (ii) norul de puncte LIDAR este mai dens (nr. puncte / mp este mai mare).
- Cerințele de zbor fiind mult mai permissive pentru UAV, comparativ cu aparatul de zbor cu pilot uman la bord [respectiv: (i) pregătirea zborului durează mult mai puțin, (ii) plafonul de nori nu împiedică preluarea datelor, (iii) pentru UAV cu masa totală la decolare sub 15 Kg, zborul se autorizează printr-un simplu telefon dat la Centrul de Operațiuni Aeriene, operarea UAV nu necesită brevet de pilot], în situații de dezastre, preluarea datelor cu ajutorul UAV se poate face imediat ce situația o cere.

Având în vedere aspectele menționate mai sus, pentru a valorifica avantajele UAV am dezvoltat un nou procedeu de lucru bazat pe:

- algoritmi mai eficienți pentru procesarea datelor.
- metode de calcul paralel (prelucrarea simultană a datelor LIDAR și a imaginilor fotografice).
- noi metode de lucru pentru achiziția și procesarea datelor (LIDAR și a imaginilor fotografice).

Invenția constă într-un procedeu de realizare a reprezentării realiste a unei arii geografice în domeniul temporal *near real-time*, utilizând un sistem LIDAR – Camera Foto – UAV de mici dimensiuni (cu masă totală la decolare sub 15 Kg). Monitorizarea unei arii geografice presupune realizarea mai multor reprezentări realiste asupra aceleiași zone, la momente de timp diferite, pentru identificarea schimbărilor de peisaj și efectuarea de măsurători comparative pe aceleași obiective. Astfel, invenția propusă pentru revendicare presupune următoarele etape:

1. **Mobilizarea personalului și a echipamentelor de lucru.** Această etapă decurge de la solicitarea de înregistrare a datelor LIDAR și presupune informarea echipei asupra zonei de lucru și a obiectivului supus analizei. Echipa este formată din 3 persoane calificate pentru realizarea misiunii de zbor și a modelului virtual realistic. După informare, echipa transportă echipamentul în proximitatea ariei geografice de interes. Întreaga mobilizare se realizează în maxim 30 de minute.
2. **Instalarea și pregătirea de zbor a sistemului LIDAR – Cameră Foto – UAV.** Ajunsă în zona de interes, echipa analizează cea mai bună poziționare asupra ariei unde se va realiza achiziția datelor LIDAR-optice, astfel încât să existe vizibilitate maximă. Cu ajutorul aplicației SpatialLightHouse (dezvoltată de către integratorul sistemului) se conectează sistemul LIDAR – Cameră Foto – UAV la sistemul național de corecții satelitare Rompos. Cu ajutorul aplicației SpatialExplorer se verifică parametrii de funcționare ai senzorului LIDAR și ai senzorului IMU (senzorul pentru corecțiile unghiurilor de rotație și înclinare ale dronei), precum și senzorii de poziționare și calibrare. Sistemul trebuie să rămână poziționat astfel, timp în care parametrii de poziționare și calibrare se ajustează pentru o precizie cât mai bună. În acest timp, pe tableta atașată radio-telecomenzii de zbor se realizează planul de zbor (cu ajutorul aplicației Hangar Autopilot). Laptopul pentru monitorizarea datelor înregistrate s-a instalat pe masa de campanie, conectându-se antena WIFI pentru comunicarea cu sistemul LIDAR aeropurtat. În funcție de caracteristicile de peisaj, în această perioadă se poate utiliza o antenă WIFI unidirecțională. Acest lucru permite proiectarea unor traiectorii de zbor pe o lungime mult mai mare. Întreaga instalare și pregătirea de zbor se realizează în maxim 30 de minute (figura 1).

3. **Realizarea zborului și achiziția datelor LIDAR și optice.** Pentru obținerea unei precizii ridicate a datelor achiziționate, zborul se realizează astfel: UAV se ridică cu viteză constantă, vertical, până la altitudinea proiectată de zbor; cu ajutorul radio-telecomenzii se realizează în zbor două figuri de tipul opt (aceasta aduce precizia traiectoriei de zbor în domeniul subcentimetric). Se încadrează aeronava pe traiectoria de zbor și se pornește senzorul LIDAR, precum și senzorul optic din aplicația SpatialExplorer. Din acest moment se trece pe autopilot din aplicația Autopilot. Cu ajutorul antenei unidirecționale WIFI, ce trebuie orientată permanent către sistemul LIDAR-Dronă, se recepționează date în timp real pe laptopul ce reprezintă sistemul de control la sol. Datele nu conțin și informație RGB dar pot fi concludente în anumite situații critice. După finalizarea zborului se trece pe pilot manual și se aterizează într-o zonă plană. Întregul zbor durează maxim 20 de minute, în funcție de zona ce necesită a fi măsurată/monitorizată.
4. **Descărcarea și managementul datelor achiziționate.** Se aterizează sistemul LIDAR – Cameră Foto – UAV lângă zona sistemului de control la sol, nu se întrerupe alimentarea, sistemul achiziționează noi parametri de corecție GNSS specifici punctului de aterizare. Se descarcă datele optice, datele navigaționale, precum și datele LIDAR (formate de date brute). Datele sunt stocate pe laptopul performant într-un sistem de stocare de tipul SSD (pentru a măări viteza de scriere, citire și implicit de procesare). Întreaga operațiune durează maxim 15 minute.
5. **Procesarea prin fuzionarea datelor LIDAR și optice.** Fuziunea datelor se realizează cu ajutorul aplicației SpatialFuser, prin încărcarea datelor navigaționale, a datelor LIDAR, precum și a datelor optice în format JPG. Se procesează datele optice din formatul de date brut (arw) în formatul JPG prin utilizarea aplicației Image Data Converter. Toate datele sunt încărcate mai apoi în aplicația SpatialFuser. Rezultatul se salvează într-un fișier de tip LAS. În această etapă se alege și sistemul de proiecție în care vor fi exportate datele procesate. Această etapă se realizează în maxim 40 de minute.
6. **Procesarea și filtrarea datelor pentru excluderea datelor neverosimile.** Înainte de realizarea modelării virtual-realistice, este necesară filtrarea anomaliilor înregistrate în timpul zborului (puncte achiziționate pe păsări, fuzelajul aeronavei sau ecouri false). Această etapă se realizează cu ajutorul aplicației LIDAR Tools dezvoltată de către solicitant. Pentru identificarea anomaliilor se utilizează 2 metode, în funcție de configurația norului de puncte. Pentru punctele ce reprezintă anomalii evidente (inclusiv la o inspecție vizuală) și în cazul în care suprafața scanată este relativ plană, utilizând și raportul de distribuție a punctelor pe înălțime se utilizează metoda

„ABSOLUTE HEIGHT”, care pe baza unor parametri configurabili poate filtra puncte-anomalii de tip low noise/high noise. În cazul în care metoda nu poate fi aplicată, sau pentru a găsi și alte puncte-anomalii, se folosește metoda „ISOLATION”. Prin această metodă, norul de puncte este împărțit în spații 3D (configurabil în funcție de zonă, dar ținând cont și de densitatea și spațierea punctelor LIDAR) și se caută acele zone în care apare un număr de puncte mai mic decât o anumită valoare (configurabilă).

Anomaliile identificate se clasifică separat într-o clasă specială, rezultând în final un fișier de puncte LAS, clasificate separat ce conține doar punctele verosimile. Etapa se realizează în maxim 20 de minute.

- 7. Extragerea punctelor LIDAR ce definesc forma terenului.** Extragerea punctelor de la sol se realizează cu aplicația LIDAR Tools dezvoltată de solicitant. Pentru extragerea punctelor ce definesc forma terenului se utilizează 2 metode, în funcție de configurația norului de puncte. Pentru cazul în care suprafața scanată este relativ plană, utilizând și raportul de distribuție a punctelor pe înălțime se poate folosi metoda „ABSOLUTE HEIGHT”, care pe baza unor parametri configurabili poate filtra punctele care se încadrează între anumite cote. A doua metodă ce se aplică, poate fi folosită pe orice tip de suprafață, este denumită „GRID-ELEVATION FILTER”. Prin această metodă norul de puncte este împărțit în spații 3D (configurabil în funcție de zonă, dar ținând cont și de densitatea și spațierea punctelor LIDAR). Punctele cu cota cea mai mică din fiecare spațiu din gridul creat se marchează și apoi se verifică dacă formează cu punctele adiacente o pantă mai mică decât o valoare setată (configurabilă).

Etapa durează maxim 30 de minute, iar rezultatul se prezintă sub forma unui nor de puncte LIDAR clasificat, în format LAS. Menționăm faptul că această etapă este opțională în realizarea modelului virtual realistic.

- 8. Transformarea în sistemul național altimetric de coordonate.** În cazul în care este necesară transformarea norului de puncte și în sistemul național altimetric, diferit de sistemul global de cote elipsoidale ce rezultă din aplicația SpatialFuser, se utilizează aplicația LIDAR Tools. Astfel norul de puncte LIDAR se transformă în sistemul național de coordonate altimetrice Marea Neagră 1975, ediție 1990. Întreaga etapă durează aproximativ 20 minute și este opțională în realizarea modelului virtual realistic.
- 9. Realizarea modelului virtual realistic.** Norul de puncte LIDAR astfel obținut se încarcă în aplicația Potree-Prosig pentru crearea, modelului virtual-realistic. Pentru realizarea MVR, se

realizează o parametrizare (pentru a obține rezultate precum modelele realiste prezentate în figura 2, figura 3, figura 4 și figura 5), ce presupune afișarea numărului maxim de puncte în câmpul vizual apropiat (5 milioane de puncte). De asemenea se setează ca parametrul *Min Node Size* să fie la minim, astfel încât să nu fie decimate puncte la afișarea realiste. Dimensiunea punctului trebuie ajustată la valoarea de 3, pentru a umple eventualele goluri dintre puncte. Un alt parametru este modul de afișare al fundalului: negru sau cer, precum și modul de afișare calitativă a punctelor, cel mai indicat fiind *HQ-Splats*. Aplicația Potree-Prosig utilizează și alți parametri pentru reprezentarea realiste (RGB, clasificare, înălțime, culoare, tip de răspuns, sursa, intensitate), însă cei mai importanți sunt cei deja menționați.

Punerea în evidență a liniilor electrice și a stâlpilor de înaltă tensiune se face printr-o modelare realiste cu accentuarea factorilor de contrastare, figura 5. Modelarea se realizează în maxim 15 minute.

După realizarea modelului virtual realiste (cu informație spațială tridimensională, dar și cu informații RGB), tot în aplicația Potree-Prosig se poate vizualiza și utiliza modelul astfel realizat. Astfel se pot realiza măsurători de distanțe, arii și profile în zonele de interes.

Conform invenției, procedeul pentru reprezentarea realiste a unei arii geografice în domeniul temporal *near real-time*, utilizând un sistem LIDAR – Camera Foto – UAV de mici dimensiuni (cu masă totală la decolare sub 15 Kg), **se realizează în maximum 3 ore și 40 de minute** (2 ore și 50 de minute dacă nu se aplică etapele opționale). Importanța acestui procedeu este dat de gradul de detaliere ridicat, precizia crescută și de rapiditatea cu care se pot lua decizii corecte și concrete în situații critice.

Spre deosebire de alte procedee, invenția propusă este non-invazivă asupra mediului, fără poluare sau zgomot excesiv, este rapidă (aplicabilă în domeniul *near real-time*), poate fi utilizată în situațiile critice și în zone greu accesibile sau complet neaccesibile, inclusiv în ariile protejate.

Modelul virtual-realiste realizat poate fi vizualizat de către orice beneficiar prin intermediul aplicației web Potree-Prosig, fără a fi necesare alte aplicații de specialitate.

În cazul accidentelor (industriale, auto, etc.), modelarea 3D realistă se poate utiliza pentru analize și simulări ulterioare privind cauzele ce au determinat apariția acestora, astfel zona afectată poate fi eliberată de efectele accidentului imediat după producerea zborului. Acest lucru presupune un timp total de 1 oră și 20 minute de la ajungerea în zonă a echipei de operatori.

Crearea unui model virtual-realistic (MVR), ce discretizează foarte bine zona de interes, conduce la o serie de aplicații ce se pot genera pe baza acestuia: simulări realiste, analize spațiale și temporale, măsurători tridimensionale, baze de date istorice, suport pentru proiectarea deciziilor, monitorizarea evoluției în timp, etc.

Aplicațiile invenției

Invenția a fost concepută pentru a fi utilizată în zone critice, cu acces redus sau chiar imposibil: în zone afectate de calamități naturale (cutremure, alunecări de teren, despăduriri, inundații, etc.), dezastre antropice (accidente industriale, accidente auto, prăbușirea și/sau surparea unor elemente de infrastructură civilă sau rutieră), cariere de suprafață, iazuri și halde de steril, zone mlăștinoase, etc., inclusiv în medii toxice (în cazul unui accident industrial) și în arii protejate (cum ar fi zona Deltei-Dunării). În acest sens prin invenția supusă revendicării, se dorește realizarea modelului virtual-realistic într-un timp cât mai scurt pentru ca factorii de decizie să poată analiza, decide și acționa cât mai rapid.

REVENDICARE

Procedeu de realizare a Modelului Virtual Realistic (MVR) utilizând un sistem LIDAR-Cameră Foto-UAV de mici dimensiuni, sub 15kg în greutate, caracterizat prin aceea că, se fuzionează datele optice orientate absolut (9) preluate cu o cameră fotografică și datele LIDAR calibrate geometric și fizic generate de sistemul de scanare (8) pentru o arie de suprafață medie la o precizie și densitate de puncte stabilite prin cerință (1), și care constă în realizarea unui proiect de culegere date cu o cameră fotogrammetrică și un senzor LIDAR montate pe un UAV cu echipamente de poziționare GNSS și de tip inerțial IMU, respectiv stabilirea ariei de înregistrare (A) și realizarea unui proiect de aerofotografiere și scanare laser (B), realizarea zborului cu sistemul LIDAR - Camera Foto - UAV (C) pentru obținerea de date brute LIDAR (6) sub formă de ecouri și amplitudini și date optice (5), combinarea datelor GNSS de la sol și de pe UAV (3) cu datele IMU (4) pentru obținerea datelor de poziție și a elementelor de orientare prin procesele (D) și (E) pentru compensarea și generarea unei traiectorii de zbor (7) corecte, calibrarea geometrică a datelor LIDAR (F) pe baza corecțiilor RTK de la datele GNSS (2) de la stația de referință D-RTK, precum și cele obținute prin interconectare la sistemul ROMPOS pentru corectarea traiectoriei (7) și calculul parametrilor de orientare exterioară (G) pentru georeferențierea imaginilor și obținerea imaginilor orientate (9) care sunt în final fuzionate prin procesul (H) cu datele LIDAR calibrate geometric (8) pentru a se obține norul de puncte calibrat și colorat (10) care este setul de date necesar pentru aplicația de vizualizare și reprezentare virtual realistică (I) prin care se generează astfel, Modelul Virtual Realistic al suprafeței înregistrate (11).



Figura 1. Instalarea sistemului de control și a celorlalte echipamente de scanare și poziționare



Figura 2. Reprezentarea realică prin metoda HQ-Splats – Potree Prosig

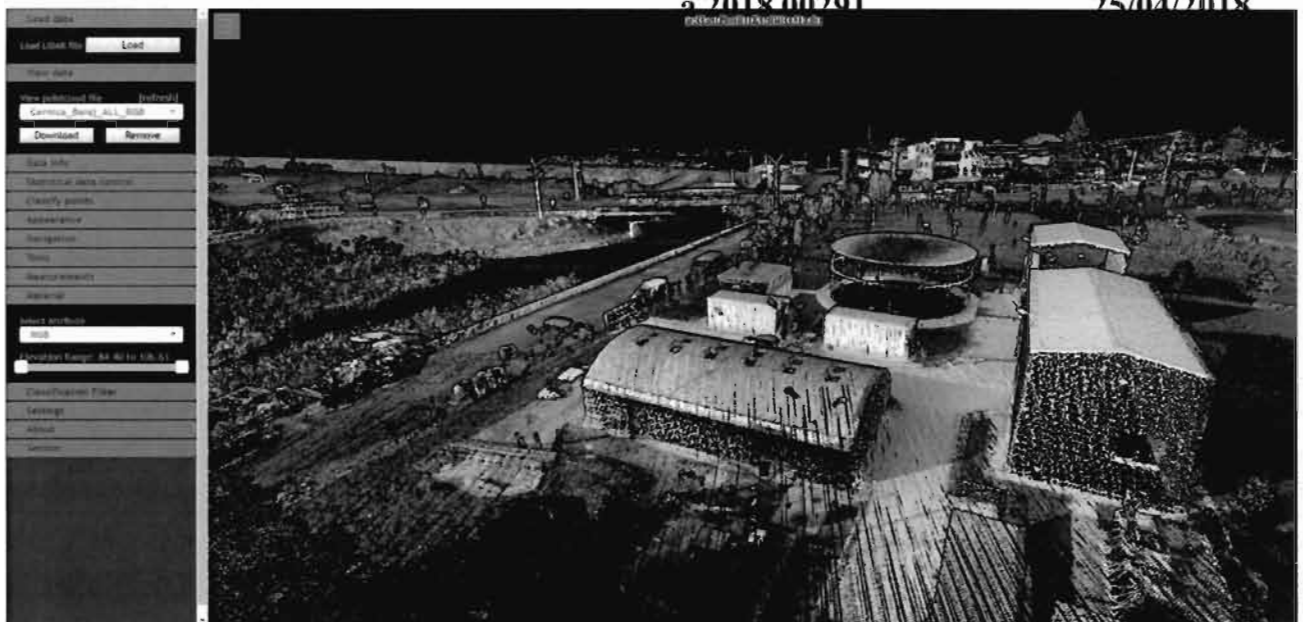


Figura 3. Reprezentarea realitică prin metoda HQ-Splats, vedere laterală – Potree Prosig



Figura 4. Reprezentarea realitică prin metoda HQ-Splats, vedere de ansamblu – Potree Prosig



Figura 5. Conturarea construcțiilor și a altor obiecte de peisaj prin mărirea factorilor de contrastare

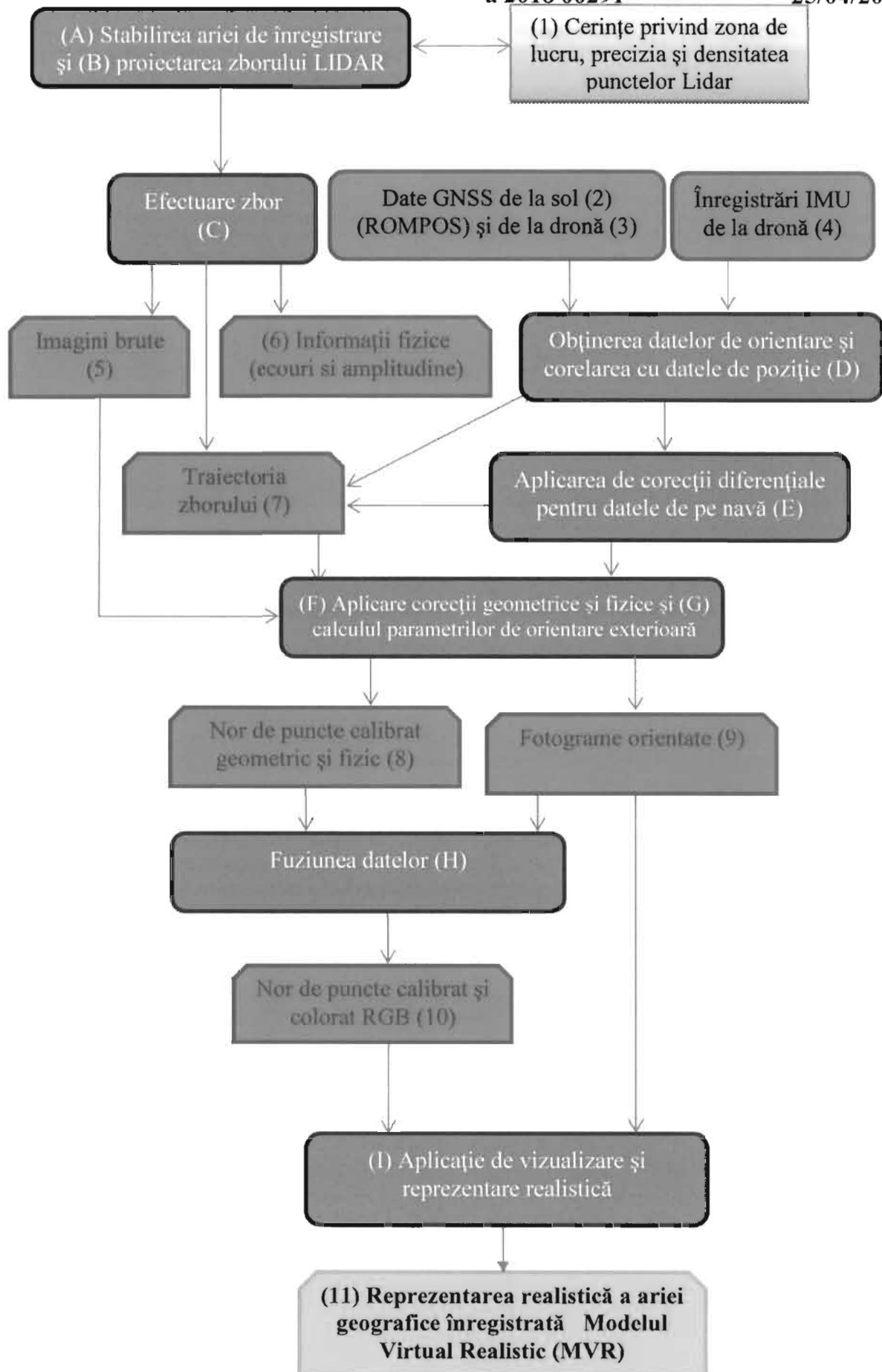


Figura 6. Diagrama fluxului de proces pentru obținerea MVR