



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00222

(22) Data de depozit: 12/04/2017

(41) Data publicării cererii:
30/10/2018 BOPI nr. 10/2018

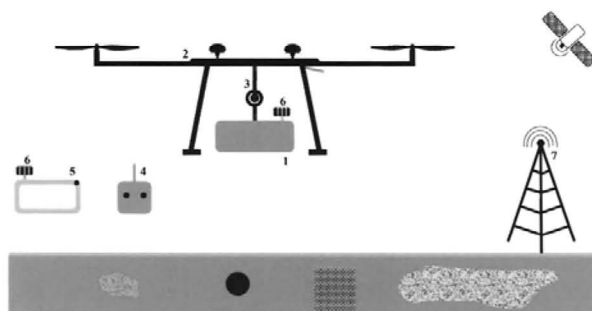
(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR. ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO

(72) Inventatori:
• CHELMUȘ IULIAN ALEXANDRU,
STR.BRAILEI, NR.49, BL.49, SC.1, ET.4,
AP.14, FOCȘANI, VN, RO;
• RĂDVAN ROXANA,
STR.CPT.NICOLAE LICĂREȚ, NR.4, BL.51,
SC.1, AP.9, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• ANGHELUȚĂ LAURENȚIU-MARIAN,
STR. ZLAȘTI NR.43, HUNEDOARA, HD, RO

(54) SISTEM AERIAN DE INVESTIGARE RADAR DE LA JOASĂ
ALTITUDINE, PENTRU APLICAȚII ÎN INVESTIGAREA
PATRIMONIULUI CULTURAL CONSTRUIT ȘI ARHEOLOGIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem radar aerian de investigație, de la joasă altitudine, care poate fi utilizat în scopul identificării unor obiecte îngropate, sau în scopul investigării stării de conservare și a defectelor structurale ascunse ale siturilor arheologice extinse, ale monumentelor istorice, ale structurilor geologice și ale construcțiilor civile. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un radar (1) cu penetrare în sol, montat, prin intermediul unui braț (3) giroscopic, pe un vehicul (2) aerian fără pilot, vehiculul (2) fiind controlat de la sol cu ajutorul unei telecomenzi (4), iar radarul (1) fiind controlat cu ajutorul unei unități (5) de vizualizare și control în timp real, prevăzută cu o conexiune bidirecțională, asigurată de două controlere (6) programabile, precizia sistemului fiind dată de un GPS (7) diferențial, poziționat în apropierea zonei investigate.



Revendicări: 1
Figuri: 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, 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).



2

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
 Cerere de brevet de invenție
 Nr. a 2017 00222
 Data depozit 12-04-2017



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
 DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomistilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro

Titlu:

Sistem aerian de investigare radar de la joasă altitudine, pentru aplicații în investigarea patrimoniului cultural construit și arheologie

Domeniul tehnic: optoelectronica

Stadiul tehnicii:

Sunt cunoscute și există referințe despre utilizarea tehnicii radar cu penetrare in sol prin intermediul căreia modificări ale proprietăților electromagnetice sunt evidențiate, aceste variațiuni ale caracteristicilor mediului de propagare indicând prezenta unor obiecte/structuri îngropate, diferențe de material/stratigrafie. Sistemele GPR sunt metode de investigare non-invazive, precise și rapide, cu aplicabilitate în numeroase domenii [1], precum cel militar, arheologic, geologic, agricultura, construcții, etc.

În literatură sunt consemnate sisteme asemănătoare ce utilizează unde radio din aer, dar la alte frecvențe, altitudini, tehnici radar sau cu aplicații în alte domenii, descoperire de ulei sub gheață [2], persoane îngropate sub zăpadă [3], măsurarea umidității solului [4], măsurarea depunerilor de zăpadă [5] sau monitorizarea mediului [6]. În patrimoniu cultural construit și arheologie nu este consemnată utilizarea unui astfel de sistem de investigare.

La nivel internațional se observă un interes pentru creșterea vitezei de investigare și acoperirea unei suprafețe extinse folosind metoda GPR [7], lucru facilitat de prezenta invenției.

Dezavantajele principale al tehnicii de investigare radar așa cum a fost utilizată până acum sunt impactul pe care îl au denivelările suprafeței de investigare asupra înregistrărilor, la trecerea peste acestea, în înregistrări pot fi observate modificări ale propagării undelor electromagnetice ce pot fi greșit interpretate ca modificări ale parametrilor electromagnetici de propagare. Influența capacității fizice a operatorului, în cazul sistemelor clasice fiind necesară deplasarea sistemului de către operator. La utilizarea metodei geofizice GPR în arheologie, factori naturali precum culturile agricole, vegetație sălbatică, zonele mlăștinoase, accidentate sau greu accesibile, pot limita aplicabilitatea tehnicii, acest lucru este evitat în cazul investigațiilor GPR aeriene de la joasă altitudine. În cazul patrimoniului cultural construit investigațiile GPR efectuate pe verticală pot fi puse în dificultate atunci când fațadele prezintă risc de prăbușire sau au elemente decorative precum statui și ancadrame[8]. Invenția elimină necesitatea unei schele pentru efectuarea de investigații pe verticală la înălțime și permite lucru la altitudini mari.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este modalitatea de a efectua investigații radar rapid în zone extinse, dificile sau greu accesibile, atât pentru suprafețe orizontale cât și verticale non-invaziv, fără a exista un contact între suprafața investigată și GPR, eliminând

9



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomistilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro
efortul fizic depus de către operator, cu posibilitatea cartării în sistem cartezian (3D) a eterogenitaților din sol, fără decopertarea sau carotarea ariei studiate.

Expunerea invenției:

Invenția se referă la un sistem radar aerian inteligent de investigare a siturilor arheologice extinse, a monumentelor istorice, a structurilor geologice și a construcțiilor civile prin utilizarea undelor radio de frecvențe ultra și foarte înalte emise de către un radar de tip GPR-ground penetrating radar. Sistemul este obținut prin montarea unui GPR pe un vehicul aerian fără pilot, numit în continuare UAV. Controlul vehiculului aerian se face în timp real de la sol de către un operator prin intermediul unei telecomenzi sau automat prin setarea unui plan de zbor bazat pe coordonate GPS și altitudine de zbor. Înregistrările efectuate de către GPR pot fi vizualizate în timp real de către operator, printr-o conexiune radio bidirecțională între unitatea centrală montată pe UAV și unitatea de vizualizare și configurare de la sol.

În continuare este prezentat un exemplu de realizare a invenției, Figura 1, ce prezintă schema bloc a sistemului aerian de investigare radar pentru aplicații în patrimoniu cultural construit și arheologie, geologie, construcții civile.

Sistemul aerian de investigare radar, conform invenției, este alcătuit dintr-un sistem radar de tip GPR (1), montat pe un vehicul aerian fără pilot (2), prin intermediul unui braț giroscopic (3). Controlul celor două părți componente principale ale sistemului este făcut de la sol, prin intermediul unei telecomenzi (4) pentru vehiculul aerian fără pilot, iar în cazul radarului printr-o unitate de vizualizare și control în timp real (5). Transmiterea informațiilor între radar și unitatea de vizualizare și configurare de la sol este făcută prin intermediul unei conexiuni radio bidirecționale folosind două microcontrolere programabile(6).

Prin utilizarea unui GPS diferențial (7) în timpul investigațiilor, poziționat în apropierea zonei de interes, precizia cu care neomogenitățile din zona investigată sunt cartate este îmbunătățită (10 cm precizie GPS diferențial vs. 10 m precizie GPS clasic), de asemenea traseul programat parcurs de către UAV este mai precis.

Dispozitivul aerian de investigare radar se deplasează uniform la o distanță constată de sol și altitudine mică, de ordinul metrilor. În timpul deplasării sistemului, radarul emite pulsuri electromagnetice către zona investigată, ce sunt reflectate către antena radar în funcție de caracteristicile mediului de propagare, intervalul de emisie al radiației electromagnetice este calculat în funcție de viteza de deplasare a UAV-ului. Semnalul obținut de către GPR este transmis prin intermediul conexiunii bidirecționale către unitatea de vizualizare și control de la sol, lucru ce permite operatorului observarea rezultatelor în timp real, descoperindu-se in-situ eventualele zone de interes ce necesită o investigare detaliată sau modificarea parametrilor de achiziție ai GPR-ului pentru optimizarea rezultatelor, aceștia putând fi modificați fără a fi necesară aducerea sistemului la sol.



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomiștilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro

Prezentarea avantajelor:

- Prin acest sistem este eliminată dependența investigațiilor tip GPR de capacitățile la efort fizic ale operatorului, în abordarea clasică fiind necesară deplasarea sistemul GPR pe suprafața solului de către un operator;
- Vehiculul aerian utilizat la deplasarea sistemul GPR prin aer permite setarea unui plan automat de zbor bazat pe coordonate GPR (inclusiv decolarea și aterizarea sistemului la sol), permite astfel investigații pe timp de noapte și eliminarea erorilor umane (abateri de la un traseu prestabilit datorită unei slabe orientări în teren);
- Sistemul permite atât investigații pe orizontală, cât și pe verticală, aceste aspecte duc la o aplicabilitate mare a invenției
- Sistemul prezentat permite o viteză de investigare mai mare decât în cazul investigațiilor cu un sistem GPR clasic, efectuate la nivelul solului, depășind cu ușurință viteza medie de 2 m/s a unui om, optimizându-se astfel durata de investigare a unei zone de interes
- Sistemul permite efectuarea de investigații în zone dificile sau greu accesibile, precum suprafețe la înălțime mare, suprafețe cu înclinare mare, suprafețe înconjurate de apa, etc.
- În cazul investigațiilor efectuate din aer, pentru aceeași adâncime de interes, conul de propagare al radiației electromagnetice emis de către antena radarului este mai mare decât în cazul utilizării unui sistem GPR de la nivelul solului, rezultând un număr mai redus de măsurători necesare pentru investigarea unei suprafețe.
- Soluție unică de determinare de la distanță a eterogenităților, sistemul aerian permite efectuarea de investigații non-contact, prin care se evita degradări neintenționate ale zonelor analizate, permite controlul suprafețelor fragile, foarte prețioase, soluție unică de determinare de la distanță a defectelor
- Costurile financiare necesare investigațiilor sunt diminuate, datorită duratei mai scurte de investigare (viteza crescută de deplasare, dimensiune mărită a conului de propagare), comparativ cu investigațiile GPR efectuate de la nivelul solului

Bibliografie:

1. *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*, Editor: Harry M. Jol, Elsevier Science, 2008, ISBN: 978-0-444-53348-7;



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomistilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro

2. Bradford, John H. et al., *Assessing the potential to detect oil spills in and under snow using airborne ground-penetrating radar*, Society of Exploration Geophysicists (2010), DOI: 10.1190/1.3312184;
3. Achim Heilig, Martin Schneebeli, Wolfgang Fellin, *Feasibility study of a system for airborne detection of avalanche victims with ground penetrating radar and a possible automatic location algorithm*, Cold Regions Science and Technology, Volume 51, Issues 2–3, February 2008, Pages 178-190;
4. Lambot, S., L. Weihermüller, J. A. Huisman, H. Vereecken, M. Vanclooster, and E. C. Slob, *Analysis of air-launched ground-penetrating radar techniques to measure the soil surface water content*, Water Resour. Res., 42, W11403, 2006,
5. Machguth, H., O. Eisen, F. Paul, and M. Hoelzle, *Strong spatial variability of snow accumulation observed with helicopter-borne GPR on two adjacent Alpine glaciers*, Geophys. Res. Lett., 33, L13503, 2006;
6. V. C. Koo, Y. K. Chan, G. Vetharatnam, M. Y. Chua, C. H. Lim, C.-S. Lim, C. C. Thum, T. S. Lim, Z. bin Ahmad, K. A. Mahmood, M. H. Bin Shahid, C. Y. Ang, W. Q. Tan, P. N. Tan, K. S. Yee, W. G. Cheaw, H. S. Boey, A. L. Choo, and B. C. Sew, *A new unmanned aerial vehicle synthetic aperture radar for environmental monitoring*, Progress In Electromagnetics Research, Vol. 122, 245-268, 2012
7. Pajewski, Lara; Benedetto, Andrea; Schettini, Giuseppe; Soldovieri, Francesco, *Applications of GPR and other non-destructive testing methods in archaeological prospecting and cultural heritage diagnostics*, TUD COST Action TU1208 Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar, Proceedings First Action's General Meeting, 2013
8. Ratoiu Lucian Cristian, Angheluta Laurentiu Marian, Ene Dragos Valentin, *Sistem de investigare radar in plan vertical, cu aplicare in analiza constructiilor istorice*, BOPI nr. 8/2012



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomiştilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro

Revendicare:

Sistem aerian de investigare radar cu aplicare în patrimoniu cultural construit, arheologie, geologie și construcții **caracterizat prin aceea că** utilizează un sistem radar de tip GPR (Ground Penetrating Radar) (1) care este deplasat prin aer, la joasă altitudine, de către un vehicul aerian fără pilot (UAV) (2), controlul acestor ansamble ale sistemului se face de la sol prin intermediul unor comunicații bidirecționale. Sistemul propus poate fi aplicat în arheologie (investigare situri arheologice și situri arheologice subacvatice de adâncime redusă), patrimoniu cultural construit (fațada monumentelor istorice sau interiorul acestora dacă spațiul permite), geologie și construcții, în scopul identificării unor obiecte îngropate (vestigii, elemente de infrastructură sau de consolidare), investigării stării de conservare și a defectelor structurale ascunse și evidențierea oricăror alte tipuri de neomogenități dielectrice ale zonelor investigate. Aceste investigații nu afectează starea de conservare a zonelor investigate datorita caracterului non-contact, non-invaziv și non-distructiv al sistemului.



INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE –
DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICA



Certificat nr.: AJAEU/09/11337

Str. Atomistilor Nr.409, C.P. MG-5, Cod: 077125, Măgurele - Ilfov, Telefon/Fax: 021.457.45.22, E-mail:inoe@inoe.ro, http://inoe.inoe.ro

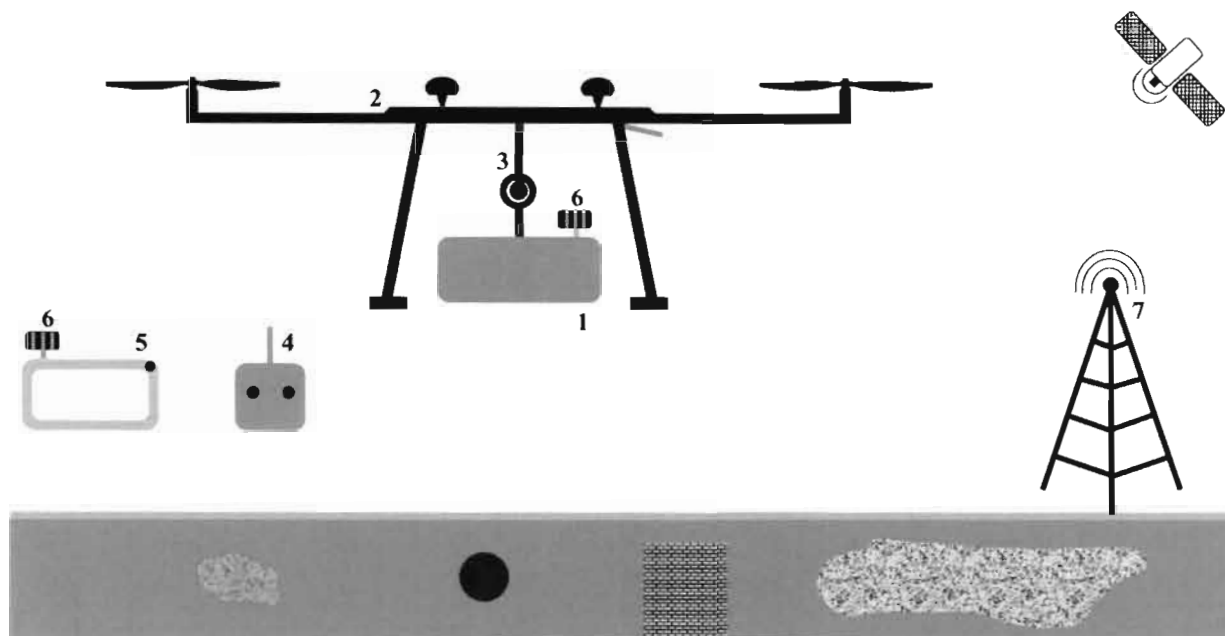


Figura 1 Schemă bloc a sistemului aerian de investigare radar de la joasă altitudine, pentru aplicații în investigarea patrimoniului cultural construit și arheologie