



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00834

(22) Data de depozit: 18/10/2017

(41) Data publicării cererii:  
30/04/2019 BOPI nr. 4/2019

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.  
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• ONIGA VALERIA ERSILIA,  
STR. SPLAI BAHLUI, NR.12, BL. B11, SC.A,  
ET.4, AP.18, IAȘI, IS, RO;

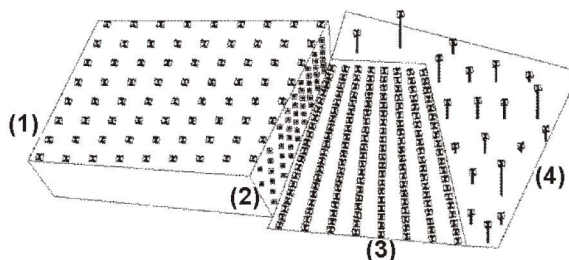
• PĂUN CORINA DANIELA,  
STR.CĂLUGĂRENI, BL.9, SC.A, ET.1, AP.5,  
VASLUI, VS, RO;  
• DRAGOMIR PETRE IULIU,  
STR.MITROPOLITUL ANDREI ȘAGUNA,  
NR.87, AP.3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• LOGHIN ANA MARIA,  
STR.ȘTEFAN CEL MARE, NR. 192,  
SAT VÎNĂTORI NEAMȚ, NT, RO

(54) CÂMP INOVATIV DE CALIBRARE ȘI TESTARE A  
CAMERELOR DIGITALE MONTATE PE PLATFORME  
AEROPURTATE FĂRĂ PILOT (UAV)

(57) Rezumat:

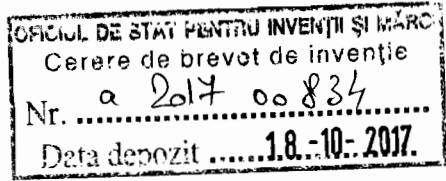
Invenția se referă la un câmp de calibrare și testare a camerelor digitale montate pe platforme aeropurtate fără pilot. Câmpul de calibrare și testare, conform invenției, constă din puncte de coordonate 3D, determinate cu o precizie de ordinul milimetrilor, cu ajutorul unei stații totale, și amplasate în planuri diferite, materializate pe teren în timpul preluării imaginilor necesare procesului de calibrare prin forme geometrice care pot fi identificate și măsurate automat, testarea unei camere digitale fiind realizată prin efectuarea unei analize comparative asupra preciziei și nivelului de detaliere a unui model 3D creat pe baza imaginilor preluate, pentru studiul comparativ fiind luat în considerare și un nor de puncte de referință cu precizie ridicată, rezultat în urma măsurărilor efectuate cu ajutorul unui scanner laser terestru.

Revendicări: 2  
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).





**CÂMP INOVATIV DE CALIBRARE ȘI TESTARE A CAMERELOR DIGITALE  
MONTATE PE PLATFORME AEROPURTATE FĂRĂ PILOT (UAV)**

Pe plan internațional și național, comunitatea științifică și sectorul comercial sunt preocupate de crearea modelelor digitale 3D ale clădirilor, construcțiilor hidrotehnice, terenului etc., dar și a ortofotoplanurilor pe baza imaginilor digitale, care să îndeplinească câteva cerințe de bază: să fie disponibile pentru zona studiată, să aibă o precizie suficientă pentru tipul de aplicație respectiv și un cost rezonabil. De regulă, modelele digitale care au o precizie ridicată (de exemplu, cele obținute pe baza imaginilor digitale rezultate în urma efectuării unor zboruri convenționale sau cele obținute în urma prelucrării datelor laser scanner terestru) sunt foarte costisitoare, soluția fiind utilizarea unor camere digitale nemetrice.

Din moment ce procedura tradițională cu camera montată pe un trepied nu îndeplinește cerințele multor aplicații, de exemplu atunci când se dorește crearea modelului 3D al unei clădiri (acoperișul nu poate fi fotografiat de la nivelul solului), soluția a fost montarea camerei pe o platformă aeriană, rezultatul fiind un Vehicul aeropurtat fără pilot (UAV). Astfel, cercetătorii și utilizatorii civili ai acestor sisteme, au nevoie de imagini cu un grad ridicat de încredere pentru a crea experimente repetabile și pentru a întocmi documentațiile corespunzătoare rezultatelor obținute, în beneficiul celorlalte părți implicate.

Preluarea imaginilor cu un UAV asupra unei suprafețe de 12 ha durează aproximativ 30 minute, în comparație cu o zi pentru măsurătorile efectuate la sol cu instrumente uzuale (stații totale sau laser scanere terestre). Astfel, sistemele UAV permit obținerea de produse într-un timp mult mai scurt, cu costuri reduse, fără riscuri pentru factorul uman în comparație cu cele obținute pe baza imaginilor digitale rezultate în urma efectuării unor zboruri convenționale (cu pilot), prin tehnici tradiționale de topografie sau în urma prelucrării datelor laser scanner terestru.

Sistemele UAV sunt de regulă echipate cu un dispozitiv cu pilotaj automat și o cameră digitală nemetrică (foto/video, multispectrală, NIR (NearInfrared) etc.) care poate fi detașabilă sau încorporată. O cameră nemetrică este o cameră a cărei orientare interioară este cunoscută parțial sau nu este cunoscută deloc și care nu este constantă. Toate lentilele, fie ale unor camere metrice, semi-metrice sau nemetrice, prezintă aberații. Așadar, înainte ca orice cameră să fie utilizată în cadrul unor proiecte fotogrammetrice, trebuie să fie determinați prin **procesul de calibrare**, parametrii orientării interioare ai camerei: distanța focală ( $f$ ), coordonatele punctului principal ( $u_0, v_0$ ) exprimate în pixeli în sistemul imagine (în memoria calculatorului), coeficienții distorsiunii radiale ( $k_1, k_2$ ), coeficienții distorsiunii tangențiale ( $p_1, p_2$ ) și factorul de scară al imaginii ( $s_u$ ), cât și parametrii orientării exterioare: elementele matricei de rotație ( $r_{ij}$ ) și coordonatele centrului de preluare ( $X_0, Y_0, Z_0$ ).

De asemenea, dacă coeficienții distorsiunilor nu sunt cunoscuți, ortofotoplanul creat pe baza imaginilor UAV poate conține erori foarte mari, în special pe marginile sale. Cele mai multe softuri comerciale impun introducerea acestor parametri înainte de a începe procesul de prelucrare al imaginilor.

Procesul de calibrare este necesar pentru reconstrucția spațiului obiect 3D pe baza informațiilor metrice din spațiul bidimensional (2D) al imaginilor, în literatura de specialitate existând numeroși algoritmi, dezvoltati de mai mulți autori, cum ar fi: Tsai [Tsai, 1987], Heikkilä [Heikkilä și Silven, 1997; Heikkilä, 2000], Bakstein și Halir [Bakstein și Halir, 2000] și Zhang [Zhang, 2000], dar și numeroase metode [Zhang Z., 2004], însă nu și metode pentru calibrarea camerelor montate pe platforme UAV. De asemenea, prin procesul de calibrare al camerei, se stabilește modelul funcțional de legătură a celor două sisteme de coordonate (imagine și teren), astfel încât camera nemetrică să devină un instrument sigur de măsurare.

Procesul de calibrare al camerei continuă să rămână un subiect de cercetare în domenii precum: științele calculatoarelor, fotogrammetria la mică distanță, fotogrammetria terestră etc. [Remondino, 2006], reprezentând întotdeauna o componentă esențială a măsurătorilor fotogrammetrice, cu aplicații în operațiile de triangulație fotogrammetrică și în mod special, în măsurătorile la mică distanță cu un grad ridicat de precizie.

O cameră calibrată trebuie testată de utilizator pentru controlul calității. Această testare se poate realiza înainte, după sau chiar în timpul preluării imaginilor ce urmează a fi prelucrate, depinzând de modul și locul în care este utilizată camera.

În contrast cu camerele aeriene montate pe o platformă aeropurtată cu echipaj uman, pentru care calibrarea în laborator și pe teren au fost standardizate de-a lungul anilor, pentru

camerele digitale nemetrice, nu există o metodă standard de calibrare. De aceea, până în prezent au fost propuse numeroase metode pentru calibrarea camerelor, cea mai bună metoda alegându-se în funcție de cerințele de precizie ale proiectului fotogrammetric.

De asemenea, pe baza imaginilor digitale achiziționate cu sistemele UAV, se pot genera milioane de puncte (nori de puncte) complet automat, a căror precizie, ca și în cazul celorlate produse (ortofotoplanuri, modele 3D), depinde de mulți factori: înălțime de preluare, tipul camerei de preluare, proiectarea aerotriangulației pentru determinarea coordonatelor punctelor de sprijin etc. Din acest motiv, camerele nemetrice montate pe sistemele UAV trebuie testate pentru controlul calității produselor obținute pe baza imaginilor digitale în diferite situații de preluare.

Invenția se referă la un câmp de calibrare și testare a camerelor digitale montate pe sisteme UAV, în vederea utilizării acestora la întocmirea unor proiecte de precizie ridicată pentru crearea modelelor 3D ale unor obiective de interes național (construcții hidrotehnice, diguri, acumulări etc.), precum și pentru obținerea unor produse, cum ar fi: Modelul Digital al Terenului, ortofotoplanul etc.

Este cunoscută metodă de calibrare a camerelor digitale nemetrice care are la bază un câmp de calibrare cu puncte obiect cu coordonate sau distanțe tridimensionale cunoscute.

În funcție de obiectul folosit pentru calibrare, această metodă se împarte în trei categorii:

- *calibrarea pe baza unui obiect de calibrare 3D*. Calibrarea camerei se realizează prin utilizarea unui obiect de calibrare al cărui geometrie în spațiul 3D este cunoscută cu o precizie foarte ridicată. Calibrarea poate fi realizată foarte eficient [Faugeras O., 1992] iar obiectul de referință constă de obicei în 2 sau 3 plane perpendiculare care conțin puncte de control cu coordonate (X,Y,Z) determinate cu precizie, cu ajutorul unui CMM (engl. “Coordinate Measuring Machine”-precizie 2μm) dacă obiectul are dimensiuni mici (2-3 m), sau cu ajutorul unei stații totale (precizie de ordinul milimetrilor). Cu cât numărul punctelor de control este mai mare, cu atât și rezultatele calibrării sunt mai precise. De cele mai multe ori se folosește un număr între 30 și 100 puncte de sprijin. Dezavantajul este că această abordare necesită aparatură scumpă și configurări mai elaborate [Zhang, 2004].
- *calibrarea pe baza unui obiect de calibrare 2D*. Algoritmii utilizați în acest caz, presupun observarea unui obiect de calibrare 2D din unghiuri diferite și nu este necesară existența unor cunoștințe despre mișcarea planului. Dezavantajul acestei metode este ca în timpul fotografierii, atât camera cât și obiectul de calibrare trebuie să fie în poziție fixă, iar în cazul fotografierii cu o cameră montată pe o platformă UAV, camera este mobilă.

Dintre factorii care influențează precizia procesului de calibrare pe baza unui obiect de calibrare 2D sau 3D se numără precizia de măsurare a coordonatelor imagine corespunzătoare punctelor de control și modul de definire a sistemului de coordonate obiect. Precizia de măsurare a coordonatelor imagine, depinde la rândul ei de tipul punctelor de control, care pot fi naturale sau artificiale, sau dacă acestea sunt măsurate pe imagini manual sau automat [Zhang Z., 2004].

– *calibrarea pe baza unui obiect de calibrare 1D*. În acest caz, obiectul de referință cu ajutorul căruia se realizează calibrarea, este compus dintr-un set de puncte coliniare, cum ar fi două sau mai multe puncte între care este cunoscută distanța. Camera poate fi calibrată observând o linie care se mișcă în jurul unui punct fix (de exemplu: un șir de bile care atârnă de tavan). Dezavantajul acestei metode este acela că este relativ nouă și este greu pentru moment să fie prezis cât de populară va fi [Zhang Z., 2004].

Este cunoscută de asemenea și metoda de calibrare denumită „*Auto-calibrare*” (engl. „*self-calibration*”) [Westoby M.J. și alții, 2012], o metodă care se referă la procesul de calcul al parametrilor orientării interioare a camerei, utilizând doar informațiile din imaginile preluate cu aceasta. În acest caz, nu este necesar un obiect de calibrare: singura cerință este existența unui obiect static, în jurul căruia se rotește camera, fotografiindu-l. Din această cauză, auto-calibrarea este ideală pentru o cameră mobilă, cum ar fi camerele montate pe o platformă mobilă. Așadar, în cadrul acestei metode, câmpul de calibrare este înlocuit de obiectul ce trebuie măsurat, pentru calibrare folosindu-se aceleași imagini ca și cele pentru reconstrucția obiectului [Faugeras O., 1992]. Dezavantajul “auto-calibrării” este acela că nu poate oferi o precizie mai bună în comparație cu calibrarea pe baza unui obiect de calibrare, deoarece auto-calibrarea trebuie să estimeze un număr mare de parametri, rezultând un algoritm matematic elaborat [Zhang Z., 2004].

Procesul de calibrare al camerei poate fi împărțit în 4 etape astfel [Zhang, 2004]:

1). *Extragerea* detaliilor caracteristice din imagini este primul pas al procesului de calibrare. În cazul nostru, detaliile caracteristice sunt puncte artificiale.

Atunci când punctele sunt reprezentate prin intersecții de linii, mai întâi sunt identificate în mod automat segmentele care definesc fiecare punct. Ținând cont de faptul că obiectivul prezintă distorsiuni, sunt luate în considerare doar mici porțiuni din segmente. În cazul în care punctele sunt reprezentate prin colțuri de pătrate sau centrele unor cercuri, mai întâi sunt găsite figurile geometrice cele mai probabile care aproximează liniile identificate pe imagini.

2). *Realizarea corespondenței detaliilor identificate*, în cazul nostru corespondența dintre coordonatele imagine ale punctelor și coordonatele lor în sistemul de coordonate al obiectului

de calibrare. Acest pas se realizează prin cunoașterea coordonatelor imagine a fiecărui punct al obiectului de calibrare și a formei obiectului de calibrare.

3). *Corectarea distorsiunilor* constă în corectarea pozițiilor punctelor în imagine, astfel încât să poate fi realizată legătura dintre coordonatele imagine ale punctelor (2D) și coordonatele în sistemul de coordonate obiect (3D).

4). *Procesul de calibrare propriu-zis*. Acest pas este obiectivul procesului de calibrare și poate fi realizat doar după realizarea pașilor descriși mai sus. În această etapă este definită matricea de perspectivă, care descrie transformarea coordonatelor 3D în coordonate 2D.

În literatura de specialitate se specifică că imaginile asupra obiectului/zoni studiate trebuie preluate în anumite condiții, similare celor de la calibrare. Astfel, camera digitală trebuie calibrată la aceeași înălțime la care va fi realizat zborul aerofotogrammetric pentru preluarea imaginilor UAV și în aceeași poziție (nadirală, cu camera orientată spre sol, sau oblică), iar punctele de control trebuie să acopere întreaga suprafață a imaginilor preluate asupra câmpului de calibrare cu scopul determinării parametrilor de calibrare [Perez M. și alții, 2011]. De asemenea, parametrii rezultați în urma calibrării camerei și în special cei legați de distorsiunea lentilelor variază semnificativ atunci când se modifică condițiile de preluare a imaginilor asupra obiectului de calibrare. Din aceste motive, nu este recomandată folosirea metodei de calibrare pe baza unui obiect 1D sau 2D a camerelor digitale montate pe platforme UAV, dar nici a unui obiect de calibrare 3D de mici dimensiuni.

Scopul invenției, prin realizarea unui câmp de calibrare a camerelor digitale montate pe platforme UAV și de testare a preciziei ce poate fi obținută pe baza imaginilor digitale preluate cu acestea, este de a îmbunătăți cu aproximativ 50% precizia produselor obținute pe baza imaginilor UAV în comparație cu utilizarea unui obiect de calibrare 2D sau 1D [Oniga E. și Chirilă C., 2013].

Un obiectiv al invenției este realizarea unui câmp de calibrare fix al camerelor digitale instalate pe sistemele UAV, singurul de acest tip existent în România. Un alt obiectiv al invenției este realizarea unui câmp de testare și validare a performanțelor sistemelor UAV în ceea ce privește precizia produselor ce pot fi obținute pe baza imaginilor UAV în diferite condiții de preluare, singurul de acest tip existent în România. Testarea camerelor digitale montate pe sisteme UAV se va face prin efectuarea unei analize comparative asupra preciziei și nivelului de detaliu al unui model 3D creat pe baza imaginilor digitale preluate cu sistemele UAV, impus de condițiile din teren, cum ar fi de exemplu, zone cu ocluziuni datorate copacilor. Pentru studiul comparativ va fi considerat și un nor de referință de precizie ridicată, rezultat în urma măsurărilor cu ajutorul unui scanner laser terestru.

Câmpul de calibrare și testare a camerelor digitale montate pe sisteme UAV, va fi realizat în cadrul Universității Tehnice Gheorghe Asachi din Iași, pe o suprafață de aproximativ 3000 m<sup>2</sup>, în zona Facultății de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului. Acesta va consta în aproximativ 70 puncte distribuite uniform pe acoperișul facultății (din 2 în 2 m), 50 pe fațada clădirii, 160 în parcare (din 2 în 2 m, materializate prin buloane metalice) și 20 pe spațiul verde (materializate prin stâlpi din beton armat de diferite înălțimi). Punctele de pe fațadă vor fi marcate în momentul aerofotografierii cu ajutorul unor puncte codate, de exemplu cercuri (ce pot fi identificate și măsurate automat pe imagini), plastificate, format A3, iar restul prin plăci din plexiglas format 40 cm×40 cm, punctul matematic fiind marcat prin intersecția a 2 triunghiuri portocalii și 2 negre. Câmpul de calibrare și testare a camerelor digitale, va putea fi folosit pentru preluări de la altitudini ce variază între 4 m și 50 m.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- oferă posibilitatea calibrării oricărei camere digitale montată pe o platformă mobilă, pentru diferite înălțimi de preluare, între 4 m și 50 m;
- oferă posibilitatea calibrării oricărei camere digitale montată pe o platformă mobilă, pentru diferite poziții ale camerei: nadirală, cu camera orientată spre sol sau oblică;
- îmbunătățirea produselor obținute prin prelucrarea imaginilor UAV cu aproximativ 50% în comparație cu utilizarea unor obiecte de calibrare 2D sau 1D;
- oferă posibilitatea testării preciziei produselor obținute în urma prelucrării imaginilor UAV, cum ar fi: Modele Digitale ale Terenului, ortofotoplanuri prin efectuarea unei analize comparative între coordonatele determinate cu precizie pe teren cu ajutorul unei stații totale și cele obținute în urma prelucrării imaginilor UAV;
- oferă posibilitatea testării preciziei și nivelului de detaliu al norului de puncte 3D obținut în mod automat în urma prelucrării imaginilor UAV, prin efectuarea unei analize comparative a norului de puncte UAV cu cel obținut cu precizie cu ajutorul unui laser scanner terestru.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figura 1.

- (1) 70 puncte distribuite uniform pe acoperișul facultății (din 2 în 2 m), materializate prin vopsea, iar în momentul efectuării zborului prin plăci din plexiglass format 40 cm×40 cm, punctul matematic fiind marcat prin intersecția a 2 triunghiuri portocalii și 2 negre.
- (2) 50 pe fațada clădirii, materializate prin vopsea, iar în momentul efectuării zborului cu ajutorul unor puncte codate (cercuri negre pe fond alb), ce pot fi identificate și

măsurate automat pe imagini prin intermediul unui soft sau a unui limbaj de programare, plastificate, format A3.

- (3) 160 în parcare (din 2 în 2 m, materializate prin buloane metalice), iar în momentul efectuării zborului prin plăci din plexiglass format 40 cm×40 cm, punctul matematic fiind marcat prin intersecția a 2 triunghiuri portocalii și 2 negre.
- (4) 20 pe spațiul verde, materializate prin stâlpi din beton armat de diferite înălțimi, iar în momentul efectuării zborului prin plăci din plexiglass format 40 cm×40 cm, punctul matematic fiind marcat prin intersecția a 2 triunghiuri portocalii și 2 negre.



**Bibliografie**

1. Ana-Maria LOGHIN, Valeria Ersilia ONIGA (2015) - *A comparative study on camera calibration algorithms*, Journal of Geodesy and Cadastre RevCAD, no. 19, pag. 135-144, Alba Iulia, Romania, ISSN 1583-2279.
2. Bakstein H., Halir R. (2000) - *Camera Calibration with a Simulated Three Dimensional Calibration Object*, Czech Pattern Recognition Workshop, February 2–4, Tomáš Svoboda (Ed.), Peršlák, Czech Republic, 2000.
3. Clive S. Fraser (2012) - *“Automatic camera calibration in close-range photogrammetry”*.
4. Heikkila J. (2000) - *Geometric camera calibration using circular control points*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22, 1066-1077.
5. Heikkila J. and Silven O. (1997)- *A four-step camera calibration procedure with implicit image correction*. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 1106–1112, San Juan, Puerto Rico, June 1997. IEEE Computer Society.
6. Loghin A.-M., Oniga V. E. (2014) - *The influence of camera calibration parameters on 3D buildings models creation*, Journal of Geodesy and Cadastre RevCAD, no. 16, pag. 178-185, Alba Iulia, Romania, ISSN 1583-2279.
7. Olivier Faugeras (1993) - *Three-Dimensional Computer Vision: a Geometric Viewpoint*. MIT Press.
8. O. Faugeras and Q.-T. Luong (2001) - *The Geometry of Multiple Images*. The MIT Press. With contributions from T. Papadopoulos.
9. Olivier Faugeras, Tuan Luong and Steven Maybank. *Camera self-calibration: theory and experiments*. In G. Sandini, editor, *Proc 2nd ECCV*, volume 588 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 321–334, Santa Margherita Ligure, Italy, May 1992. Springer-Verlag.
10. Oniga Valeria Ersilia, DIAC MAXIMILIAN (2013) – *Metric and non-metric cameras calibration for the improvement of real-time monitoring process results*, Environmental Engineering and Management Journal, Volume 12/2013, no. 4, pag. 719-726, April 2013, Iasi, Romania, ISSN 1582-9596.
11. Oniga, E., Chirilă, C. și Stătescu, F. (2017), *Accuracy assessment of a complex building 3D model reconstructed from images acquired with a low-cost UAS*, Int.

- Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W3, 551-558, doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-551-2017, 2017.
12. **Oniga, E., Chirilă, C. (2016), *Analogous vs. digital cameras for buildings 3D models creation***, Environmental Engineering and Management Journal, Volume 15/2016, no. 6, pag. 1293-1303, June 2016, Iasi, Romania, ISSN 1582-9596.
  13. **Oniga, E., Chirilă, C., Macovei M. (2016) – *Low-cost aerial unmanned aerial systems in cadastral applications***, 16<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geo Conference, SGEM 2016, Albena, Bulgaria, Book 2 Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Volume II, ISSN: 1314-2704, DOI : 10.5593/sgem2016B22, pag. 947-954.
  14. **Oniga, E., Oniga B. (2015), *Testing the accuracy of different calibration methods***, Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre, Bucuresti, Romania, pag. 8-17.
  15. **ONIGA V. E., Chirilă, C. (2013) – *Object based digital non-metric images accuracy***, 13<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geo Conference, SGEM 2013, Albena, Bulgaria, Volume II, Environmental Economy, ISSN: 1314-2704, pag. 655-662.
  16. Pérez M., Agüera F., Carvajal F. (2011)-***Digital camera calibration using images taken from an unmanned aerial vehicle***, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland.
  17. Remondino F., Fraser C. (2006), ***Digital camera calibration methods: considerations and comparisons***, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXVI, Part 5, 25-27, 2006.
  18. Roger Y. Tsai (1987) - ***A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf tv cameras and lenses***. IEEE Journal of Robotics and Automation, 3(4): 323–344.
  19. Zhang Z. (2004) - ***"Camera Calibration"***, Capitol 2, pagini 4-43, în G. Medioni and S.B. Kang, eds., *Emerging Topics in Computer Vision*, Prentice Hall Professional Technical Reference.
  20. Zhang Z. (2000) - ***A flexible new technique for camera calibration***, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22, 1330-1334.
  21. Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M. (2012)- ***'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications***. Elsevier, Geomorphology 179, 300–31.

## REVEDICĂRI

1. Câmp inovativ de calibrare a camerelor digitale montate pe platforme aeropurtate fără pilot (UAV), **caracterizat prin aceea că** este definit prin puncte de coordonate 3D determinate cu o precizie de ordinul milimetrilor cu ajutorul unei stații totale și amplasate în plane diferite, materializate pe teren în timpul preluării imaginilor necesare procesului de calibrare prin forme geometrice (cercuri, triunghiuri etc.) care pot fi identificate și măsurate în mod automat.
2. Câmp inovativ de testare a camerelor digitale montate pe platforme aeropurtate fără pilot (UAV), **caracterizat prin aceea că** este definit prin puncte de coordonate 3D determinate cu o precizie de ordinul milimetrilor cu ajutorul unei stații totale și amplasate în plane diferite, materializate pe teren în timpul preluării imaginilor prin forme geometrice (cercuri, triunghiuri etc.) care pot fi identificate și măsurate în mod automat, dar și prin existența unui nor de puncte preluat asupra câmpului de testare cu ajutorul unui laser scanner terestru.

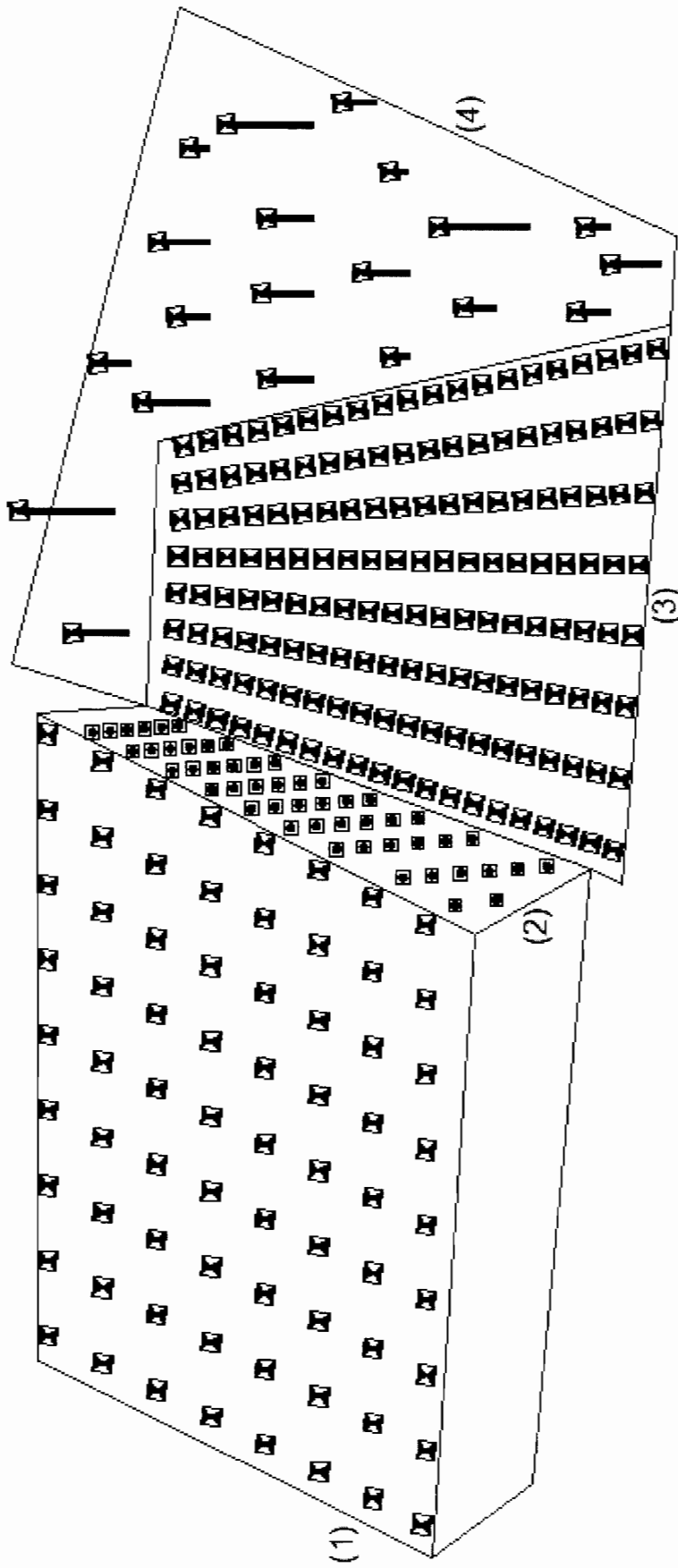


Figura 1