



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00056

(22) Data de depozit: 25.01.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.09.2011 BOPI nr. 9/2011

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ -INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, CP-OP MG 05,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• ANGHELUȚĂ LAURENȚIU MARIAN,  
STR.ZLASTI NR.43, HUNEDOARA, HD, RO;

• ENE DRAGOȘ VALENTIN,  
STR.IZVORUL CRIȘULUI NR.10, BL.D3,  
SC.A, ET.1, AP.4, SECTOR 4, BUCUREȘTI,  
B, RO;  
• RADVAN ROXANA,  
STR.RĂMNICU SĂRAT NR.15, BL.20F,  
ET.5, SC.1, AP.13, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• SAVASTRU ROXANA,  
STR.IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A,  
AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU DE ASOCIERE A INFORMAȚIILOR DE TIP  
IMAGISTIC OBȚINUTE ÎN URMA INVESTIGAȚIILOR  
NEDISTRUCTIVE, NONINVAZIVE, REALIZATE CU TEHNICI  
FOTONICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de asociere prin suprapunere a informațiilor de tip imagistic, generate de tehnici fotonice neinvazive și noncontact de investigare a calității suprafețelor obiectelor, cum ar fi tehnica de scanare 3D cu fascicul laser, tehnica de scanare a răspunsului de emisie de fluorescență indusă cu ajutorul unui fascicul laser, tehnica de scanare cu fascicul laser a vibrațiilor induse pe calesonoră, tehnica de înregistrare de imagini multispectrale în domeniile vizual, infraroșu apropiat și ultraviolet. Procedeu conform invenției constă din parcurgerea următoarelor etape: prestabilirea limitelor de precizie ale instrumentelor de investigare, în funcție de distanța de lucru, prestabilirea parametrilor de înregistrare a modelului digital 3D, generarea modelului matrice de investigare a suprafeței de lucru, efectuarea de operațiuni de înregistrare 3D și investigare, asocierea rezultatelor investigațiilor cu modelul 3D, construcția unei replici digitale.

Revendicări: 1  
Figuri: 4

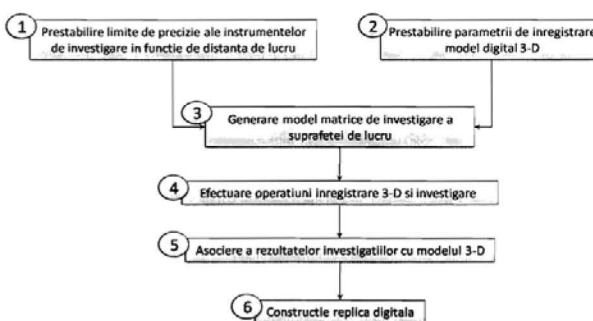
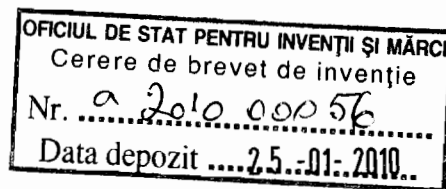


Fig. 1

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).





Descrierea invenției

**Titlu:** *Procedeu de asociere a informațiilor de tip imagistic obținute în urma investigațiilor ne-distructive, non-invazive realizate cu tehnici fotonice*

**Domeniu tehnic:** *optoelectronica*

**Stadiul tehnicii:**

Sunt cunoscute tehnicile de investigare și caracterizare non-contact și ne-invazive care oferă informații de tip imagistic și sub formă de spectre despre forma și consistența unui obiect. Invenția se bazează pe utilizarea următoarelor tehnici: scanarea de fluorescență indusă cu ajutorul laserului, scanarea cu ajutorul laserului a răspunsului de vibrații induse pe cale sonoră, fotografierea în diferite domenii spectrale: vizibil, ultraviolet și infraroșu apropiat, scanarea 3-D cu fascicul laser.

Sunt cunoscute metode și algoritmi de obținere de reprezentări digitale tridimensionale prin utilizarea fotografiilor stereoscopice.

Sunt cunoscute și metode de suprapunere ale imaginilor digitale 2-D cu modele 3-D digitale, utilizate în texturarea spațiilor grafice 3-D în industria multimedia.

**Problema tehnică** pe care invenția o rezolvă este existența unui model unitar de vizualizare simultană, pe o replică digitală a unei suprafețe tridimensionale, a informațiilor imagistice multi-strat oferite de mai multe tehnici fotonice de investigare. Astfel, suportul digital al replicii tridimensionale al obiectului/suprafeței studiate, permite observarea detaliilor ascunse ale picturilor pe orice fel de suport și desprinderi sau defecte "ascunse" sub straturile de vopsele sau chiar tencuieli. De asemenea, replică digitală poate fi studiată în detaliu și în alte locații din afara sitului sau muzeului (laborator, săli de cursuri), nefiind necesară deplasarea la fața locului a echipei de specialiști.

**Expunerea invenției:**

Invenția se referă la un procedeu de asociere prin suprapunere a informațiilor generate de tehnici fotonice ne-invazive și non-contact de investigare a calitatii suprafețelor multi-strat ale obiectelor de artă. Acest procedeu este realizabil prin parcurgerea etapelor conform figurii 1.

Tehnicile de înregistrare și investigare utilizate sunt:

**Scanarea 3-D cu fascicul laser** este o tehnică ce utilizează triangulația pe baza pe relației dintre direcția fascicolului laser emis și direcția reflexiei detectate care oferă informația despre punctele de pe suprafața obiectului. Se numește triangulație datorită faptului că se formează un triunghi între capul laser, punctul de pe suprafața obiectului, și camera de detectie; cunoscându-se laturile triunghiului și unghiul camerei se poate determina observând poziția punctului de înregistrat în câmpul vizual al camerei, obținându-se astfel informațiile despre forma și dimensiunile triunghiului și obținându-se în sfârșit coordonatele coltului triunghiului cu spotul laser de pe suprafața obiectului. Față de metoda 'timp-de-zbor', această tehnică are precizie mult mai mare până la ordinul micrometrilor, însă are

limitata distanta fata de obiect la cativa metri, fiind in special utila obiectelor de muzeu de dimensiuni mici si medii.

Un dispozitiv de scanare 3D cu fascicul laser este non-contact, activ, operand pe principiul triangulatiei, folosind radiatie laser, in regim continuu, la 690 nm cu o putere de 15mW, nedaunatoare suprafetelor obiectelor studiate (comparativ cu un bec uzual de putere 30-100 W). Distanțele de operare ale acestuia sunt cuprinse între 1.5 si 22 m.

Urmand procedura clasica de prelucrare a informatiilor rezultate in urma scanarii, se vor obtine in final forme sau obiecte 3D digitale, compatibile cu majoritatea aplicatiilor de procesare grafica 3D.

**Tehnica de scanare a raspunsului de emisie de fluorescanta indusa cu ajutorul unui fascicul laser** are la baza aplicarea de radiatie laser asupra materialului unei suprafete, cu care interactioneaza, iar in urma unor procese fizice se produce fenomenul de emisie de fluorescanta, care este observat de un colector optic si analizat cu ajutorul unui spectrometru iar apoi interpretat cu un software specializat.

Aceasta tehnica se distinge de alte metode de analiza cu fascicul laser prin faptul ca aceasta este non-destructiva si se bazeaza pe captarea emisiei de fluorescanta, rezultata din relaxarea moleculelor excitate cu ajutorul unei radiatii laser – de obicei in domeniul ultraviolet – care sunt achizitionate si interpretate cu echipament si software specializat.

Fluorescanta este un fenomen de luminescanta rezultat in urma dezexcitarii moleculelor materialului iradiat. Principiul se bazeaza pe excitarea suprafetei de interes cu ajutorul unei surse laser, iar apoi emisia de fluorescanta rezultata fiind inregistrata cu ajutorul unui spectrometru datele fiind mai apoi inregistrate si prelucrate cu aplicatii software dedicate, pe un calculator personal.

Acest proces este guvernata de trei evenimente importante, care au loc la intervale de timp care difera prin cateva ordine de marime. Excitarea unei anumite molecule de catre un foton incident are loc in intervale de ordinul femtosecundelor ( $10^{-15}$  s), pe cand relaxarea vibrationala a electronilor de pe nivelul excitat catre nivelul cu energie cea mai joasa este un proces mult mai lent, masurandu-se in marimi de ordinul picosecundelor ( $10^{-12}$  s). Ultimul proces, emisia unui foton cu lungime de unda mai mare si revenirea moleculei la nivelul fundamental de energie, are loc intr-o perioada relativ lunga de timp de ordinul nanosecundelor ( $10^{-9}$  s).

Informatiile spectrale ale fluorescentei sunt de obicei reprezentate ca si spectre de emisie. Un spectru de emisie de fluorescanta este un grafic al intensitatii fluorescentei in functie de lungimea de unda.

O analiză temeinică se face interogând o întreagă zonă din acea suprafață. Pentru aceasta este utilizat un sistem automatizat care permite un control de precizie inalta asupra parametrilor de interogare si scanare. Acest sistem functioneaza pe urmatorul principiu. Scanarea punct cu punct a unei suprafete presupune directionarea radiatiei laser, emisa de sursa, catre fiecare punct dupa un algoritm bine stabilit, printr-un sistem optic.

Aplicatia de vizualizare a spectrelor inregistrate de dispozitivul de scanare si inregistrare a fluorescentei induse astfel cu ajutorul laserului pe suprafata obiectului, permite selectarea unor multiple benzi inguste

25-01-2010

din intreg spectrul achizitionat, pentru a fi salvate in fisiere text sub forma de valori ale intensitatilor medii ale fiecarui punct interogat la lungimile de unda respective. Valorile din aceste fisiere sunt prelucrate matematic iar apoi interpretate cu ajutorul unei alte aplicatii care primeste ca si informatii de intrare datele continute in fisierele respective, adica intensitatile medii pe fiecare dintre benzile alese, si ofera posibilitatea vizualizarii sub forma de imagini a distributiei de intensitate diferite, in combinatie de 3 culori (rosu, verde si albastru) a 3 benzi spectrale diferite, pe suprafata scanata. Acest lucru este util pentru discriminarea anumitor caracteristici de fluorescenta ale unor pigmenti sau a posibilelor atacuri biologice aflate in stare incipienta.

Imaginile rezultate sunt salvate ca si fisiere grafice format PNG, JPEG sau BMP. Fiecare pixel al imaginii are corespondent zona fizica de pe suprafata scanata de dimensiunea spotului laser, si reprezinta intensitatea medie normalizata a emisiei de fluorescenta . Rezolutia acestor imagini depinde direct de parametrii cu care s-a realizat scanarea, deci de numarul de puncte interogate pe verticala si orizontala.

**Scanarea cu fascicul laser a vibratiilor induse pe care sonora** este realizata cu ajutorul vibrometrelor Doppler Laser, care sunt cunoscute in literatura de specialitate si sub acronimul LDV- Laser Doppler Vibrometers. Acestea sunt niste instrumente stiintifice de masurare, pe principii non-contact, a vibratiilor suprafetelor si in special pentru determinarea pozitiei si conturului eventualelor desprinderi ale straturilor superficiale de adancime medie in raport cu substratul suport.

Fasciculul laser emis de echipamentul LDV este directionat catre suprafata studiata, iar amplitudinea vibratiei si frecventa sunt extrase din convertorul Doppler din informatia purtata de unda laser ca urmare a miscarii suprafetei. Informatia generata de echipamentul LDV este in general o tensiune continua direct proportionala cu viteza suprafetei pe directia fasciculului laser.

Printre avantajele LDV in comparatie cu alte metode ce masurare - precum accelerometrele - se enumera si faptul ca acesta poate directiona punctul de interogare catre suprafete de cercetat greu accesibile, sau care sunt prea mici sau chiar periculoase (fierbinti, foarte degradate, fragile, sensibile la contact din punct de vedere chimic, usor alterabile etc.)

Principala contributie a utilizarii metodei LDV consta in substituirea subiectivitatii ochiului, sau a inconvenientelor senzorilor de contact, cu posibilitatea masurarii de la distanta cu sau fara excitarea structurii studiate pentru producerea unor harti 2D ale desprinderilor ascunse.

**Inregistrarea de imagini digitale in domeniile spectrale ultraviolet - reflexie UV si fluorescenta - , vizibil si infrarosu apropiat** se realizeaza cu o camera multispectrala dotata cu un senzor CCD. Aparatul este portabil putandu-se monta pe un trepied obisnuit. Acesta poate inregistra imagini in modurile RGB, reflexie UV, fluorescenta UV, doua moduri de infrarosu apropiat, culori false, fiind extrem de utila in documentarea si investigarea picturilor si a suprafetelor multi-strat, dupa cum se observa in Figura 2.

Modurile infrarosu apropiat, permit detectarea desenelor facute cu carbune pe suprafata alba de dedesubtul picturilor dar pot oferi si informatii despre reparatii anterioare asupra suprafetelor.

Fluorescenta UV poate dezvalui pozitia retusurilor si starea stratului de verni. Multi pigmenti, vopsele si verniuri produc fluorescenta la contactul cu radiatia UV. Substanta iradiata absoarbe radiatia ultravioleta si o converteste in radiatie vizibila, a carei culoare indica tipul materialului.

Reflexia UV poate detecta detaliile, rugozitatea si petele de pe suprafata documentelor. Pentru acestea doua din urma este necesara iradierea obiectului cu o lampa UV.

*Etapa 1 : Prestabilire limite de precizie ale instrumentelor de investigare in functie de distanta de lucru*

In aceasta etapa se stabileste o distanta de lucru fata de obiectul studiat pentru fiecare dintre tehnicile de investigare si inregistrare. Fiind instrumente optice care utilizeaza echipamente diferite de transmitere a informatiei, trebuie gasiti parametrii de operare pentru fiecare dintre aceste instrumente, astfel incat informatiile imagistice obtinute sa fie compatibile si asociabile. In acest sens, pentru instrumentele care utilizeaza fascicol laser se stabileste o distanta de lucru la care hartile de distributie de densitate obtinute au rezolutii compatibile cu modelul digital 3-D scanat. Pentru acest lucru se iau in vedere dimensiunile spoturilor laser pe suprafata obiectului, ratia pixel/punct real ce va fi obtinuta din rezolutia fiecarui fisier imagine achizitionat si de suprafata totala propusa pentru o scanare.

*Etapa 2 : Prestabilire parametrii de inregistrare model digital 3-D*

In functie de tipul si modelul scannerului 3-D se stabilesc parametrii de scanare 3-D si numarul de scanari pentru a obtine replica digitala completa a obiectului investigat. Parametrii de scanare 3-D in general se refera la unghiul vertical si cel orizontal al campului vizual al dispozitivului in care se incadreaza obiectul sau sub-zona propusa investigarii, la rezolutia scanarii in functie de precizia detaliilor dorite si respectiv la distanta fata de suprafata investigata.

*Etapa 3 : Generare model matrice de investigare a suprafetei de lucru*

In cazul unei suprafete de investigat ce depaseste capacitatea de inregistrare a dispozitivelor optoelectronice in parametrii doriti, se imparte aceasta suprafata in sub-zone de investigat stabilindu-se in acelasi timp elemente de referinta pentru prelucrarile ulterioare. Fiecare sub-zona este asociata unei matrici virtuale in functie de limitele de precizie prestabilite in etapa 1. Astfel fiecare pixel digital din imaginile ce vor fi obtinute ii va corespunde o zona reala de pe suprafata obiectului sau din substraturile acestuia, a carei dimensiune este data de raportul dimensiune imagine digitala / suprafata reala investigata.

*Etapa 4 : Efectuare operatiuni inregistrare 3-D si investigare*

In aceasta etapa, sunt efectuate toate masuratorile si inregistrarile propuse, pe baza modelului stabilit in pasii anteriori. Pentru inregistrarea fotografica in modurile infrarosu apropiat, reflexie si fluorescenta UV, vizibil, se efectueaza inregistrari stereo pentru a se obtine un model tridimensional bazat pe disparitati, care va putea fi mai usor asociat replicii tridimensionale obtinute in urma scanarii 3-D.

#### *Etapa 5 : Asociere a rezultatelor investigatiilor cu modelul 3-D*

Pe baza matricilor sub-zonelor investigate se asociază fiecare pixel al imaginilor 2-D înregistrate, sub forma de harti de distributie de intensitate, cu grupul de vertecsi corespunzator aceluși pixel, din cadrul modelului digital 3-D al sub-zonei scanate. În cazul fotografiilor stereo, se va asocia direct modelul 3-D obținut prin acest procedeu. Pe baza acestei corelari de date, se va construi modelul sub-zonei în format tridimensional, care apoi va fi alipit celorlalte sub-zone pentru a crea replica finală digitală 3-D a obiectului.

#### *Etapa 6 : Constructie replica digitala*

În această etapă finală, sunt asamblate și lipite toate sub-zonele aparținând modelului digital 3-D cu informațiile imagistice suprapuse, ținându-se cont de elementele de reper stabilite anterior.

Acest proces de implementare al informațiilor 2-D este realizat în aplicații de editare și modelare 3-D, cum ar fi Blender, VRML, sau 3-D Studio Max.

Modelul tridimensional final poate fi inclus în medii de vizualizare interactive virtuale, pentru studiere amanunțită, poate fi introdus în animații explicative pentru prezentări sau demonstrații, poate fi chiar imprimat 3-D pentru expoziții. Asta datorită faptului că posibilele formate ale fișierului se situează în gama de fișiere compatibile cu majoritatea softurilor de modelare, editare și post procesare 3-D.

#### **Prezentarea avantajelor:**

Un prim avantaj al acestui procedeu este faptul că utilizează tehnici fotonice non-contact și nedistructive de înaltă precizie, pentru a înregistra informații referitoare la calitatea și starea de conservare a suprafeței și a straturilor ascunse ale unui artefact, care poate fi fragil contactelor mecanice de orice fel.

Un avantaj direct al modelului digital astfel obținut este faptul că oferă specialiștilor din domeniul conservării-restaurării operelor de artă, istoricilor, asiguratorilor, curatorilor, informații extrem de utile despre :

- integritatea, calitatea și relieful suprafeței obiectului investigat la precizie înaltă
- starea de conservare și posibilele atacuri biologice, cu cartarea distribuției de intensitate a acestora pe suprafața investigată
- diferențe între compozițiile de pigmenți ce pot aparține unor intervenții ulterioare
- istoricul restaurării operei de artă în cauză, prin evidențierea eventualelor retusuri, repictări sau chiar desprinderi existente în substraturile ascunse vederii

Aceste informații sunt în acest fel disponibile simultan, fără a fi necesară deplasarea specialistului interesat la fața locului, acesta putând accesa și vizualiza modelul digital din laborator sau de acasă, neavând nevoie decât de un calculator personal, și, mai important, fără a fi necesară manipularea fizică a obiectului.

## Revendicari

1. Procedeu de obtinere a unei replici digitale tridimensionale complexe caracterizata prin aceea ca utilizeaza tehnici fotonice non-contact si ne-distructive de investigare si inregistrare la rezolutie inalta a artefactelor, care permit obtinerea de informatii extrem de utile specialistilor din domeniul conservarii-restaurarii operelor de arta, despre compozitia si relieful suprafetei obiectului investigat la precizie inalta, informatii despre posibile contaminari biologice sau despre natura pigmentilor care par identici ochiului uman, informatii despre eventuale retusuri, repictari sau chiar desprinderi existente in substraturile ascunse vederii, fara a fi necesara deplasarea specialistului interesat la fata locului, acesta putand accesa si vizualiza modelul digital din laborator sau de acasa, neavand nevoie decat de un calculator personal, si, mai important, fara a fi necesara manipularea fizica a obiectului.

Prezentare figuri:

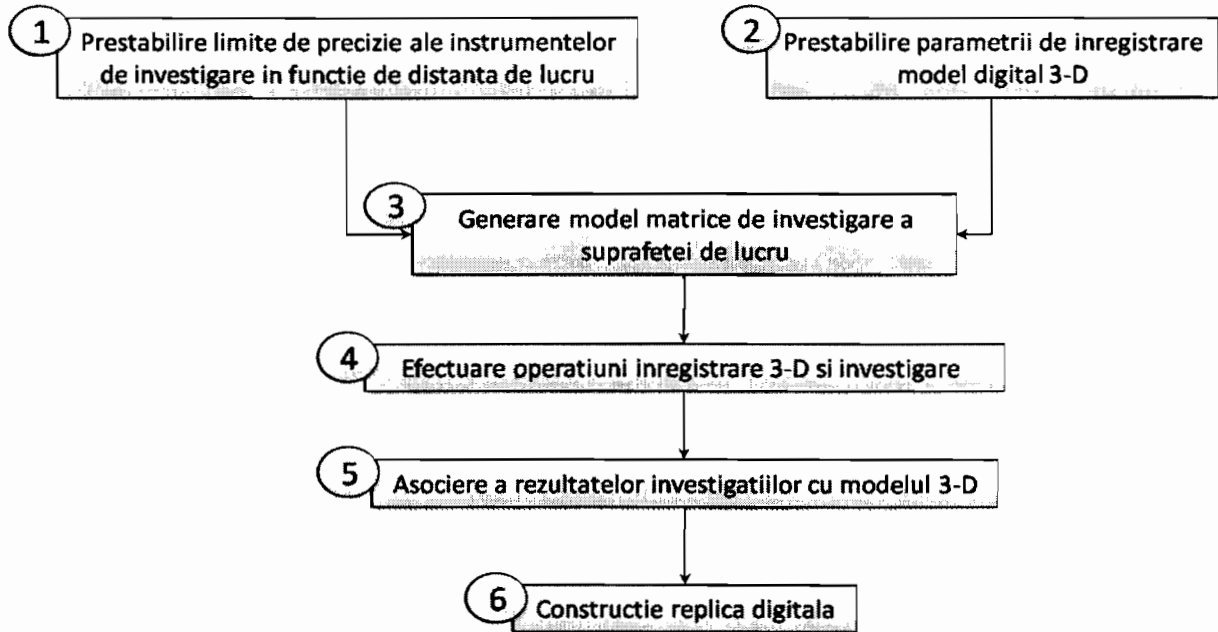


Figura 1. Etapele procedeeului propus

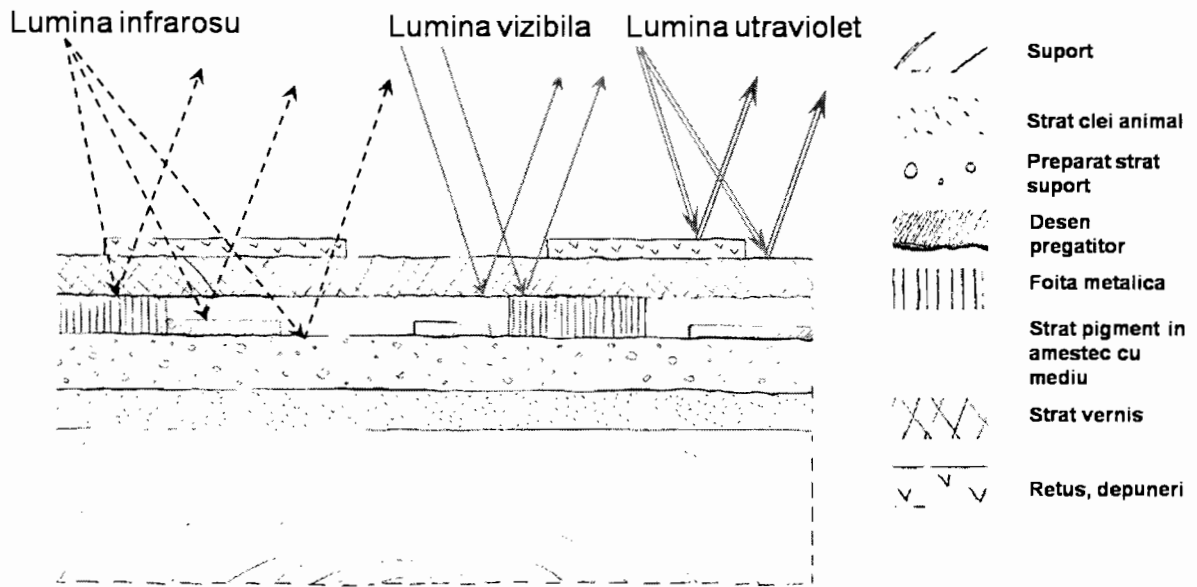


Figura 2. Principiul inregistrarii imaginilor cu camera multi-spectrala



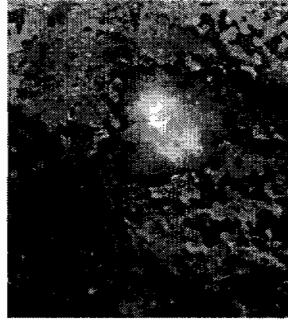


Figura 3. Exemplu suprapunere imagine foto in vizibil cu harta distributie de intensitate pentru scanarea de fluorescenta indusa cu ajutorul laserului (icoana de lemn)

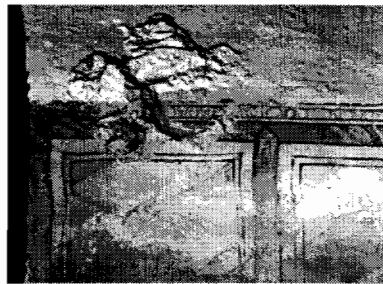


Figura 4. Exemplu asociere a unei sub-zone a unei replici 3-D cu imaginea foto in modul vizibil.  
(perete pictat)