



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00294

(22) Data de depozit: 28/05/2021

(41) Data publicării cererii:
29/11/2022 BOPI nr. 11/2022

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• TOMPA VASILE, STR. BĂRGĂULUI,
NR.21, SC.B, AP.20, BISTRIȚA, BN, RO;
• HURGOIU DAN, STR.IANCU DE
HUNEDOARA, NR.24, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO;

• COMES RADU, STR.COJOCNEI NR.6,
BL.C13, SC.1, ET.3, AP.56, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO;
• BODI ȘTEFAN, STR. VASILE ALEXANDRI
NR. 5, SC.A, AP. 5, BISTRIȚA, BN, RO;
• NEAMȚU CĂLIN GHEORGHE DAN,
STR. AUREL VLAICU, NR.44, CLUJ
NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, SC.1,
AP. 2, CLUJ NAPOCA, CJ

(54) PLATFORMĂ SEMIAUTOMATĂ PENTRU AUTENTIFICAREA
OPERELOR DE ARTĂ PICTATE BAZATE PE TEHNICI
INTERDISCIPLINARE CONVERGENTE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o platformă integrată în mediul online având ca scop facilitarea autentificării și investigării operelor de artă pictate, de către cercetători sau alte părți interesate, prin aplicarea unor tehnici interdisciplinare convergente. Platforma conform invenției este alcătuită dintr-un server (1), conectat la Internet, pe care rulează o aplicație software (2) și dintr-un sistem (3) de achiziție a imaginilor folosit pentru achiziția multi-spectrală a imaginilor opere de autentificat, în care aplicația software (2) stabilește factorul de corelație cu alte opere consacrate printr-un algoritm care urmărește potrivirea zonelor de interes declarate șablon de un specialist, pe baza similarității valorilor de intensitate ale pixelilor, factorul de corelație rezultând dintr-o matrice de valori care indică gradul de potrivire dintre imaginea sursă și șablon, pe baza diferențelor tonurilor de gri, șablonul fiind translatat automat în fiecare locație bidimensională a imaginii sursă, pentru aceasta aplicația software (2) cuprinzând: o aplicație (2a) de tip desktop care are rolul de interfață între utilizator și componentele sistemului de autentificare, o bază de date (2b) care conține lucrări validate ale unor autori consacrați, o aplicație (2c) mobilă care facilitează operarea de la distanță, un software (2d) pentru achiziția imaginilor, un

program (2e) pentru prelucrarea inițială a imaginilor, un alt program (2f) pentru sincronizarea cu baza de date (2b), un program (2g) pentru analiza de imagini și extragerea unor regiuni de interes, precum și un program (2h) pentru calcularea factorilor de corelație.

Revendicări: 6
Figuri: 13

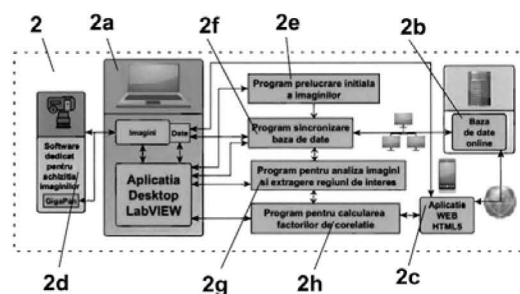


Fig. 1

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 221 00294
Data depozit 28-05-2021

RO 137129 A2

er

Platformă semiautomată pentru autentificarea operelor de artă pictate bazată pe tehnici interdisciplinare convergente

Invenția se referă la o platformă integrată în mediul online, definită cu scopul de a facilita autentificarea și investigarea picturilor medievale și premoderne de către cercetători sau alte părți interesate, prin aplicarea unor tehnici interdisciplinare convergente. Se urmărește furnizarea și analiza unui set extins de informații culese prin: achiziția, stocarea și prelucrarea unor imagini digitale multispectrale, a particularităților fizice și chimice asociate elementelor componente ale operelor (pigmenți, substrat etc.), a rapoartelor istorico-artistice existente și a studiilor iconografice sau teologice derulate.

Patrimoniul istoric este poate cel mai important factor în păstrarea identității naționale și a valorilor culturale. O componentă esențială a acestui patrimoniu este reprezentată de moștenirea lăsată sub forma picturilor și a sculpturilor din lăcașele de cult construite în perioada medievală și premodernă. Există un interes viu și manifestat al societății românești în legătură cu istoria artei românești, în mod special, privind conservarea acestui tezaur. Numărul însemnat de publicații, proiecte derulate sau în curs și alte investigații științifice sunt o confirmare în acest sens.

Abordarea tradițională utilizată în studiul lucrărilor de artă pictată se bazează pe observațiile privind diferențele subtile în detaliu și caracteristicile specifice ale trăsăturilor de pensulare și periere. Având în vedere metodele empirice implicate, în unele cazuri interpretarea poate fi influențată de o serie de aspecte, cum ar fi experiența personală, acuitatea vizuală sau percepția individualizată a culorilor. Deoarece la nivel național există un număr restrâns de experți certificați în domeniul artei medievale românești, dezvoltarea unui sistem automat, capabil de administrarea și analiza preliminară rapidă a unei baze de date va fi cu siguranță un element binevenit în derularea cercetărilor istorice. De asemenea, prin dezvoltarea și întreținerea unui catalog virtual, furnizat sub forma unei platforme on-line, accesul transparent al părților interesate va fi mult mai ușor de asigurat și gestionat.

A fost analizată cererea de brevet înregistrată cu identificatorul **WO2001082263A1**: „*Method for authenticating artwork*”, care propune o metodă de autentificare ce presupune utilizarea unui scanner bidimensional pentru digitalizarea informației vizuale, transferul imaginilor către o mașină de calcul și utilizarea unor aplicații software și modele matematice specifice pentru generarea unei semnături electronice particularizate modului de pensulare și dispunere a vopselelor pe substrat. Ulterior, se face o comparație a semnăturii respective cu alte semnături validate existente, selectate ca elemente de referință și se determină

autenticitatea tabloului procesat. Rolul principal al metodei este de a identifica falsurile moderne ale operelor de artă celebre care sunt dificil de evaluat prin alte metode precum datarea cu carbon sau alte analize fizico-chimice. Un dezavantaj al acestei metode este limitarea achiziției de imagini la cele capturate în spectrul vizibil și utilizarea unui echipament hardware destinat picturilor pe substrat amovibil (tablouri).

Este cunoscută metoda prezentată în documentul **EP3252670A1**: „*Method for determination of authorship of paintings*” utilizată pentru stabilirea paternității unor picturi efectuată prin analiza comparativă a distribuției intensităților atribuite la nivel de pixel. Procedura presupune digitizarea unei imagini (sau a unui set) pentru care autorul este cunoscut cu certitudine și definirea unui alt set de imagini care exclud fără echivoc autorul respectiv. Aplicând diverse funcții pentru prelucrarea imaginilor (redimensionări, histograme, analiza gradientului de culoare, rotații și translații etc.) sunt compilate două biblioteci care vor fi utilizate ca poli de incluziune sau de excluziune pentru analiza gradului de asemănare a unei regiuni de interes extrasă dintr-o imagine subiect.

De asemenea, metoda propusă de patentul **RU2533053C2**: „*Method for mediated non-destructive analysis of painting canvas, monument or other works of art to detect hidden individual peculiarities thereof (versions), method of authenticating and/or determining authorship of painting canvas, monument or other works of art*” care propune definirea unei baze de date multimedia care să conțină seturi cu imagini originale și editate pentru diverse opere de artă. Prin aplicarea repetitivă a unor filtre software de redimensionare ale rezoluției, modificări ale definiției, ajustare a luminozității, izolare de muchii etc. se urmărește editarea fotografiilor până când cele mai fine detalii devin identificabile. Gradul de succes al aplicării metodei descrise în acest document este afectat semnificativ de calitatea imaginilor sursă achiziționate, deoarece limitările de natură hardware (raport semnal/zgomot, iluminare artificială etc.) nu pot fi compensate decât într-o mică măsură prin intervenții software ulterioare.

De asemenea, se cunoaște cererea de brevet **US20100194851A1**: „*Panorama image stitching*” care utilizează un set de imagini achiziționate succesiv, după rotirea sau translatarea incrementală a echipamentului de captură. Acestea sunt prelucrate din punct de vedere geometric cu ajutorul metodei Harris pentru detectarea suprapunerii colțurilor și sunt utilizate pentru compunerea unei vederi panoramice. Dacă fotografiile nu sunt alipite în mod corespunzător operațiile subsecvente pot să fie afectate prin omiterea unor asemănări, reducând în mod implicit coeficientul de potrivire care se determină pe baza gradului de similitudine între două sau mai multe entități analizate. Metoda prezentată aici nu tratează

efectele datorate intervențiilor manuale ale operatorului care pot reduce acuitatea imaginilor, mai ales dacă sunt aplicate asupra camerei mișcări sau vibrații pe durata expunerii.

Principalele limitări ale invențiilor existente și prezentate anterior sunt legate de aplicabilitatea optimizată doar în cazul tablourilor cu iluminarea și expunerea și captura imaginilor asigurate numai în spectrul vizibil.

Alte dezavantaje ale metodelor curente de investigare sunt agravate de lipsa personalului certificat, care este de cele mai multe ori insuficient pentru studii de mare anvergură.

Problema tehnică pe care o rezolvă platforma propusă constă în reducerea timpului și a resurselor de personal înalt calificat care sunt necesare pentru autentificarea unei opere de artă.

Problema tehnică enunțată anterior este soluționată folosind un sistem semiautomat de autentificare, bazat pe procesarea de imagini și de date, printr-o abordare convergentă și interdisciplinară.

Platforma semiautomată pentru autentificarea operelor de artă pictate, conform invenției, este compusă dintr-un server pe care rulează aplicația software constând dintr-o aplicație dedicată de tip desktop, o bază de date care conține lucrări validate a aparține unor autori și o aplicație mobilă web, interconectate și un sistem de achiziție a imaginilor în spectrul vizibil (VIS), infraroșu (IR) și ultraviolet (UV), imaginea operei analizate fiind prelucrată și comparată cu imagini din baza de date.

Metoda de autentificare a operelor presupune următoarele etape:

- a) Achiziția imaginilor multispectrale (VIS, IR, UV) ale operei de analizat, cu ajutorul unui sistem de achiziție care conține echipamentele și softul necesar achiziției;
- b) Încărcarea imaginilor achiziționate în etapa a) în aplicație și prelucrarea primară a acestora, cu ajutorul programului de prelucrare inițială a imaginilor;
- c) Sincronizarea aplicației cu baza de date, folosind programul de sincronizare
- d) Analiza imaginii, selectarea regiunilor de interes cu ajutorul programului pentru analiza imagini si extragere regiuni de interes
- e) Compararea regiunilor de interes cu opere din baza de date și determinarea factorilor de corelație, cu ajutorul programului pentru calcularea factorilor de corelație.
- f) Verificarea corelației cu informații din surse conexe: analiza istoricilor de arta si rezultatele analizelor fizico-chimice a pigmentilor din stratul de pictură.

Se dă un exemplu de aplicare a invenției în legătură cu figurile 1-13 care reprezintă:

- Figura 1, Arhitectura software a platformei;
- Figura 2, Imagine omnidirecțională 360 ° utilizată pentru localizarea precisă a seturilor de imagini multi-spectrale achiziționate și documentarea ulterioară a scenelor supuse studiului;
- Figura 3, Vedere exterioară a modelului 3D obținut prin scanarea tridimensională interioară a clădirii și aplicarea imaginilor achiziționate ca texturi raster;
- Figura 4, Setul de echipamente hardware necesar pentru achiziția imaginilor în spectrele vizibil-uman (VIS), ultraviolet (UV) și infraroșu (IR);
- Figura 5, Achiziția imaginilor multi-spectrale asistată de echipamentul motorizat pentru orientarea automată a camerei digitale;
- Figura 6, Exemplu privind structura bazei de date dedicate stocării imaginilor digitale și a datelor asociate;
- Figura 7, Pașii algoritmului de corelare încrucișată cu adaptarea funcției de căutare la regiuni de interes circulare;
- Figura 8, Algoritm optimizat pentru determinarea factorului NCC în cazul investigării imaginilor cu obiecte de formă circulară;
- Figura 9, Exemplu de dicționar OCR utilizat pentru recunoașterea automată a caracterelor alfabetului chirilic român necesară platformei de autentificare;
- Figura 10, Exemplu de interfață grafică cu utilizatorul pentru aplicația desktop creată în scopul autentificării operelor de artă ;
- Figura 11, Exemplu pentru diagrama bloc destinată aplicației desktop utilizată în scopul autentificării operelor de artă ;
- Figura 12, Exemplu pentru versiunea clasică a interfeței HMI, dedicată serverelor operate de la distanță;
- Figura 13, Exemplu de interfață grafică pentru aplicația mobilă WEB utilizată în scopul autentificării operelor de artă.

Platforma semi-automată pentru autentificarea operelor de artă pictate bazată pe tehnici interdisciplinare convergente este alcătuită dintr-un server 1, conectat la internet, pe care rulează aplicația software 2 și dintr-un sistem de achiziție a imaginilor 3.

Aplicația software 2 este concepută pe baza arhitecturii din figura 1 și constă din următoarele componente:

- o aplicație dedicată 2a, de tip desktop, care are rolul de interfață între utilizator și componentele sistemului de autentificare semi automata;

- o bază de date **2b**, care conține lucrări validate ale unor autori consacrați;
- o aplicație mobilă **2c**, de tip WEB HTML care facilitează operarea la distanță;
- un software **2d**, pentru achiziția imaginilor;
- un program **2 e**, pentru prelucrarea inițială a imaginilor;
- un program **2 f**, pentru de sincronizare cu baza de date;
- un program **2 g**, pentru analiza imagini si extragere regiuni de interes;
- un program **2 h**, pentru pentru calcularea factorilor de corelație.

Sistem de achiziție a imaginilor 3 este alcătuit din următoarele componente hardware (figura 4):

- Stativ 4, cu trepied folosit pentru poziționarea lămpilor de iluminat;
- Suport articulată 5, mono-telescop, folosit pentru susținerea unor aparate de achiziție a imaginii;
- Cap trepied 6, cu trei grade de libertate, pentru susținerea aparatelor de achiziție a imaginilor
- Cap panoramic motorizat 7, pentru achiziția imaginilor panoramice;
- Cap trepied cu joystick 8, folosit pentru ...
- Filtre pentru fotografiere în spectrul ultraviolet 9;
- Filtre pentru fotografiere in spectrul infraroșu 10;
- Aparat de fotografiere multispectral 11;
- Microscop digital 12, folosit pentru detalii (se achiziționează imagini de înaltă rezoluție pentru suprafețe cuprinse între 1 si 3 cm²);
- Colorimetru digital 13, care are rolul de măsura intensitatea luminoasă la care se face achiziția de date si setarea corecta a parametrilor camerelor de fotografiat;
- Set lampă cu lumină continuă incandescentă 14;
- Set lampă cu lumină continuă LED 15;
- Set lampă cu lumină continuă în spectru ultraviolet 16.

Platforma este compusă dintr-o aplicație care este conectată la o bază de date în care într-o primă fază se verifică caracteristicile geometrice principale ale unor picturi cu elemente analizate și confirmate de un expert, iar dacă se identifică picturi care prezintă elemente geometrice similare, se trece la un set de analize fizice și chimice, iar rezultatele preliminare sunt apoi prezentate unui expert de artă. Pe baza datelor colectate în aceste trei etape, sistemul poate genera un factor de corelare/similitudine cu alte picturi semnate de autori identificați sau neidentificați, care se regăsesc în baza de date a aplicației.

Ierarhizarea obiectelor și interogarea bazei de date se realizează prin corelare încrucișată, fapt care este posibil prin aplicarea unor algoritmi specializați în izolarea, prelucrarea și extragerea regiunilor de interes din cadrele multi-spectrale (VIS/UV/IR) achiziționate. Organizarea și prezentarea datelor vizuale componente se face prin evaluarea factorului de potrivire obținut prin operații la nivel de pixel și adaptarea unui dicționar pentru recunoașterea caracterelor optice capabil să identifice literele alfabetului chirilic român utilizat în arta specifică epocii.

Modul de interacțiune cu platforma semi-automată propusă se bazează pe: o aplicație dedicată de tip desktop, o bază de date operată de un server și o aplicație mobilă web, interconectate. Interfața virtuală pentru sincronizarea online cu platforma permite accesul utilizatorilor într-un mod flexibil, indiferent de arhitectura echipamentului sau a sistemului de operare utilizate pentru conectare, prin navigarea la o adresă URL specificată, cu orice program de tip browser web compatibil cu standardul HTML5. Componentele principale ale platformei și conexiunile dintre acestea sunt prezentate în Figura 1.

- *Metodologia de achiziție a imaginilor și a datelor asociate picturilor*

Funcționarea algoritmului implementat în cadrul platformei este condiționată de acuratețea imaginilor capturate și a procesului de achiziție de date. În acest context, achiziția de date se referă la realizarea fotografiilor pentru operele de artă cu scopul determinării paternității picturilor cu autori necunoscuți. Dacă această operațiune nu este realizată corespunzător, rezultatele generate pot fi afectate în mod negativ. Calitatea imaginilor combinată cu volumul datelor extrase din analiza operelor de artă și analizele fizico-chimice permit asistarea autentificării.

Achiziționarea imaginilor multi-spectrale în interiorul clădirilor medievale reprezintă o provocare atât din punct de vedere organizatoric cât și tehnic. Deoarece majoritatea picturilor medievale și premoderne din țara noastră sunt realizate pe pereții bisericilor, ele nu pot fi mutate într-un laborator specializat pentru fotografierea acestora. Din această cauză este necesară asigurarea unui ambient de lucru cu iluminare controlată în proximitatea scenei de achiziție. Metoda de achiziție utilizată de platformă presupune realizarea unor imagini panoramice de 360 de grade, în spectrul vizibil (Fig. 2), utilizate ulterior pentru a documenta picturile dintr-o biserică de lemn ca un întreg, un pas deosebit de util pentru localizarea precisă a fotografiilor realizate ulterior în cele trei spectre, care sunt analizate pentru investigarea detaliilor.

Imaginile panoramice pot fi prelucrate și aplicate sub forma unor texturi pe un model 3D obținut prin scanarea interiorului clădirii respective (Fig. 3). Pentru satisfacerea unor astfel

de condiții, este exemplificat un set cuprinzător de echipamente hardware necesar pentru achiziția informațiilor în spectrele vizibil-uman (VIS), ultraviolet (UV) și infraroșu (IR), care este format din: set lampă cu lumină continuă incandescentă (Fig. 4.1), set lampă cu lumină continuă LED (Fig. 4.10), set lampă cu lumină continuă în spectru ultraviolet (Fig. 4.11), colorimetru digital (Fig. 4.13), filtre pentru fotografiere în spectrul infraroșu (Fig. 4.7), filtre pentru fotografiere în spectrul ultraviolet (Fig. 4.5), microscop digital (Fig. 4.8), aparat de fotografiere multispectral (Fig. 4.6), stative reglabile (Fig. 4.2-4), cap panoramic motorizat pentru realizarea imaginilor panoramice de înaltă rezoluție și compunerea scenelor omnidirecționale (Fig. 4.9).

Funcțiile principale ale platformei de achiziție sunt:

- calibrarea parametrilor de achiziție a imaginilor prin monitorizarea raportului pixel/mm și pixel/grad și controlul parametrilor optici de mărire și focalizare se va face întotdeauna într-un mod corespunzător;
- sincronizarea ceasului intern al tuturor echipamentelor de achiziție implicate. Deși majoritatea echipamentelor dispun de un circuit RTC (*Real Time Clock*) propriu, este imperativă ajustarea datei și orei astfel încât să poată fi asigurată trasabilitatea întregului proces;
- declanșarea camerei în mod automat de la distanță, fapt care exclude orice mișcare indusă de intervenția manuală a operatorului pe durata expunerii;
- stocarea imaginilor într-un format care să asigure compresia fără pierderi sau alterări de date, indiferent de numărul sau amplitudinea prelucrărilor ulterioare;
- jurnalizarea datelor senzoriale (*Data-logging*) acțiune prin care, fiecărei imagini îi vor putea fi atașate informații suplimentare precum condițiile de iluminare și temperatură din momentul achiziției. Datele pot fi atașate fișierelor ca meta-date (de exemplu în format EXIF/XML) sau injectate direct în baza de date;

Controlul și acționarea de la distanță al echipamentelor de achiziție sunt absolut necesare întrucât orice intervenție manuală asupra acestora poate genera mișcări sau vibrații, ale căror efecte pot reduce acuitatea imaginilor, mai ales dacă sunt aplicate pe durata expunerii. Figura 5 exemplifică o procedură care asigură repetabilitatea procesului de captură pentru fiecare spectru, un element cheie în cazul corelărilor încrucișate realizate ulterior.

- *Descrierea bazei de date dedicate platformei*

Funcțiile principale și modul de structurare al bazei de date sunt exemplificate în Figura 6. Această colecție dedicată platformei permite, pe lângă stocarea informațiilor vizuale

interogarea și manipularea rapidă a obiectelor digitale, precum și integrarea unor aplicații externe de analiză complexă, bazate pe calcule și manipulări la nivel de pixel. De asemenea, sunt implementate diverse niveluri de vizibilitate pentru accesarea online, de la simpla consultare a conținutului până la drepturile de scriere specifice pentru derularea cercetărilor științifice. Principalele funcții și operații cheie sunt:

- accesul și operarea bazei de date se face numai după autentificarea utilizatorilor prin furnizarea de nume și parolă (dublată opțional de o cheie digitală), iar conexiunile vor fi monitorizate și jurnalizate, fapt prin care se poate reduce substanțial riscul de pierdere, corupere sau alterare accidentală și neautorizată a datelor;
- baza de date permite stocarea imaginilor de înaltă rezoluție și fidelitate, a imaginilor multi-spectrale (VIS/IR/UV), a meta-datelor EXIF/ IPTC asociate, respectiv a informațiilor de poziționare spațială necesare pentru alipirea într-o matrice Giga-pixel/Giga-pan și maparea ulterioară pe modelul tridimensional scanat;
- definirea, izolarea și ierarhizarea șabloanelor de referință (template) utilizate pentru căutarea de similarități cu algoritmi de corelare încrucișată;
- generarea automată (redimensionarea, conversia și stocarea) pentru obiectele necesare catalogării și căutărilor rapide NCC piramidale, respectiv pentru redarea conținutului în format miniaturizat (ca amprente/thumbnail);
- localizarea și marcarea regiunilor de interes (ROI) declarate ca șablon (template) și/sau supuse inspecției după criterii multiple (XRF, FTIR, Raman, LC, GC-MS);
- stocarea datelor necesare pentru maparea imaginilor ca texturi aplicate modelelor generate în urma scanării 3D a interiorului clădirilor;
- monitorizarea și jurnalizarea datelor referitoare la condițiile ambientale de mediu (temperatură, intensitate luminoasă etc.) din proximitatea și în momentul achiziției de date;
- sincronizarea datelor cu mediile integrate pentru dezvoltare (IDE) LabVIEW/MATLAB prin intermediul unor module compatibile ODBC (Open Database Connectivity);
- salvarea periodică unei copii de siguranță a datelor (Backup) realizată prin dezvoltarea și încărcarea unor module integrate care să ruleze atât la nivelul sistemului de operare al mașinii server și sincronizare automată mod Remote (FTP/NAS/Samba) sau Cloud;
- asigurarea și alocarea de spațiu de stocare (pe server), care trebuie să fie suficient pentru funcționarea în parametrii optimi a bazei de date dedicate proiectului;

- *Descrierea algoritmului adaptat regiunilor de interes circulare utilizate pentru calcularea gradului de similitudine prin corelare încrucișată*

In cazul imaginilor digitale, algoritmul de intercorelație normalizată urmărește potrivirea zonelor de interes (declarată ca șablon) utilizând similaritatea valorilor de intensitate ale pixelilor (pe domeniul grayscale). In locul obținerii unui răspuns logic (DA/NU), prin calcularea coeficientului de corelație pe baza diferențelor tonurilor de gri se va obține o matrice de valori care indică gradul de potrivire dintre imaginea sursă și șablonul, care este translatat în fiecare locație bidimensională a imaginii sursă. In mod tradițional imaginile au fost și sunt stocate, indiferent de suportul fizic ales, sub aspect dreptunghiular. Acest aspect se datorează atât modului de percepție uman dar și unor alte limitări de natură hardware. În cazul obiectelor relativ plate care au forme geometrice circulare, în mod inevitabil vor rezulta zone de fundal (background), irelevante din punct de vedere al conținutului de informație. La aplicarea operațiilor numerice de prelucrare consacrate, pe lângă timpul de lucru suplimentar, aceste zone pot influența în mod negativ factorii de corelare generați, prin riscul ridicat de apariție al erorilor de tip fals-pozitive. Pe lângă acestea, în cazul picturilor pe suport de lemn, există deseori suprafețe cu forme neregulate și alte defecte care produc schimbări abrupte și impredictibile în variația intensităților pixelilor, excluderea lor fiind esențială pentru limitarea incertitudinilor și asigurarea unui proces de recunoaștere coerent.

Adaptarea algoritmului pentru determinarea coeficientului de corelație în cazul regiunilor de interes circulare presupune următoarele etape (exemplificate grafic în Fig. 7):

- S1: identificarea și extragerea cadrului din baza de date dedicată platformei;
- S2: reducerea ariei de interes la elementul dreptunghiular care include doar elementele vizuale care sunt relevante pentru operațiile subsecvente;
- S3: stabilirea preliminară a diametrului de referință și a limitelor perimetrului de procesare;
- S4: analiza șablonului pentru identificarea obiectului circular conținut și stabilirea coordonatelor centrului. Operațiile necesare în această fază sunt: analiza histogramei și determinarea pragului optim de selecție, conversia imaginii în format binar, aplicarea filtrelor morfologice, determinarea locației centrului de masă al particulei binare;
- S5: prelucrarea șablonului în vederea delimitării zonei de fundal prin setarea valorii nule pentru toți pixelii aflați în exteriorul cercului definit. Se recomandă ca operația să

fie dublată de aplicarea transparenței selective asigurată de canalul alfa specific formatului PNG (*Portable Network Graphics*).

Algoritmul adaptat regiunilor de interes circulare care determină aprecierea coeficienților de similitudine este prezentat sub formă de cod grafic în Fig. 8. Aplicarea algoritmului modificat în acest mod poate fi realizată astfel încât să nu se coreleze pixelii resetaji din șablon cu elementele echivalente din imaginea investigată. În acest mod pot fi evitate atât majoritatea erorilor de tip fals-pozitive cât și diminuarea accentuată a scorului de asemănare pentru picturile similare dar cu inconsistențe la nivelul marginilor suprafețelor. De asemenea, efectele datorate schimbării proprietăților zonei de fundal pot fi reduse semnificativ. Eliminarea zonelor irelevante de background presupune cel puțin două operații succesive: decuparea unui pătrat care să conțină cercul de referință înscris, respectiv identificarea zonelor din ariei circulare și resetarea pixelilor corespunzători la valorile limită (0/255), operație dublată în mod opțional de aplicarea selectivă a transparenței (Canal Alpha/PNG).

- *Descrierea dicționarului OCR (Optical Character Recognition) utilizat de platformă în vederea recunoașterii automate a caracterelor redade după alfabetul chirilic român*

Datorită specificului ecleziastic a majorității operelor investigate, scrierile după alfabetul chirilic reprezintă o parte foarte însemnată din ponderea suprafețelor pictate, motiv pentru care studiul acestor caractere este critic pentru succesul procesului de autentificare. Întrucât gradul de variabilitate al redării simbolurilor incluse în lucrările medievale românești este ridicat, iar în multe cazuri deteriorarea este accentuată, nu este benefică utilizarea unui dicționar OCR chirilic de uz general chiar dacă volumul de date disponibile este foarte mare.

Modulul destinat recunoașterii OCR apelează utilitarul Vision Assistant și permite definirea unui dicționar (set de caractere) pe baza datelor introduse de către experți și dezvoltarea ulterioară a acestuia prin adăugarea de elemente corecte sau incorecte în funcție de evoluția cercetărilor. Completarea este adaptabilă, fiind asigurat suportul pentru blocuri substanțiale de text, dacă pictura are o suprafață uniformă, sau introducerea de elemente punctuale, atunci când variația luminozității din fundal nu poate fi compensată. Figura 9 surprinde o sesiune de training dedicată compilării unui set de caractere necesar platformei pentru autentificare.

- *Descrierea aplicației de tip desktop pentru interacțiunea cu platforma de autentificare*
Asigurarea interfeței de lucru cu baza de date definită pentru aceste demersuri este realizată prin dezvoltarea unei aplicații folosind mediul grafic integrat LabVIEW furnizat de



compania NI (*National Instruments*). Pentru operațiile de achiziție și prelucrare ale imaginilor sunt apelate funcții disponibile în extensiile NI Vision Development Module și NI Vision Assistant. Conexiunea prin internet este facilitată cu pachetele NI Database Connectivity Toolkit și NI System-Link, iar compilarea aplicației web este realizată cu NI NXG web-VI addon. Sunt propuse două versiuni pentru această aplicație: una cu cod NXG (*Next Generation of LabVIEW*) recomandată pentru mașinile moderne de calcul și noile sisteme de operare, respectiv o versiune clasică (*Legacy*) care exclude redarea elementelor vizuale cu consum semnificativ de resurse. A doua variantă se adresează în mod special sistemelor de calcul accesate de la distanță (în mod Remote Desktop, de exemplu) și mașinilor virtuale cu suport limitat sau inexistent pentru accelerarea grafică hardware, o limitare care poate să reducă în mod drastic viteza derulării procesului de autentificare prin utilizarea procesorului central pentru realizarea sarcinilor preluate în mod normal de unitatea GPU (Graphical Processing Unit).

- *Descrierea aplicației web pentru interacțiunea în mod online cu platforma*

Există numeroase situații în care accesul la anumite resurse hardware și software este dificil de asigurat pentru publicul larg, motiv pentru care a fost dezvoltată o versiune mobilă a aplicației (Fig. 13), care asigură interfața om-mașină cu platforma revendicată prin intermediul programelor de tip browser (navigator) web. Aplicația mobilă este sincronizată în timp real cu aplicația principală care rulează pe un server fizic (Fig. 10) sau într-o mașină virtuală (Fig. 12) și oferă un set minimalist de funcții care sunt adaptate ecranelor de mici dimensiuni și permit o interacțiune facilă cu platforma de autentificare.

Principalele avantaje care rezultă prin aplicarea invenției constau în reducerea timpului necesar pentru autentificarea operei, creșterea gradului de certitudine și reducerea numărului de experți cu înaltă calificare.

REVENDICĂRI

1. Platformă semi-automată pentru autentificarea operelor de artă pictate bazată pe tehnici interdisciplinare convergente, alcătuită dintr-un server (1), conectat la internet, pe care rulează o aplicație software (2) și dintr-un sistem de achiziție a imaginilor (3), folosit pentru achiziția multispectrală (spectrul vizibil, infraroșu și ultraviolet) a imaginilor operei de autentificat care este comparată cu imagini din baza de date (2b), **caracterizată prin aceea că**, stabilirea factorului de corelație cu alte opere consacrate se face cu ajutorul aplicației software (2), în care este implementat un algoritm de intercorelație normalizată care urmărește potrivirea zonelor de interes declarate de specialist ca șablon, pe baza similarității valorilor de intensitate ale pixelilor, factorul de corelație rezultând dintr-o matrice de valori care indică gradul de potrivire dintre imaginea sursă și șablon pe baza diferențelor tonurilor de gri, șablonul fiind translatat automat în fiecare locație bidimensională a imaginii sursă, aplicației software (2) fiind alcătuită dintr-o aplicație dedicată (2a), de tip desktop, care are rolul de interfață între utilizator și componentele sistemului de autentificare semiautomată, dintr-o bază de date (2b), care conține lucrări validate ale unor autori consacrați, dintr-o aplicație mobilă (2c), de tip WEB HTML care facilitează operarea la distanță, dintr-un software (2d), pentru achiziția imaginilor, un program (2e), pentru prelucrarea inițială a imaginilor, un program (2f), pentru sincronizare cu baza de date, un program (2g), pentru analiza imaginii și extragere regiuni de interes și un program (2h), pentru calcularea factorilor de corelație.
2. Metodă semi-automată pentru autentificarea operelor de artă pictate bazată pe tehnici interdisciplinare convergente **caracterizată prin aceea că** presupune parcurgerea următoarelor etape:
 - a. Achiziția imaginilor multispectrale (VIS, IR, UV) ale operei de analizat, cu ajutorul unui sistem de achiziție care conține echipamentele și softul necesar achiziției;
 - b. Incarcarea imaginilor achiziționate în etapa a) în aplicație și prelucrarea primară a acestora, cu ajutorul programului de prelucrare inițială a imaginilor;
 - c. Sincronizarea aplicației cu baza de date, folosind programul de sincronizare
 - d. Analiza imaginii, selectarea regiunilor de interes cu ajutorul programului pentru analiza imaginii și extragere regiuni de interes

- e. Compararea regiunilor de interes cu opere din baza de date și determinarea factorilor de corelație, cu ajutorul programului pentru calcularea factorilor de corelație.
 - f. Verificarea corelației cu informații din surse conexe: analiza istoricilor de artă și rezultatele analizelor fizico-chimice a pigmentilor din stratul de pictură.
3. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, adaptarea algoritmului pentru determinarea coeficientului de corelație în cazul regiunilor de interes circulare presupune următoarele faze:
- S1, identificarea și extragerea cadrului din baza de date dedicată platformei;
 - S2, reducerea ariei de interes la elementul dreptunghiular care include doar elementele vizuale care sunt relevante pentru operațiile subsecvente;
 - S3, stabilirea preliminară a diametrului de referință și a limitelor perimetrului de procesare;
 - S4, analiza șablonului pentru identificarea obiectului circular conținut și stabilirea coordonatelor centrului prin analiza histogramei și determinarea pragului optim de selecție, conversia imaginii în format binar, aplicarea filtrelor morfologice și determinarea locației centrului de masă al particulei binare;
 - S5, prelucrarea șablonului în vederea delimitării zonei de fundal prin setarea valorii nule pentru toți pixelii aflați în exteriorul cercului definit.
4. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, este bazată pe tehnici interdisciplinare, multicriteriale și convergente care presupun achiziția, prelucrarea și analiza simultană a unor seturi de date extinse formate din loturi de imagini multi-spectrale care surprind atât vederi de ansamblu cât și detalii, imagini omnidirecționale 360° și modele arhitecturale 3D generate prin scanare, rapoarte istorico-artistice, analize fizico-chimice, studii iconografice și teologice.
5. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, utilizează un dicționar propriu de tip OCR (Optical Character Recognition) pentru interpretarea șirurilor de caractere pictate după alfabetul chirilic român.
6. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, permite asigurarea transparenței procesului de investigare și autentificare al picturilor prin accesul la baza de date fără precondiții legate de achiziționarea și/sau instalarea unor drivere sau a altor instrumente software necesare pentru conectarea la resursele platformei.

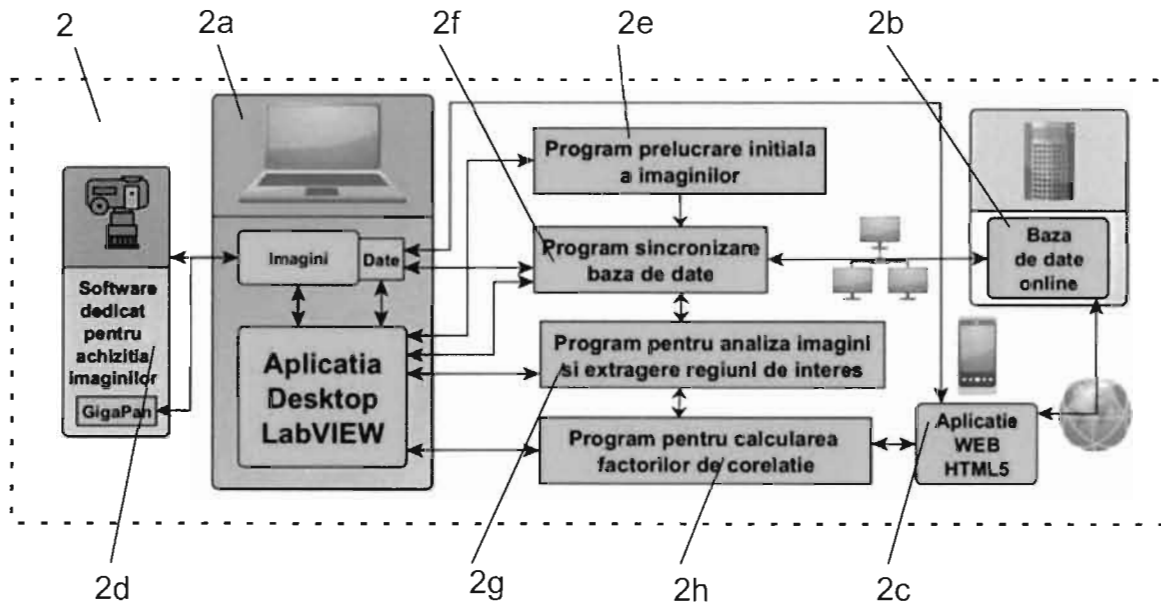


Figura 1

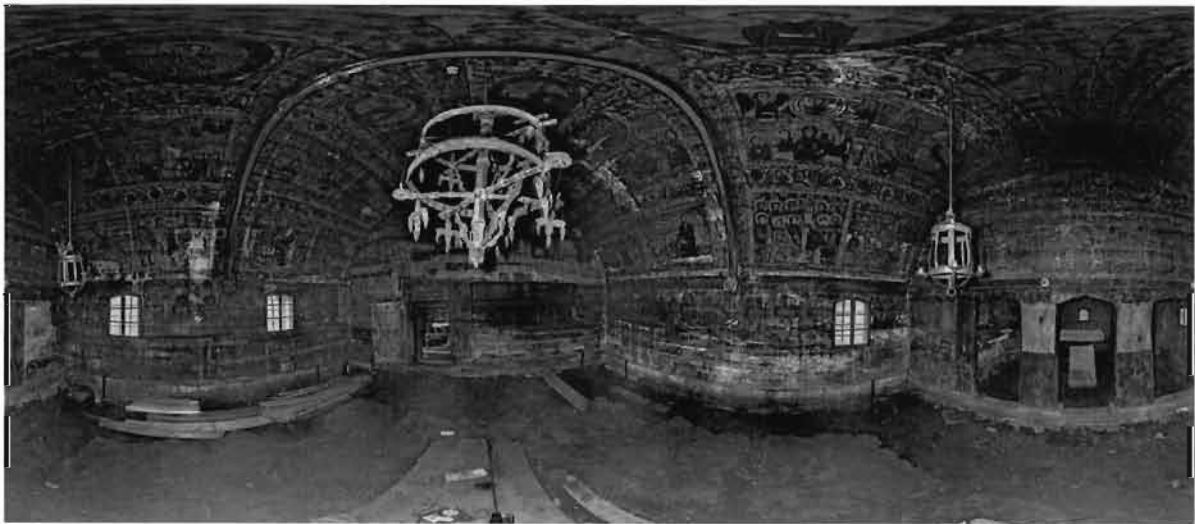


Figura 2

81

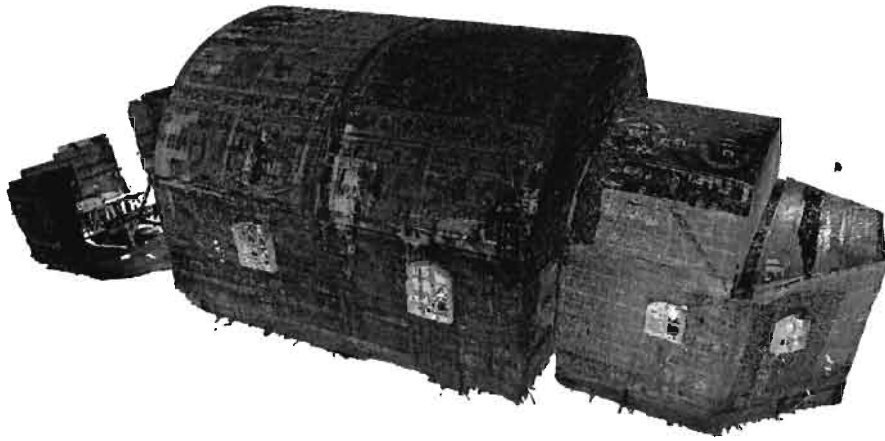


Figura 3

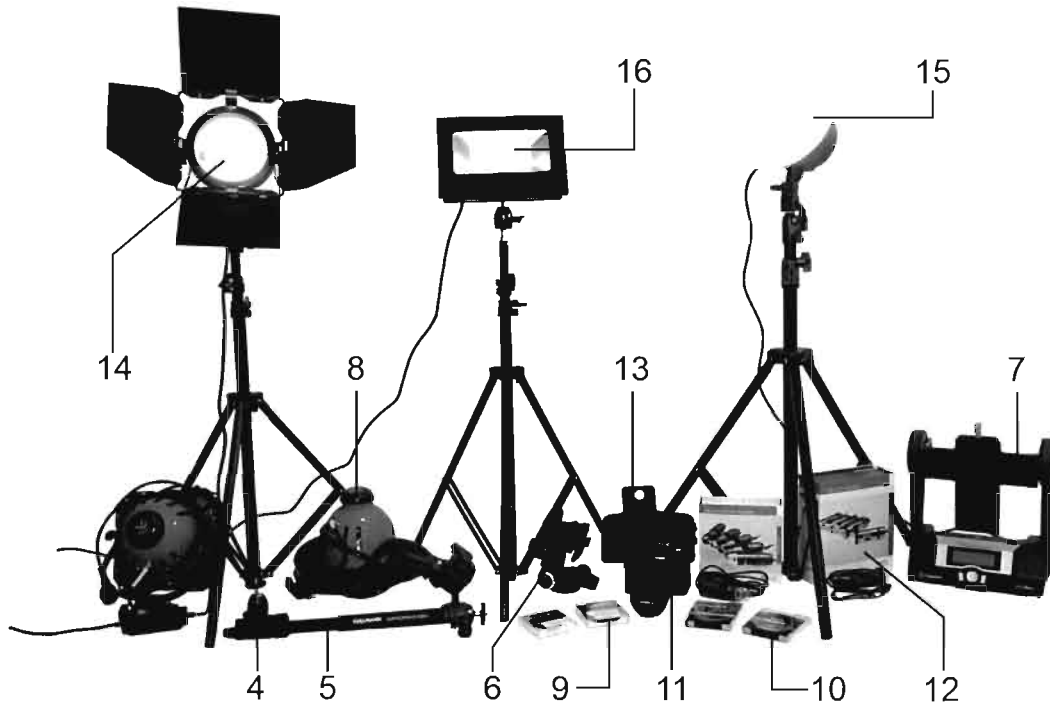


Figura 2

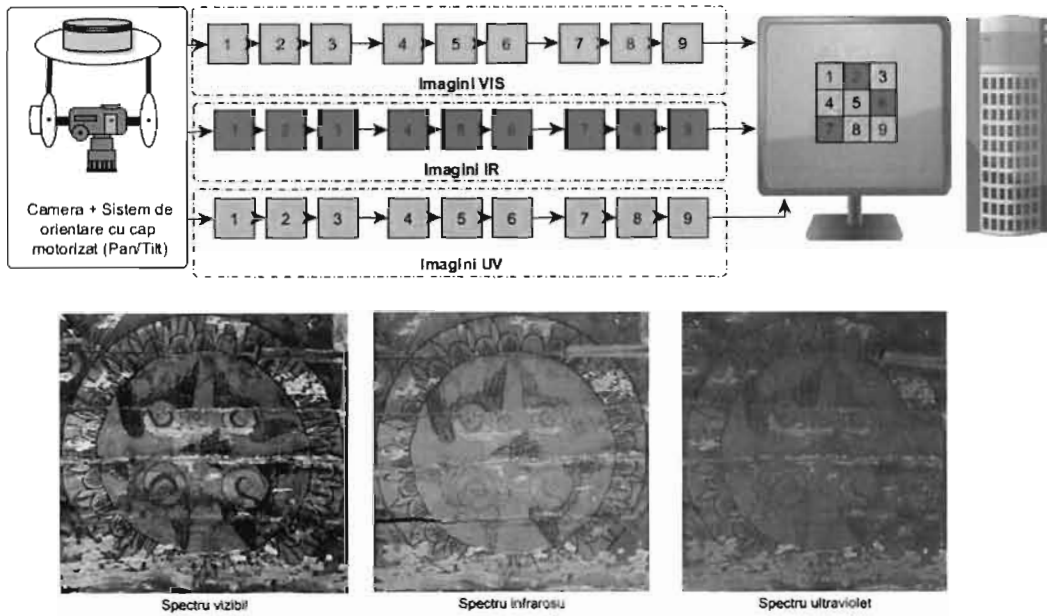


Figura 3

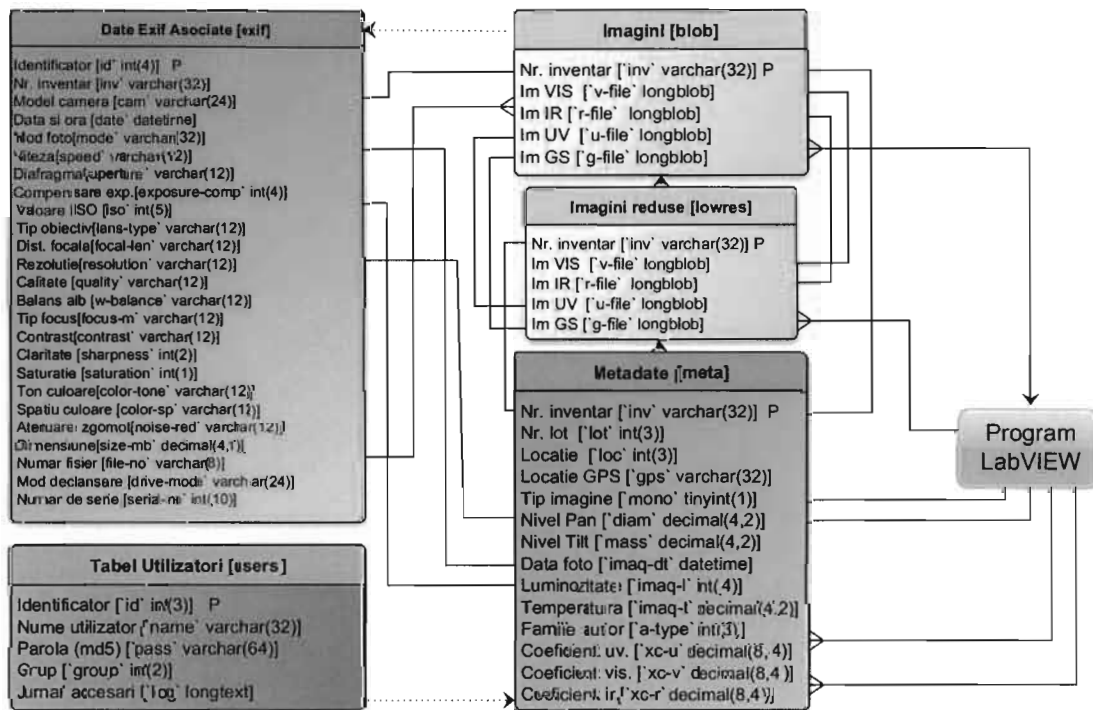


Figura 4

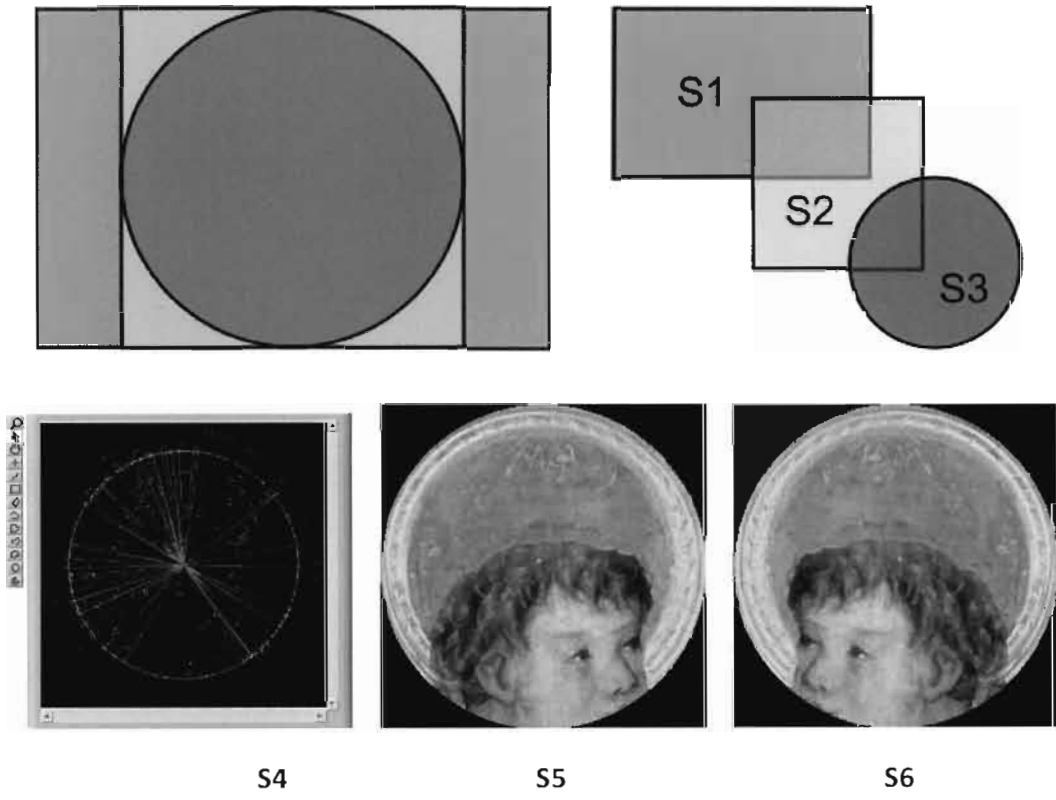


Figura 5

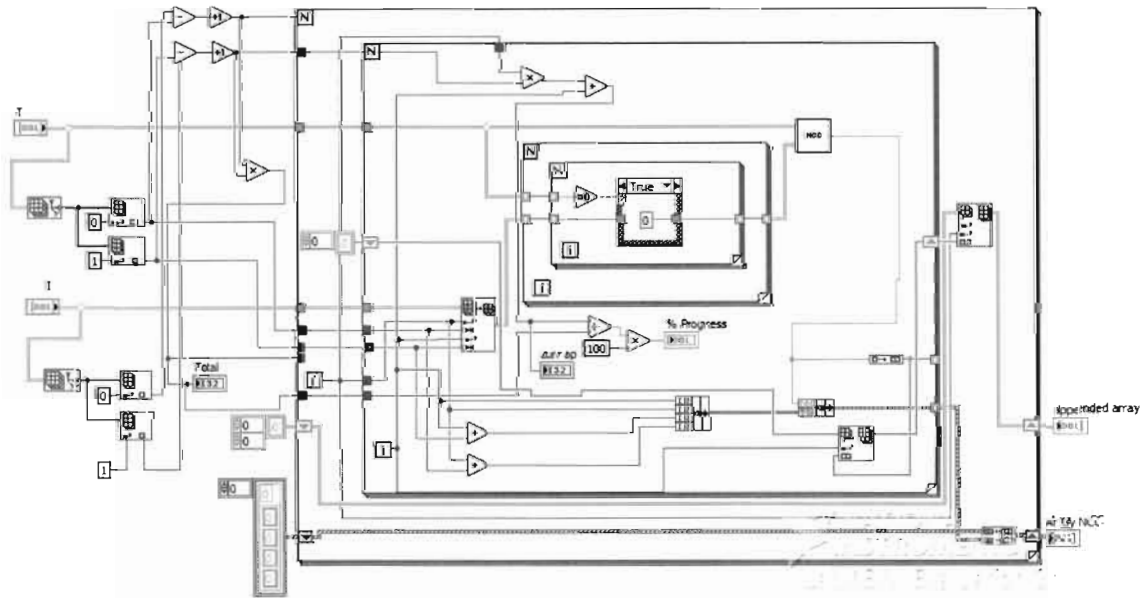


Figura 8



Figura 6

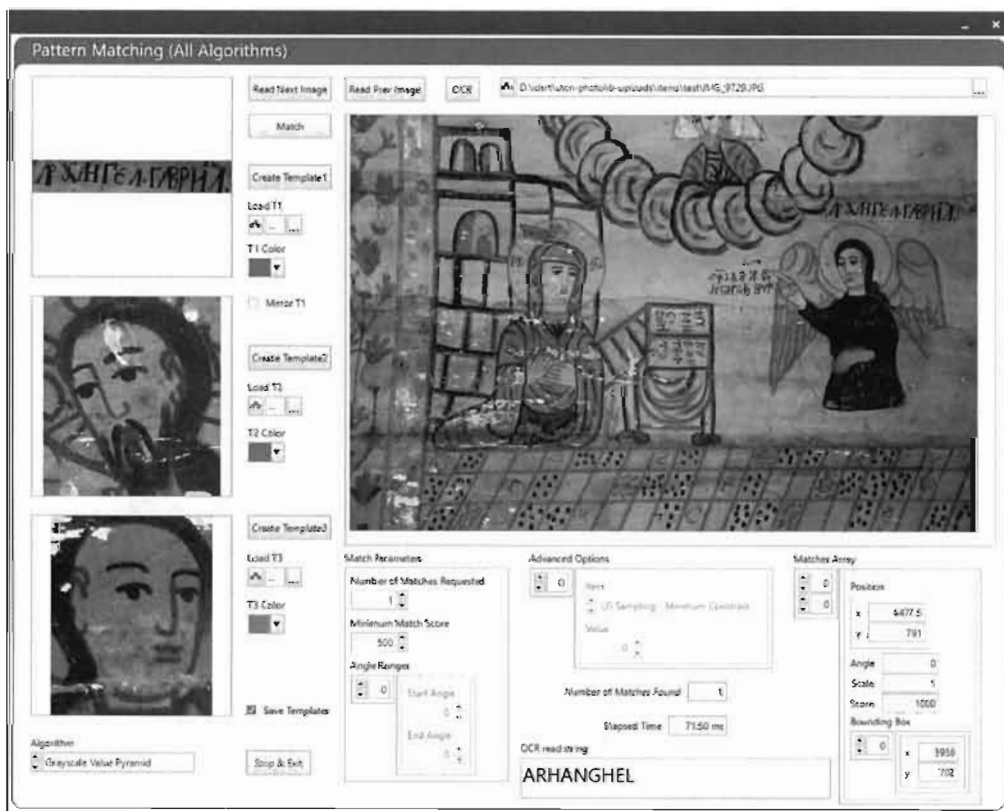


Figura 7

48

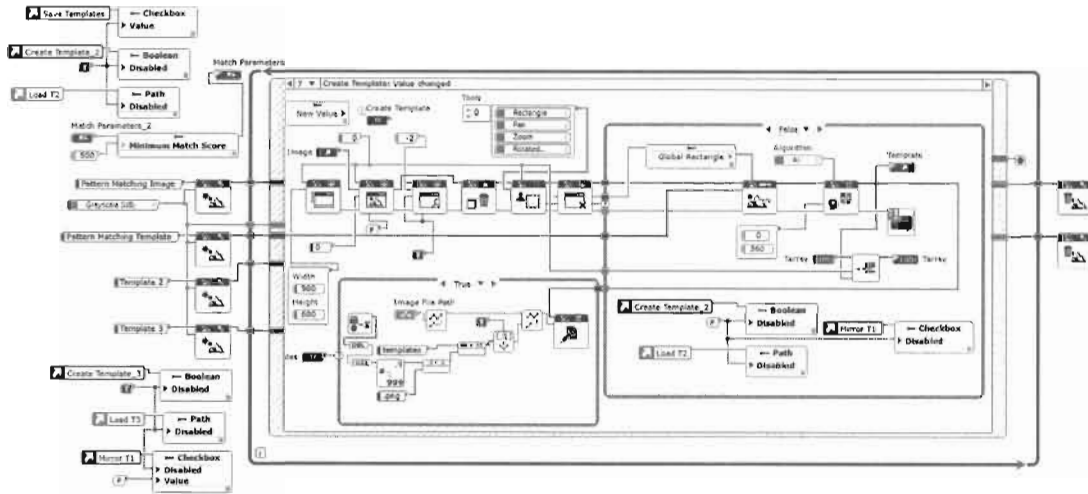


Figura 8



Figura 9

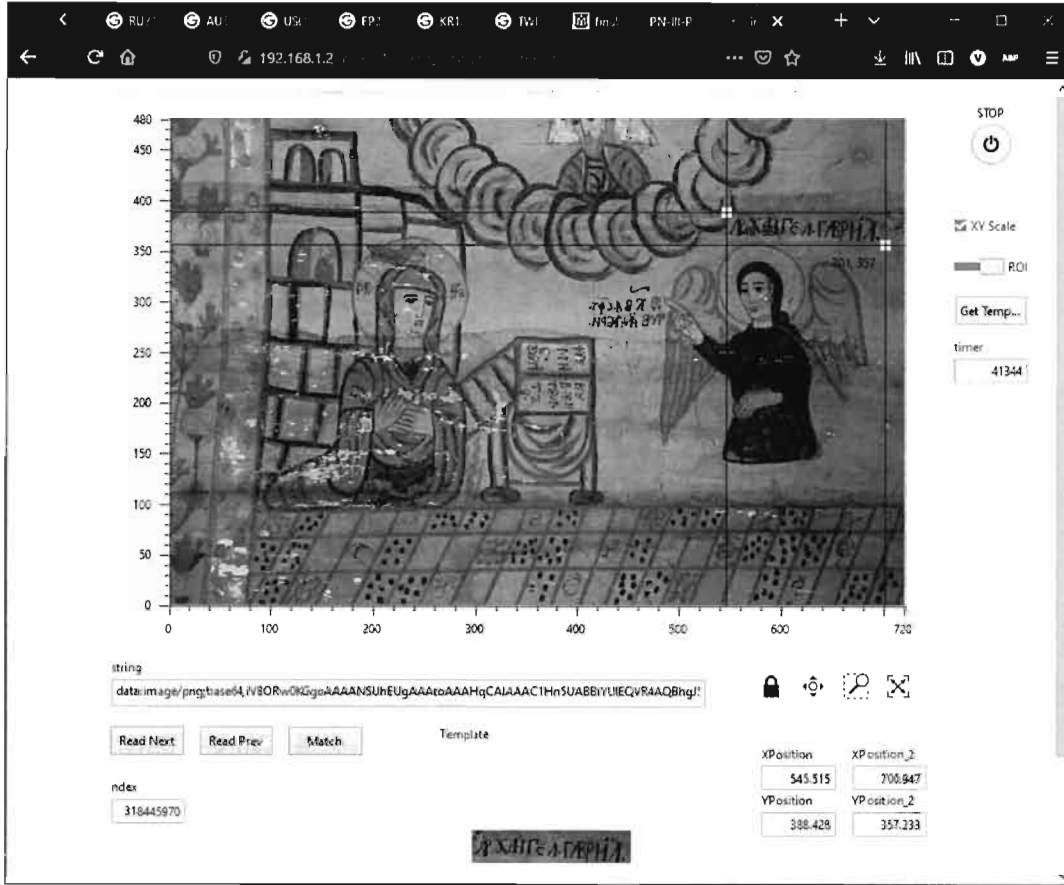


Figura 13