



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00867**

(22) Data de depozit: **26.10.2009**

(41) Data publicării cererii:
29.04.2011 BOPI nr. **4/2011**

(71) Solicitant:
• **SOFTWIN S.R.L.**, STR. MĂGURICEA
NR. 20 BL. 7P AP. 7, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **RUSU MIRCEA SORIN**,
CÂMPIA LIBERTĂȚII NR.7, BL.PM61, SC.2,
ET.9, AP.91, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;

• **DINESCU ADRIAN**,
STR. LIVIU REBREANU NR. 27, BL. M12,
SC. 2, ET. 1, AP. 27, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **DIACONESCU ȘTEFAN STELIAN**,
STR. TEIUL DOĂMNEI NR. 29 BL. 32, SC.A,
ET.2, AP.15, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO

(74) Mandatar:
ROMINVENT S.A. STR. ERMIL PANGRATTI
NR. 35, SECTOR 1, BUCUREȘTI

Data publicării raportului de documentare:
29.04.2011

(54) SISTEM ȘI METODĂ PENTRU APRECIEREA AUTENTICITĂȚII SEMNĂTURII OLOGRAFE DINAMICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem informatic interactiv și la o metodă pentru achiziția și procesarea de informații biocinetice, asociate unei semnături olografe dinamice, în scopul aprecierii autenticității semnăturii. Sistemul conform invenției cuprinde un pix (1) electronic, integrat, funcțional cu un calculator personal (2), pentru achiziția și procesarea semnalelor asociate unei semnături olografe, care poate fi conectat în rețea împreună cu alte calculatoare personale, care au conectate, ca periferic, câte un pix (1) electronic, pixul având în componența sa două grupuri de senzori inerțiali MEMS (A și B) de accelerație, pentru captarea informațiilor cinetice (ax , ay , bx , by) și a informațiilor privind microvibrațiile de contact cu un suport de scris, un senzor (ONS) autodiferențial, de navigare optică, pentru captarea unei serii de perechi de date (dx , dy) ca deplasări momentane, necesare reconstituirii traiectoriei pixului (1), și care, împreună cu informațiile de natură cinetică (ax , ay , bx , by), constituie informații de intrare în calculatorul personal (2), un LED în infraroșu, pentru iluminarea unui șablon imprimat pe suportul de scris, și o lentilă (L) de focalizare și proiecție a imaginii curente a șablonului, pe aria de sensibilitate a senzorului (ONS) de navigare optică. Metoda conform invenției constă dintr-o fază de reconstituire caligrafică și vizualizare a grosimii scrisului, și dintr-o fază de

aplicare a unor conversii și comparări asupra semnalelor asociate semnăturilor, în vederea aprecierii autenticității acestora.

Revendicări: 10

Figuri: 11

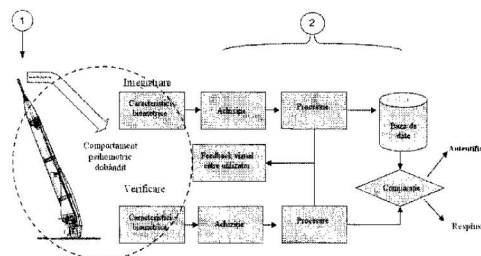


Fig. 1

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).



Sistem și metode pentru aprecierea autenticității semnăturii olografe dinamice

Invenția descrie un sistem informatic interactiv și metodele pentru achiziția și procesarea de informații biocinetice asociate semnăturii, în scopul aprecierii autenticității semnăturii olografe dinamice. Invenția are aplicabilitate în domeniul biometriei comportamentale, în situațiile pentru care există interesul utilizatorului de a valida exprimarea voinței proprii prin semnătură olografă.

Este general acceptat faptul că în procedurile de validare a identității declarate a unei persoane, pe lângă metodele și tehnologiile administrative, informatice, biometric-fiziologice, se pot utiliza, ca verigă suplimentară, metode și tehnologii ce aparțin domeniului biometriei comportamentale. Achiziția și recunoașterea elementelor constitutive ale semnăturii olografe constituie o clasă a biometriei comportamentale.

Din brevetele RO 141297 și EP 1846868, a căror descriere este inclusă aici prin referință, se cunosc o soluție de achiziție și metodele de procesare în scopul verificării semnăturii olografe, a unui set de informații dinamice - accelerații, asociate efectuării semnăturii. Acestea sunt captate, procesate și comparate de un sistem informatic. Prelevarea semnalelor de accelerație de către senzori de accelerație inerțiali - MEMS, integrați într-un pix electronic și topologia specifică de amplasare a senzorilor, facilitează achiziția de informații cinetice cu caracter spațial cât și achiziția microvibrațiilor de contact cu hârtia de scris. Prin metodele de procesare asupra semnalelor de accelerație achiziționate se determină:

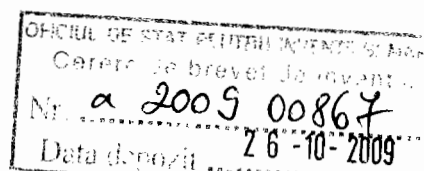
- momentele de început și de sfârșit ale semnăturii, metodă realizată prin procesarea algoritmică a datelor ce reprezintă variația în timp a unei distanțe prag față de hârtie combinată cu variația parametrilor amplitudine și frecvență a microvibrațiilor de contact produse de interacțiunea subiect/pix/hârtie de scris,

- secvențe de invarianți asociate semnalelor inițiale de accelerație precum și secvențe de invarianți asociate componentelor derivate ale semnalelor inițiale de accelerație,

- distanța între două semnături prin compararea algoritmică a seturilor de secvențe de invarianți prin două metode paralele,

- răspunsul final se determină printr-o metodă de decizie în care participă, prin rezultatele comparațiilor cu semnătura de intrare, speciemenle subiectului vizat precum și speciemenle altor subiecți înregistrați în baza de semnături.

Sistemul și metodele din RO 141297 și EP 1846868 tratează fenomene cinetice spațiale, combinate cu microvibrațiile de contact, prin procesarea accelerațiilor captate cu



senzorii de accelerație MEMS, dar prezintă dezavantajul că nu includ și captura și procesarea informației de natură grafică care combinată cu informația cinetică prin fuziune senzorială ar crește acuratețea sistemului și calitatea interacțiunii om-mașină. Invenția de față își propune să înlăture dezavantajele menționate prin integrarea, alături de senzorii inerțiali de accelerație MEMS, a unui senzor de navigare optică, în condițiile conceptului de fuziune senzorială. Această optimizare este exploatată atât de noile metode de procesare algoritmică multimodală, grafic și cinetic, a semnalelor captate, cât și pentru realizarea unui feedback vizual către utilizator, cu avantaje ce vor fi detaliate în descriere.

Brevetul US 7176906 B2 (Microsoft Corporation) în domeniul interpretării grosimii scrisului prin metode electronice bazate pe principii balistice. Pentru captura informațiilor se utilizează un pix cu accelerometru/accelerometre. Pentru interpretarea informației se utilizează "variația lățimii impulsurilor furnizate de accelerometru sau inclinarea pixului". Metoda se referă la utilizarea unui pix ce conține accelerometre dar care nu conține vreun element pentru descrierea directă a traiectoriei grafice a acestuia. Metoda propune pentru asocierea informației de grosime a scrisului cu traiectoria pixului, utilizarea de dispozitive externe complexe și scumpe, de tip tableta grafică. Nu se tratează aspecte specifice verificării semnăturii.

În contrast cu brevetul amintit, invenția de față conține un modul de captură a semnăturii de tip pix ce integrează, prin fuziune senzorială, alături de accelerometre și un senzor de navigare optică în scopul captării traiectoriei grafice. Conceptul topologic de integrare a senzorilor în pix este principial definit în scopul asigurării sincronismului spațial al axelor senzorilor de accelerație cu axele celui de navigare optică. Prin integrare funcțională în pix a ambelor categorii de senzori se asigură totodată sincronismul în timp al achiziției celor două tipuri de date: accelerații și deplasări autoreferențiale. Sincronismul spațio-temporar al achiziției informațiilor este principiul ce guvernează fuziunea senzorială, a carei aplicare în prezenta invenție produce o mai bună acuratețe în verificarea autenticității semnăturii. Funcția de interpretare a grosimii scrisului este definită și se bazează pe variația atât a frecvenței microvibrațiilor de contact cât și pe variația amplitudinii acestora, ca efect al presiunii dinamice ce apare între pix și hârtie în fenomenul gestic al scrierii de mână.

Brevetul US 7433499 B2 (DynaSig Corporation) descrie un sistem de achiziție și autentificare a semnăturii ce conține, în instrumentul de scriere, senzori de accelerație și de presiune, iar metoda de autentificare se realizează prin încriptarea datelor și compararea codurilor rezultate, evitând astfel pastrarea în clar a specimenelor. Brevetul nu

tratează informații de natură grafică nici în legură cu instrumentul de scriere, nici în metoda de autentificare.

Brevetul US 7483018 (Microsoft Corporation) descrie un sistem și o metoda duală de introducere a datelor de natură grafică în computer, de tip pix, în care paternul de referință analizat de senzorul de imagine integrat este sursa generatoare de coordonate absolute sau relative, în funcție de varianta de realizare și contextul de utilizare. Sistemul generează informații de natură grafică sau de poziție, dar nu conține componente și metode pentru autentificarea semnăturii olografe. Lipsa integrării în modulul de captură, în cazul acesta pix, a senzorilor de accelerație diminuează potențialul de aplicare în domeniul autentificării semnăturii.

Brevetul US 7508384 B2 (Data Research Inc.) descrie un sistem și o metodă de achiziție și recunoaștere a mișcării mâinii în contextul scrierii pe o suprafață - "Digital Writing System". Captura informațiilor cinetice spațiale se realizează prin utilizarea unui giroscop cu 3 axe, a unui accelerometru pe 3 axe integrate în pix și a unui senzor de proximitate față de suprafața de scriere. Brevetul nu descrie senzori de captare a informației de natură grafică și nici metode algoritmice de autentificare a semnăturii. Datele referitoare la traiectoria 3D sunt estimate indirect prin filtrare liniară dinamică bazată pe estimatori (filtre) Kalman.

Procedurile pentru care este necesară verificarea semnăturii olografe sunt evidențiate și aplicate prin concepte, principii și cutume ce aparțin domeniilor dedicate ale științelor social-juridice, psihologiei comportamentale și neurofiziologiei umane. Domeniul electronicii și tehnologiei informației contribuie la creșterea siguranței procedurilor de verificare prin metode de achiziție, procesare și recunoaștere a semnalelor și formelor asociate semnăturii.

Ușurința în utilizare, gradul de acomodare și gradul de acceptanță din partea utilizatorului, a procedurii biometric constituie unii din parametrii esențiali, definiți în literatura de specialitate [<http://www.biometrics.org>], ce participă ca argumente la clasificarea tehnologiilor biometrice. Biometria asupra semnăturii olografe este preferabilă de către majoritatea persoanelor, altor metode biometrice. Semnătura este considerată în primul rând, prin utilitate socială și percepție personală, un mijloc de autoprotecție, exclusiv și personalizat. Justificarea rezidă în natura individualizată a fenomenului motric prin care se efectuează semnătura, de tip reflex dobândit, condiționat de existența propriului interes și a liberei voințe. Faptul că în prezenta invenție se abordează achiziția și procesarea semnalelor specifice psihomotricității semnăturii prin menținerea suportului

clasic de scriere - hârtia, sau orice suport cu textură similară, determină un grad de acceptanță și acomodare ridicat.

Pe durata efectuării unei semnături, antebrațul utilizatorului stă în sprijin pe cot, pe o masă de scris orizontală, astfel încât numai palma mâinii și degetele ce mănuiesc unealta de scris realizează gestica spațială și dinamica asociată producerii semnăturii. În acest context, un senzor autoreferențial de navigare optică (ONS), amplasat în pix, cvasiparalel cu planul de scriere și în apropierea vârfului de scriere, are ca repere de navigare elementele cvasiuniform distribuite ale patternului imprimat pe hârtie/suport. Imaginea dinamică a elementelor pattern-ului este preluată prin intermediul lentilei (L), prin proiecție pe aria fotosensibilă a senzorului de navigare optică. Câmpul vizual al lentilei vizează o arie cvasiconstantă ce conține suficiente elemente de patern pentru ca senzorul ONS să determine deplasările relative (raportat la propriile axe x, y , de coordonate) față de un moment anterior. Pe baza diferențelor dintre imagini consecutive, eșantionate intern de ONS din imaginea continuă, senzorul furnizează perechi de deplasări relative dx, dy , cu o perioadicitate fixă de ordinul milisecundelor, controlată și sincronizată de microcontrollerul din pix, cu captura și conversia analog digitală a semnalelor de accelerație (vezi referința RO 141297 și EP 1846868), prelevate de senzorii MEMS A și de MEMS B. Ca urmare, o reprezentare grafică computerizată a traiectoriei senzorului ONS este asemenea cu grafica realizată de vârful pixului. Diferențele grafice dintre reprezentarea traiectoriei ONS și grafica realizată de mina pixului reprezintă un morfism al aceluiași fenomen motric, determinat de înclinațiile dinamice ale pixului. Morfismul individualizează semnătura în sens biometric. Totodată, datorită sincronismului între grafica realizată pe hârtie și captura traiectoriei prin senzorul ONS, secvențialitatea evenimentelor ce compun cele două reprezentări: urma lasată pe hârtie de mâna pixului și cea electronică captată de sistem se poate memora electronic, incluzând traiectoria pasajelor pentru care pixul nu atinge suportul de scriere. Pentru aceste situații în care realizarea semnăturii conține gesturi de ridicare momentană ale pixului de pe hârtia de scris, și amplitudinea acestor ridicări este suficient de mică, de ordinul milimetrilor sau mai mică, senzorul de navigare optică continuă să păstreze focalizarea elementelor de pattern tipărite pe hârtia de scriere și să capteze traiectoria. Informațiile produse în cadrul acestor pasaje, continuă să fie achiziționate de sistem deoarece ele contribuie la individualizarea semnăturii. Aceste informații intră în componența semnăturii și sunt tratate de modulul de prelucrare și afișare grafică într-o primă instanță prin vizualizarea lor în scopul realizării apercepției gestic-vizuale de către utilizator iar în instanța finală, de vizualizare caligrafică, sunt tratate ca și segmente ce nu necesită afișare.

Semnătura olografă este un act psihomotric. Psihomotricitatea este definită ca rezultat al integrării funcțiilor motrice și mentale sub efectul maturizării sistemului nervos, ce vizează raportul subiectului cu corpul său. Psihomotricitatea apare astfel atât ca aptitudine, cât și ca funcție complexă de reglare a comportamentului individual, incluzând participarea diferitelor procese și funcții psihomotrice care asigură atât recepția informațiilor, cât și execuția adecvată a actului de răspuns.

După J.Piaget [Theory of Cognitive Development - 1952] psihicul și motricul nu sunt două categorii distincte supuse, unul gândirii pure și celălalt mecanismelor fizice și fiziologice, ci dimpotrivă, sunt expresia bipolară a unui singur proces, acela al adaptării eficiente, suple, la condițiile externe. Între condițiile exterioare ale actului motric și condițiile subiective, efectuarea semnăturii nu este doar un mecanism de execuție, ci un circuit de tip buclă, în care fiecare etapă, fiecare detaliu al operațiilor este expresia imediată a raporturilor stabilite între individ și mediu, respectiv între voința individului manifestată psihomotric prin gesturi semireflexe (dobândite) și între suportul de proiecție a expresiei voinței, în cazul de față hârtia pe care se efectuează semnătura.

Faptul că o semnătură se produce prin intermediul uneltei de scris ce face practic corp comun cu subiectul, pe durata actului, a ghidat conceptul inventiv spre principii captării variabilelor motrice (accelerații și deplasări relative), prin senzori autoreferențiali integrați în pix (unealta de scriere), emulând astfel integrarea neintruzivă a senzorilor "în subiect". Conceptul autoreferențial transpune în practică necesitatea existenței unei conexiuni strânse între observator (senzorii) și actul psihomotric, captând astfel informațiile din perspectiva senzoriomotorie a subiectului, în contextul în care scopul este observarea și aprecierea individualității actului psihomotric - semnătura respectivului subiect. Hârtia de scris prezintă proprietăți calitative standardizate, relativ constante, de aceea expresia individualității prin actul motric al semnăturii va fi afectată în mică măsură de eventuale diferențe calitative ale hârtiei.

Cumulul atributelor traiectoriei, captată de senzorul ONS, împreună cu secvențialitatea și gestică, spațială captată de senzorii MEMS de accelerație, constituie elemente care, realizate prin libera voință a subiectului, individualizează semnătura.

Din punctul de vedere al utilizatorului, rolul integrării în sistem a feedbackului vizual este dual:

- favorizează mecanismele cognitive ale apercepției gestice, oferind utilizatorului posibilitatea de dobândire prin antrenare și vizualizare, a unor gesturi complexe, nematerializate pe hârtie dar care aparțin cineticii semnăturii. Aceste gesturi dobândite pot fi create voit de către utilizator, în scopul individualizării suplimentare a semnăturii,

26-10-2009

- ușurează acomodarea utilizatorului cu specificul sistemului, prin mecanismele psihomotricității combinate cu cele ale vizualizării.

Consecvența și complexitatea gesturilor asociate semnăturii, dobândite natural în timp sau prin antrenare, sunt limitate doar de abilitățile motrice și de ingeniozitatea utilizatorului de a compune prin elemente gestive o semnătură cât mai individualizată.

Invenția de față se referă la un sistem pentru achiziția și procesarea de informații asociate semnăturii olografe dinamice realizată pe suport din hârtie de scris sau pe orice suport cu textura similară, ce are tipărit un pattern cvasiuniform, sistemul cuprinzând un pix electronic, prevăzut cu două grupuri de senzori inerțiali MEMS de accelerație, pentru captarea informațiilor cinetice și a informațiilor privind microvibrațiile de contact cu suportul, integrat într-un calculator personal pentru achiziția și procesarea semnalelor asociate semnăturilor, ce poate fi conectat în rețea, împreună cu alte calculatoare personale ce au conectate ca periferic câte un pix electronic, în care pixul electronic are incluse în componența sa: un senzor autoreferențial de navigare optică, pentru captarea seriei de perechi de date (dx, dy) , ca deplasări momentane necesare reconstituirii traiectoriei pixului și care împreună cu informațiile de natură cinetică (ax, ay, bx, by) captate de setul de senzori inerțiali MEMS, constituie informații de intrare în calculatorul personal pentru procesare prin fuziune senzorială, cât și pentru realizarea condițiilor de prelevare a informațiilor din perspectiva reprezentării psihomotrice și senzoriale a utilizatorului pixului; un LED în infraroșu pentru iluminarea patternului; o lentilă de focalizare și proiecție a imaginii curente a patternului pe aria de sensibilitate a unui senzor de navigare optică, poziționată astfel încât proiecția imaginii unei regiuni a patternului să se realizeze pe aria de sensibilitate a senzorului, condiția de sincronism spațio-temporal necesară achiziției prin fuziune senzorială a celor două categorii de date: dx, dy , de natură grafică și a accelerațiilor ax, ay, bx, by , fiind realizată prin cvasialinierea topologică axială a celor 3 origini ale axelor de coordonate ale senzorilor MEMS și senzorului de navigare optică și a vârfului minei pixului, și prin cvasialinierea topologică planparalelă a axelor de sensibilitate/coordonate, ale celor trei componente senzoriale de la doi senzori MEMS și un senzor de navigare optică, cu planul de scriere și, prin eșantionarea informațiilor captate de senzori, cu o periodicitate constantă, cuprinsă în domeniul 1-8 mS, care asigură, prin frecvența ridicată, sincronismul în timp al achiziției detaliilor grafice și cinetice, achiziția fiind controlată de un microcontroller de achiziție care transmite în timp real informațiile la calculatorul personal ce găzduiește metodele algoritmice de vizualizare, de reconstituire a grosimii scrisului și de procesare și comparare; în scopul prelevării informațiilor din perspectiva reprezentării psihomotrice și senzoriale a utilizatorului, setul

de senzori MEMS și sensorul de navigare optică, integrați în unealta de scris mână de om, captând cele 6 semnale asociate ax, ay, bx, by, dx, dy în sisteme de coordonate autoreferențiale, respectiv propriile axe x, y de coordonate de sensibilitate; și la metode pentru aprecierea autenticității semnăturii olografe dinamice care constau dintr-o fază de reconstituire caligrafică și vizualizare a grosimii scrisului și dintr-o fază de aplicare a unor conversii și comparații asupra semnalelor, ax, ay, bx, by, dx, dy asociate semnăturilor în vederea aprecierii autenticității acestora.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figurile 1 – 11 care reprezintă:

- Fig. 1 – Schema bloc funcțională a sistemului,
- Fig. 2 – Modulele fizice ale sistemului,
- Fig. 3 – Schema modului de captură a semnăturii – pix
- Fig.4 – Schema funcțională a modului de captură a semnăturii – pix,
- Fig.5 – Topologia ONS, MEMS A, MEMS B, Mină pix,
- Fig.6 – Detaliu topologic din modulul pix,
- Fig.7 – Reconstituirea traiectoriei totale efectuate de pix,
- Fig.8 – Reconstituirea traiectoriei grafice în momentele de contact cu hârtia,
- Fig.9 - Cadrul general de conversie și comparație semnături,
- Fig.10 - Sinteza algoritmilor de analiză semnătură,
- Fig.11 - Determinarea diferenței de pantă între două segmente consecutive ale unei curbe plane reprezentată prin puncte.

Sistemul descris în prezenta invenție este alcătuit fizic din modulul pix electronic **1**, care integrează ansamblul senzorial de prelevare a informațiilor și un calculator personal de procesare **2**, a informațiilor captate de pix, prin metode algoritmice.

Funcțional, sistemul este prezentat în schema bloc din Fig.1. Sistemul realizează captarea fenomenului motric produs de ansamblul mână-pix, asociat semnăturii olografe, prin fuziune senzorială a două categorii de semnale: de accelerație, captate de senzorii MEMS **A**, MEMS **B** și de deplasare, captate prin sensorul de navigare optică **ONS**. Topologia specifică privind amplasarea senzorilor în pixul **1** precum și principiul de eșantionare al semnalelor achiziționate, asigură condiția de sincronism spațio-temporal dintre semnalele aceluiasi fenomen. Această condiție este necesară pentru realizarea conceptului de fuziune senzorială în scopul procesării algoritmice multimodale.

Invenția tratează captarea autoreferențială a traiectoriei pixului efectuate de un senzor de navigare optică integrat în modul de tip pix, cât și metoda de afișare grafică a traiectoriei pixului în primă instanță și, de afișarea caligrafică a traiectoriei pixului pentru acele segmente ale traiectoriei în care pixul este în contact dinamic cu hârtia, pe timpul efectuării semnăturii. În Fig. 7 se reprezintă reconstituirea traiectoriei totale efectuate de pix, iar în Fig. 8 se reprezintă reconstituirea caligrafică, cu o grosime variabilă asociată momentelor de contact dinamic al minei pixului cu hârtia/suportul de scriere pentru aceiași semnătură. Reprezentarea electronică, pe monitorul calculatorului personal 2, corespunde aproximativ caligrafiei semnăturii produsă de mina pixului pe suportul de scriere.

Metodele de evaluare a autenticității semnăturii, conform invenției, se referă la procesarea și compararea multimodală, grafic și cinetic, a semnalelor asociate semnăturilor, și vor fi descrise detaliat în exemplul de realizare.

Semnalele captate și afișate includ, într-o primă fază a vizualizării pe monitorul calculatorului personal 2, și pasajele de semnătură "în aer", ex: diferențele între Fig. 7 și Fig.8 ce reprezintă o aceeași semnătură. Acestea contribuie, alături de cele provenite din mișcarea pe hârtie, la evaluarea autenticității semnăturii.

Manifestările psihomotrice implicate în producerea semnăturii, conțin elemente de individualitate, pe care sistemul le determină ca serii de invarianți și vectori de date evaluați automat prin metodele de achiziție/ procesare /comparare. Aceste metode pot fi adăugate celor din brevetele RO 141297 și EP 1846868, a căror descriere este inclusă aici prin referință. Totodată structura hardware de conectare, procesare și decizie (calculator, server) sau variantele sale descrise în brevetele premergătoare prezentului, (RO 141297 și EP 1846868), conține elementele necesare și suficiente pentru a constitui platforma de rulare a metodelor algoritmice ce funcționează integrat cu modulul de captură de tip pix (1) descris în prezenta invenție.

Noile concepte de captură a semnăturii, conform invenției, materializate în modulul pix electronic și metodele de procesare și comparare sunt descrise unitar și detaliat în continuare.

Pentru captura și reconstituirea traiectoriei grafice a pixului, în scopul verificării biometrice și în scopul vizualizării semnăturii, s-a integrat în pix senzorul de navigare optică **ONS**, în locul senzorului **C** de evaluare a distanței prag descris în brevetele RO141297 și EP 1846868. În exemplul de realizare a fost utilizat un senzor de navigare optică din familia ADNS (producator AGILENT). Funcția de sesizare a distanței prag este preluată de senzorul **ONS** prin proprietatea acestuia de a genera datele de ieșire doar în

contextul în care imaginea captată este focalizată suficient pentru ca senzorul să analizeze pattern-ul, respectiv senzorul **ONS** se află față de hârtia cu pattern **P** la o distanță cuprinsă într-un interval d determinat de proprietățile optice ale lentilei obiectiv **L**. Într-un exemplu de realizare practică, acest interval d este de 5 – 20 mm pentru o lentilă realizată din policarbonat (sticlă organică) cu indice de refracție $n=1,5$. Senzorul **ONS** este un senzor autoreferențial, având proprietatea de a genera ca ieșire deplasările relative dx , dy , ale imaginii proiectate de lentila **L** pe aria sa de sensibilitate, într-un timp bine determinat (perioada de eșantionare). Deplasările dx , dy corespund deplasărilor proiecțiilor imaginii pattern-ului imprimat pe hârtie. Imaginea captată la începutul oricărui ciclu de eșantionare constituie referința momentană, pentru o pereche de valori dx , dy .

Deplasările dx, dy , sunt estimate față de sistemul de coordonate al propriilor axe x, y , ale senzorului. Senzorul **ONS** este solidar cu întreaga topologie plan paralelă a axelor senzorilor de accelerație MEMS (MEMS A și MEMS B - vezi RO 141297 și EP 1846868, integrați în pix, conform topologiei din Fig. 5. În exemplul de realizare au fost utilizați senzori inerțiali de accelerație cu două axe x, y , cu gama de ieșire $\pm 2g$, cu ieșire analogică, din familia MEMS ADXL (producator Analog Devices). Senzorii MEMS continuă să aibe același rol ca în brevetul anterior citat ca referință, în plus, prin metoda de procesare ce va fi descrisă, variația amplitudinii semnalului din banda de frecvență de peste 150 Hz, corespunzătoare microvibrațiilor captate în urma contactului cu hârtia va constitui intrare pentru metoda de interpretare/vizualizare caligrafică a traiectoriei efectuate de senzorul **ONS** integrat în pix.

Deplasările dx , dy captate de senzorul **ONS** sunt evaluate de senzor prin procesarea internă a multiple imagini consecutive captate pe parcursul unei perioade de eșantionare, de ordinul milisecundelor – în exemplul de realizare perioada de eșantionare a senzorului **ONS** este de 2 mS. Imaginile procesate reprezintă proiecția pe aria fotosensibilă a senzorului, prin lentila **L**, a pattern-ului **P** imprimat pe hârtia/suportul de scriere. Topologia prezentată în Fig. 5 (detaliată în Fig. 6) realizează compromisul optim între condiția de aliniere a axelor x , y , de coordonate/sensibilitate, ale celor trei sisteme senzoriale MEMS A, MEMS B și ONS, condiția de neintersectare a varfului pixului cu câmpul vizual al lentilei și condiția de minimizare a erorilor de navigare datorate înclinărilor dinamice din procesul scrierii. Senzorul **ONS** prezintă sensibilitate maximă pentru imagini captate în banda infraroșu apropiat. De aceea iluminarea pattern-ului este realizată prin intermediul LED-ului **IR** cu emisie în banda infraroșu apropiat, amplasat ca în Fig. 5, detaliu în Fig. 6.

Declanșarea ciclului de eșantionare, de durată fixă, este comandată de un microcontoller **μCA** care gestionează eșantionarea sincronă atât a celor 4 semnale de accelerație provenite de la senzorii MEMS cât și a celor două deplasări dx , dy , generate de senzorul **ONS**.

La fiecare moment n , în calculatorul **2**, se efectuează suma algebrică a elementelor seriilor $dx(n)$, $dy(n)$, aceasta reprezentând aproximarea proiecției traiectoriei senzorului **ONS** inclus în pixul **1**, printr-o curbă plană, pe suportul de scriere, în contextul realizării semnăturii în mod dinamic și cursiv, cu ridicări ale vârfului pixului de pe hârtie/suport ce se încadrează în limitele intervalului ($d=5-20mm$) de menținere a focalizării imaginii pattern-ului **P** prin lentila **L** pe aria fotosensibilă a senzorului **ONS**.

Setul de semnale de natură grafică $dx(n)$, $dy(n)$, împreună cu setul de semnale de accelerație digitizate $ax(n), ay(n), bx(n), by(n)$, este transmis prin protocol USB prin intermediul microcontrlner-ului specializat **μC-USB**, inclus in pix, spre calculatorul **2**, în scopul achizitiei, vizualizării, procesării și comparării semnăturii. Setul de date de natură grafică are periodicitate constantă, întrevalele de timp bine determinate asigurând sincronismul fenomenologic cu semnalele de accelerație prelevate prin intermediul senzorilor de accelerație MEMS A și MEMS B, acestea avand la randul lor periodicitate constantă, de ex: 1mS. Planul de scriere / hârtia are imprimat un pattern **P**, cu distribuție cvasiuniformă. Rolul acestui pattern este acela de a fi sursa reperelor statice necesare senzorului **ONS** pentru calculul perechii de valori dx , dy , ce exprimă deplasarea relativă a senzorului **ONS**, efectuată pe durata dintre două citiri succesive. In final, la ieșirea modulului pix **1**, unui ciclu de eșantionare îi corespund șase semnale, transmise în protocol USB spre calculatorul **2**, respectiv patru semnale de accelerație: $ax(n)$ - semnalul digitizat generat de MEMS A pe direcția x a punctului A, $ay(n)$ – semnalul digitizat generat de MEMS A pe direcția y a punctului A, $bx(n)$ - semnalul digitizat generat de MEMS B pe direcția x a punctului B, $by(n)$ - semnalul digitizat generat de MEMS **B** pe direcția y a punctului B și două de deplasare: $dx(n)$ - semnalul generat de ONS pe direcția x , $dy(n)$ - semnalul generat de ONS pe direcția y. Directiile x, y, corespund axelor interne ale senzorilor MEMS si ONS.

Sistemul realizează următoarele funcționalități specifice:

- captarea proiecției traiectoriei dispozitivului de scriere (pix electronic), în contextul efectuării unei semnături pe hârtie de scris sau pe alt suport cu textură similară ce are tipărit un pattern difuz **P** cu distribuție cvasiuniformă. Această funcție este realizată prin intermediul senzorului de navigare optică **ONS** autoreferențial, integrat în pixul cu care un

subiect realizează semnătura. Utilitatea acestei funcționalități este duală: se generează informația de natură grafică ce este exploatată de sistem în metodele algoritmice de decizie asupra autenticității semnăturii cât și producerea de către sistem a feedback-ului vizual, afisat pe monitorul sistemului, necesar utilizatorului în procedura de înregistrare a semnăturii sau de acomodare cu sistemul și validare vizuală de către subiect a unei achiziții ce urmează a fi autentificată;

- detectarea începutului semnăturii și a sfârșitului acesteia prin prelucrarea combinată a două categorii de semnale: cele de deplasare, captate de senzorul **ONS** precum și cele corespunzătoare microvibrațiilor captate de senzorii de accelerație MEMS **A** integrați în pix. Metoda se bazează pe analiza parametrilor amplitudine și frecvență ai microvibrațiilor ce apar, alături de datele privind traiectoria autoreferențială a pixului, la interacțiunea dinamică a elementelor gest-pix-fibrele hârtiei. Această funcționalitate este implementată ca metodă algoritmică fiind conținută în aplicația sistemului, rezidentă într-un calculator **2**;

- vizualizarea traiectoriei pixului. Aceasta are loc imediat, practic în timp real, iar în urma procesării sunt afisate și efecte (informații) caligrafice de grosime a traiectoriei asemenea cu grafica urmelor produse de mina de scris pe hârtie. Această funcționalitate are rolul de a oferi subiectului uman feedback-ul vizual necesar acceptării achiziției efectuate de sistem. Modulul algoritmic corespunzător funcționalității de vizualizare este conținut în aplicația sistemului de autentificare a semnăturii, rezidentă într-un calculator, iar vizualizarea are loc pe monitorul calculatorului;

- prelucrarea și compararea multimodală a semnalelor/formelor achiziționate se realizează prin metodele algoritmice descrise în continuare, având ca elemente de intrare atât semnalele de accelerație captate de senzorii MEMS cât și semnale/forme prelevate prin senzorul **ONS**. Caracteristicile metodelor algoritmice, de a lucra specific în spații n-dimensionale (2D, 4D, 6D) cu cele 6 semnale achiziționate, precum și tipul semnalelor (grafice și de accelerație), determină caracterul multimodal al metodelor sistemului.

Pixul și metodele prezentei invenții sunt asociate funcțional și unitar, fiind realizate ca modul și set de metode algoritmice conținute în aplicația sistemului de autentificare a semnăturii.

Metoda de reconstituire caligrafică a grosimii scrisului afișat pe monitorul calculatorului **2** este implementată prin următoarele etape ce se derulează în calculatorul personal **2**:

Într-o primă etapă, pentru reconstituirea caligrafică a grosimii scrisului, se calculează traiectoria prin însumarea algebrică a seriilor de valori ale semnalelor dx , respectiv dy

obținându-se coordonatele deplasărilor momentane captate de senzorul de navigare optică **ONS**, traiectorie care este reprodusă grafic pe monitorul calculatorului **2**.

A doua etapă constă în filtrarea semnalelor de accelerații a_x și a_y , asociate unei semnături. Semnalele de accelerații digitizate a_x și a_y provenite de la senzorul de accelerație MEMS A se filtrează cu un filtru trece sus cu frecvența de tăiere de 150 Hz obținându-se semnalele c_x și c_y . Fiecare dintre semnalele a_x , a_y , c_x , c_y reprezintă defapt vectori de eșantioane reprezentate sub forma unor numere întregi pozitive.

În cadrul **etapei trei**, se calculează valorile RMS $v_x(n)$ și $v_y(n)$ într-un interval de timp $(n-i, n)$ și rezultatele obținute se vor asocia momentului de timp n corespunzător valorilor instantanee ale semnalelor c_x și c_y astfel:

$$v_x(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{35} c_x^2(n-i)}{36}} \text{ și } v_y(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{35} c_y^2(n-i)}{36}},$$

unde $c_x(n)$ reprezintă eșantionul semnalului c_x la momentul de timp n .

Mărima rezultată ($m(n) = \frac{v_x(n) + v_y(n)}{2}$) prin medierea aritmetică a celor două valori

efective, $v_x(n)$ și $v_y(n)$, este cea care conține informația utilizată în reconstituirea grosimii scrisului. În cadrul gamei de valori a semnalului $m(n)$ se consideră intervalul $[a, b]$, unde a și b reprezintă grosimea minimă respectiv maximă asociată scrisului la un moment de timp. Valorile a și b au fost determinate pe cale experimentală.

În **etapa patru** se determină cazul în care se elimină din reprezentarea grafică inițială segmente de traiectorie pentru care pixul nu este în contact cu suportul de scriere și se realizează asocierea informației de grosime la segmentele de traiectorie neeliminate, realizându-se astfel interpretarea caligrafică. Astfel, dacă oricare din valorile $v_x(n)$, $v_y(n)$ sau $\frac{v_x(n) + v_y(n)}{1.5}$ sunt mai mici decât o valoare prag p , determinată experimental, se

consideră că grosimea asociată scrisului la momentul de timp n este 0. Pentru momentele în care este îndeplinită această condiție, segmentele corespunzătoare traiectoriei (Fig.7) captate de pix **1** sunt șterse din reprezentarea grafică inițială (Fig. 8) afișată pe monitorul calculatorului **2**, rezultând astfel o reprezentare caligrafică asemănătoare cu cea trasată de mina pixului pe suportul de scriere.

Invenția de față furnizează și următoarele metode de recunoaștere a semnăturilor: SRA3, SRA5, SRA7, SRA8 (SRA = System Recognition Algorithm), pentru aprecierea autenticității semnăturii olografe dinamice, vezi Fig. 10.

Acestea prelucreză semnalele produse de pix. Pentru a descrie algoritmiile de prelucrare, se notează semnalele generate de pix astfel:

- a_x : semnalul generat de MEMS **A** pe direcția x a punctului **A**;
- a_y : semnalul generat de MEMS **A** pe direcția y a punctului **A**;
- b_x : semnalul generat de MEMS **B** pe direcția x a punctului **B**;
- b_y : semnalul generat de MEMS **B** pe direcția y a punctului **B**;
- dx : semnalul generat de ONS pe direcția x ;
- dy : semnalul generat de ONS pe direcția y .

Fiecare semnal este de fapt un vector de eșantioane reprezentate sub forma unor numere întregi. Acest vector este o reprezentare numerică a unei forme de undă. Toți vectorii unei semnături date au aceeași lungime (aceleași număr de eșantioane).

Aceste 4 metode se bazează pe următoarele principii comune:

Fiecare metodă conține două module (vezi Fig. 9)

a) *Modulul de prelucrare a datelor de intrare*. Printr-o serie de operații, din datele de intrare se extrag informații reprezentative ce sunt folosite pentru a stoca datele privitoare la semnăturile specimen și pentru a reprezenta datele constituite de semnăturile de intrare (original sau fals) ce urmează a fi recunoscute. Vom numi ansamblul acestor operații *Metoda de conversie semnături 3*.

b) *Modulul de comparație a două semnături*, una specimen și alta de intrare. Vom numi ansamblul acestor operații *Metoda de comparație semnături 4*.

Ansamblul format de *Metoda de conversie* și de *Metoda de comparație* va fi numit *Metoda de recunoaștere a semnăturilor*.

Conversia semnalelor de intrare (pe care o face modulul de prelucrare a datelor de intrare) la un format utilizabil în procesul de comparare cuprinde următoarele etape:

- a) Conversia semnalelor semnăturii în invarianți.
- b) Ponderarea secvențelor de invarianți.

Semnăturile specimen sunt convertite și depozitate în baza de semnături. Ulterior, la apariția unei semnături de intrare (original sau fals), aceasta este convertită și comparată cu semnăturile din baza de semnături, calculându-se distanța dintre semnătura de intrare și semnăturile specimen determinându-se astfel dacă subiectul semnăturii de intrare este subiectul semnăturii specimen.

Cele patru metode menționate se bazează pe o metodă generală de conversie a unor curbe (aproximate prin segmente de dreaptă) în secvențe de invarianți adică de elemente care nu variază în raport cu frecvența sau amplitudinea semnalelor (în cazul în

care este vorba de accelerații) sau în raport cu scara (în cazul în care este vorba de semnale grafice).

Metodele SRA3 și SRA5 lucrează cu curbe reprezentate în plan (2 dimensiuni), metoda SAR7 lucrează cu curbe reprezentate într-un spațiu cu 6 dimensiuni iar SRA8 lucrează cu curbe reprezentate într-un spațiu cu 4 dimensiuni (Fig. 10).

Se descrie mai întâi metoda SRA3 de lucru cu curbe în plan.

Prima etapă constă în conversia semnalelor în invarianți.

Fie o curbă **5**, dată prin puncte în planul XOY conform Fig. 11. Această curbă este dată de semnalele dx , dy .

Considerăm pe această curbă trei puncte consecutive T_i , T_{i+1} , T_{i+2} de coordonate respectiv (x_i, y_i) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , (x_{i+2}, y_{i+2}) unde $i = 1, 2, \dots, n-2$ iar n este numărul total de puncte de pe curbă luate în considerare. Valorile x_i , x_{i+1} , x_{i+2} provin din curba dx iar valorile y_i , y_{i+1} , y_{i+2} provin din curba dy .

Determinăm panta p_i a vectorului $T_i T_{i+1}$ cu axa OX, de exemplu în felul următor:

Dacă $x_{i+1} > x_i$ și $y_{i+1} = y_i$ atunci $p_i = 0$.

Dacă $x_{i+1} > x_i$ și $y_{i+1} > y_i$ atunci $p_i = \text{atan}((y_{i+1} - y_i) / (x_{i+1} - x_i))$.

Dacă $x_{i+1} = x_i$ și $y_{i+1} > y_i$ atunci $p_i = \pi / 2$.

Dacă $x_{i+1} < x_i$ și $y_{i+1} > y_i$ atunci $p_i = \pi / 2 + \text{atan}((x_i - x_{i+1}) / (y_{i+1} - y_i))$.

Dacă $x_{i+1} < x_i$ și $y_{i+1} = y_i$ atunci $p_i = \pi$.

Dacă $x_{i+1} < x_i$ și $y_{i+1} < y_i$ atunci $p_i = \pi + \text{atan}((y_i - y_{i+1}) / (x_i - x_{i+1}))$.

Dacă $x_{i+1} = x_i$ și $y_{i+1} < y_i$ atunci $p_i = 3 * \pi / 2$.

Dacă $x_{i+1} > x_i$ și $y_{i+1} < y_i$ atunci $p_i = 2 * \pi - \text{atan}((y_i - y_{i+1}) / (x_{i+1} - x_i))$;

Dacă $x_{i+1} = x_i$ și $y_{i+1} = y_i$ atunci $p_i = 0$.

(Prin $\text{atan}()$ am notat funcția arc tangentă.)

Analog se calculează panta p_{i+1} a vectorului $T_{i+1} T_{i+2}$ cu axa OX.

Considerăm apoi că în punctul T_{i+1} avem un nou sistem de coordonate $X' T_{i+1} Y'$ și determinăm orientarea vectorului $T_{i+1} T_{i+2}$ în acest sistem de coordonate, sau altfel spus calculăm:

$$r_i = |p_2 - p_1|.$$

Determinăm acum două coduri:

ca_i = codul de orientare absolută

cr_i = codul de orientare relativă

Codul de orientare absolută ca_i se obține împărțind în S_a sectoare cercul care are ca centru în punctul T_{i+1} . Se numerotază aceste sectoare începând de la axa orizontală care trece prin T_{i+1} și se îndreaptă spre direcția X. Vom avea:

$$ca_i = \text{int}(p_{i+1} / (2 * \pi / S_a))$$

(Am notat prin $\text{int}()$ partea întreagă.)

Valoarea S_a se determină experimental (de exemplu poate fi $S_a = 8$).

Codul de orientare relativă cr_i se obține împărțind în S_r sectoare cercul care are centrul în punctul T_{i+1} . Se numerotază aceste sectoare începând de la axa BX' . Vom avea:

$$\text{Dacă } p_{i+1} \geq p_i \text{ atunci } cr_i = \text{int}(r_i / (2 * \pi / S_r))$$

$$\text{Dacă } p_2 < p_1 \text{ atunci } cr_i = S_r - 1 - \text{int}(p / (2 * \pi / S_r))$$

În final se obține un singur cod de invariant c_i sub forma:

$$c_i = cr_i * S_a + ca_i$$

Valoarea S_r se determină experimental (de exemplu poate fi $S_r = 145$).

Pornind de la fiecare punct al curbei se determină prin analiza făcută pe câte trei puncte consecutive o secvență de invarianți care codifică curba.

A doua etapă este o etapă de ponderare a invarianților.

Deoarece un invariant este definit pe baza a 3 puncte consecutive de pe curbă T_i, T_{i+1}, T_{i+2} , se va considera „lungimea invariantului” L_i ($i = 1, 2, \dots, n-2$) ca fiind:

$$L_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} + \sqrt{(x_{i+2} - x_{i+1})^2 + (y_{i+2} - y_{i+1})^2}$$

Definim L_t ca fiind o lungime totală de referință și o calculăm astfel:

$$L_t = \sum_{i=1}^{i=n-2} L_i$$

Se stabilește acum ponderea w_i a fiecărui invariant ca fiind raportul între lungimea L_i a invariantului și lungimea de referință L_r :

$$w_i = L_i / L_r$$

Fiecare invariant va fi reprezentat deci prin perechea (c_i, w_i) care pot fi împachetate într-un singur cod C_i sub forma:

$$C_i = c_i + w_i * S_a * S_r$$

Metoda **SRA5** este asemănătoare ca principiu cu metoda SRA3 adică face tot analiza unei curbe în plan. Vor fi însă două curbe care se analizează ca două componente separate. Prima curbă va fi dată de a_x și a_y iar a doua curbă va fi dată de b_x și b_y . În felul acesta curba corespunzătoare unei accelerații (în punctul A respectiv în punctul B) devine o curbă plană, independentă de timp dar având o ordine de parcurgere dată de secvența eșantioanelor (deci punctelor de pe curbă) în timp.

Se descrie acum metoda **SRA7** de lucru cu curbe într-un spațiu cu 6 dimensiuni.

Prima etapă constă în conversia semnalelor în invarianți.

Considerăm o curbă dată prin puncte într-un spațiu cu 6 dimensiuni (numerotate 0, 1, 2, 3, 4, 5) și trei puncte consecutive pe această curbă T_i, T_{i+1}, T_{i+2} de coordonate respectiv:

$$T_i : (u_{i,0}, u_{i,1}, u_{i,2}, u_{i,3}, u_{i,4}, u_{i,5})$$

$$T_{i+1} : (u_{i+1,0}, u_{i+1,1}, u_{i+1,2}, u_{i+1,3}, u_{i+1,4}, u_{i+1,5})$$

$$T_{i+2} : (u_{i+2,0}, u_{i+2,1}, u_{i+2,2}, u_{i+2,3}, u_{i+2,4}, u_{i+2,5})$$

unde $i = 1, 2, \dots, n-2$ iar n este numărul total de puncte de pe curbă luate în considerare.

Valorile $u_{i,0}, u_{i+1,0}, u_{i+2,0}$ provin din curba a_x , valorile $u_{i,1}, u_{i+1,1}, u_{i+2,1}$ provin din curba a_y , valorile $u_{i,2}, u_{i+1,2}, u_{i+2,2}$ provin din curba b_x , valorile $u_{i,3}, u_{i+1,3}, u_{i+2,3}$ provin din curba b_y , valorile $u_{i,4}, u_{i+1,4}, u_{i+2,4}$ provin din curba d_x iar valorile $u_{i,5}, u_{i+1,5}, u_{i+2,5}$ provin din curba d_y .

Determinăm unghiul p_i al vectorului $T_i T_{i+1}$ cu vectorul $T_{i+1} T_{i+2}$. după cum urmează:

Calculăm mai întâi două valori s_1 și s_2 cu formulele:

$$s_1 = (u_{i+1,0} - u_{i,0}) * (u_{i+2,0} - u_{i+1,0}) +$$

$$(u_{i+1,1} - u_{i,1}) * (u_{i+2,1} - u_{i+1,1}) +$$

$$(u_{i+1,2} - u_{i,2}) * (u_{i+2,2} - u_{i+1,2}) +$$

$$(u_{i+1,3} - u_{i,3}) * (u_{i+2,3} - u_{i+1,3}) +$$

$$(u_{i+1,4} - u_{i,4}) * (u_{i+2,4} - u_{i+1,4}) +$$

$$(u_{i+1,5} - u_{i,5}) * (u_{i+2,5} - u_{i+1,5})$$

$$s_2^2 = ((u_{i+1,0} - u_{i,0})^2 + (u_{i+1,1} - u_{i,1})^2 + (u_{i+1,2} - u_{i,2})^2 +$$

$$(u_{i+1,3} - u_{i,3})^2 + (u_{i+1,4} - u_{i,4})^2 + (u_{i+1,5} - u_{i,5})^2) *$$

$$((u_{i+2,0} - u_{i+1,0})^2 + (u_{i+2,1} - u_{i+1,1})^2 + (u_{i+2,2} - u_{i+1,2})^2 +$$

$$(u_{i+2,3} - u_{i+1,3})^2 + (u_{i+2,4} - u_{i+1,4})^2 + (u_{i+2,5} - u_{i+1,5})^2)$$

Dacă $s_2 \neq 0$ și $s_1 \geq 0$, atunci $p_i = \arccos(s_1 / \sqrt{s_2})$.

Dacă $s_2 \neq 0$ și $s_1 < 0$ atunci $p_i = \pi + \arccos(s_1 / \sqrt{s_2})$.

Dacă $s_2 = 0$ atunci $p_i = 0$.

Determinăm acum codul c_i al invariantului i

$$c_i = p_i / (2 * \pi / S_r)$$

unde valoarea S_r se determină experimental (de exemplu poate fi $S_r = 7$).

A doua etapă este o etapă de ponderare a invariantilor.

Deoarece un invariant este definit pe baza a 3 puncte consecutive de pe curbă T_i, T_{i+1}, T_{i+2} , se va considera „lungimea invariantului” L_i ($i = 1, 2, \dots, n-2$) ca fiind:

$$L_i = \sqrt{(u_{i+1,0} - u_{i,0})^2 + (u_{i+1,1} - u_{i,1})^2 + (u_{i+1,2} - u_{i,2})^2 + (u_{i+1,3} - u_{i,3})^2 + (u_{i+1,4} - u_{i,4})^2 + (u_{i+1,5} - u_{i,5})^2 + \sqrt{(u_{i+2,0} - u_{i,0})^2 + (u_{i+2,1} - u_{i,1})^2 + (u_{i+2,2} - u_{i,2})^2 + (u_{i+2,3} - u_{i,3})^2 + (u_{i+2,4} - u_{i,4})^2 + (u_{i+2,5} - u_{i,5})^2}}$$

Definim L_t ca fiind o lungime totală de referință și o calculăm astfel:

$$L_t = \sum_{i=1}^{i=n-2} L_i$$

Se stabilește acum ponderea w_i a fiecărui invariant ca fiind raportul între lungimea L_i a invariantului și lungimea de referință L_t :

$$w_i = L_i / L_t$$

Fiecare invariant va fi reprezentat deci prin perechea (c_i, w_i) care pot fi împachetate într-un singur cod C_i sub forma:

$$C_i = c_i + w_i * S$$

unde S e o valoare mai mare decât cel mai mare c_i (de exemplu se ia $S = 32768$).

Metoda **SRA8** este analogă cu metoda SRA7 dar lucrează doar în patru dimensiuni date de a_x, a_y, b_x, b_y .

Prin metodele SRA3, SRA5, SRA7, SRA8, semnălele de intrare se traduc în șiruri de invarianti, fiecare invariant având o anumită pondere (cost). A compara două semnături, în funcție de algoritmul repectiv, înseamnă a afla distanța între două șiruri de simboluri, aparținând celor două semnături care se compară. Pentru a calcula această distanța se consideră că cel mai potrivit algoritm este distanța Levenshtein. În final, dacă rezultatul (distanța Levenshtein) este D , atunci distanța luată în considerare (normată) d va fi:

$$d = 1 - \frac{D}{\sum_i cost_i + \sum_j cost_j}$$

unde $cost_i = w_i$, și $cost_j = w_j$, reprezintă costurile invariantilor celor două componente.

Revendicări

1. Sistem pentru achiziția și procesarea de informații asociate semnăturii olografe dinamice realizată pe suport din hârtie de scris sau pe orice suport cu textura similară, ce are tipărit un pattern cvasiuniform, sistemul cuprinzând un pix electronic (1), prevăzut cu două grupuri de senzori inerțiali MEMS (A),(B) de accelerație, pentru captarea informațiilor cinetice și a informațiilor privind microvibrațiile de contact cu suportul, integrat într-un calculator personal (2) pentru achiziția și procesarea semnalelor asociate semnăturilor, ce poate fi conectat în rețea, împreună cu alte calculatoare personale (2) ce au conectate ca periferic câte un pix electronic (1),

caracterizat prin aceea că pixul electronic (1) are incluse în componența sa :

- un senzor autoreferențial de navigare optică (ONS), pentru captarea seriei de perechi de date (dx , dy), ca deplasări momentane necesare reconstituirii traiectoriei pixului și care împreună cu informațiile de natură cinetică (ax , ay , bx , by) captate de setul de senzori inerțiali MEMS (A) și (B), constituie informații de intrare în calculatorul personal (2) pentru procesare prin fuziune senzorială, cât și pentru realizarea condițiilor de prelevare a informațiilor din perspectiva reprezentării psihomotrice și senzoriale a utilizatorului pixului,
- un LED în infraroșu (IR) pentru iluminarea patternului,
- o lentilă (L) de focalizare și proiecție a imaginii curente a patternului pe aria de sensibilitate a unui senzor de navigare optică (ONS), poziționată astfel încât proiecția imaginii unei regiuni a patternului să se realizeze pe aria de sensibilitate a senzorului și **prin aceea că**, condiția de sincronism spațio-temporal, necesară achiziției prin fuziune senzorială a celor două categorii de date: dx , dy , de natură grafică și a accelerațiilor ax , ay , bx , by , este realizată prin:
- cvasialinierea topologică axială a celor 3 origini ale axelor de coordonate ale senzorilor MEMS (A și B) și senzorului de navigare optică (ONS) și a vârfului minei pixului (1), cvasialinierea topologică planparalelă a axelor de sensibilitate/coordonate, ale celor trei componente senzoriale MEMS (A), (B) și senzorului de navigare optică (ONS), cu planul de scriere (P) și prin

eșantionarea informațiilor captate de senzori, cu o periodicitate constantă, cuprinsă în domeniul 1-8 mS, care asigură, prin frecvența ridicată, sincronismul în timp al achiziției detaliilor grafice și cinetice, achiziția fiind controlată de microcontrollerul de achiziție (μCA) care transmite în timp real informațiile la calculatorul (2) ce găzduiește metodele

algoritmice de vizualizare, de reconstituire a grosimii scrisului și de procesare și comparare; și **prin aceea că**

- În scopul prelevării informațiilor din perspectiva reprezentării psihomotrice și senzoriale a utilizatorului, setul de senzori MEMS **(A)**, **(B)** și senzorul de navigare optică **(ONS)** integrați în unealta de scris mână de om, captează cele 6 semnale asociate ax , ay , bx , by , dx , dy în sisteme de coordonate autoreferențiale, respectiv propriile axe x , y de coordonate de sensibilitate.

2. Metodă pentru aprecierea autenticității semnăturii olografe dinamice **caracterizată prin aceea că** aceasta constă dintr-o fază de reconstituire caligrafică și vizualizare a grosimii scrisului și dintr-o fază de aplicare a unor conversii și comparări asupra semnalelor, ax , ay , bx , by , dx , dy asociate semnăturilor în vederea aprecierii autenticității acestora.

3. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, într-o primă etapă, pentru reconstituirea caligrafică a grosimii scrisului, se calculează traiectoria prin însumarea algebrică a seriilor de valori ale semnalelor dx , respectiv dy obținându-se coordonatele deplasărilor momentane captate de senzorul de navigare optică **(ONS)**, traiectorie care este reprodusă grafic pe monitorul calculatorului **(2)**; într-o a doua etapă, semnalele de accelerație digitizate a_x și a_y , provenite de la pix **(1)**, sunt filtrate cu ajutorul unui filtru trece sus cu frecvența de tăiere de 150 Hz obținându-se două semnale c_x și c_y , pentru ale căror valori instantanee ale amplitudinilor; într-o a treia etapă, se calculează valoarea RMS pe un interval $[n-i, n]$ de i valori consecutive stabilit experimental și deplasat incremental cu 1 după fiecare pas de calcul, obținându-se astfel semnalele $v_x(n)$ și $v_y(n)$, care, la rândul lor, sunt mediate aritmetic pentru fiecare pas incremental, rezultând un semnal $m(n)$, proporțional cu grosimea scrisului, urmând ca într-o a patra etapă să se determine cazul în care se elimină din reprezentarea grafică inițială segmente de traiectorie, corespunzătoare grosimii zero, prin verificarea condiției prin care oricare din valorile $v_x(n)$, $v_y(n)$ sau $\frac{v_x(n) + v_y(n)}{1,5}$ să fie mai mici decât un prag p determinat experimental, pentru care pixul nu este în contact cu suportul de scriere, realizându-se apoi asocierea informației de grosime la segmentele de traiectorie neeliminate, producând astfel interpretarea caligrafică a scrisului.

4. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, conversia unei curbe plane date prin puncte, într-o secvență de simboluri se realizează astfel încât fiecare simbol este calculat ca diferențe de pantă a două segmente consecutive și este ponderat

cu raportul dintre lungimea sementelor invariantului și lungimea tuturor segmentelor curbei.

5. Metodă conform revendicării 4, numită SRA3, **caracterizată prin aceea că**, cele două coordonate sunt semnalele produse de senzorul de navigare optică (ONS) adică deplasarea pe axa Ox detectată de senzorul de navigare optică (ONS) și deplasarea pe axa Oy a acestui senzor.

6. Metodă conform revendicării 4, numită SRA5, **caracterizată prin aceea că**, cele două coordonate sunt o dată proiecțiile accelerațiilor senzorului din punctul A pe două axe de coordonate iar altă dată sunt proiecțiile accelerațiilor senzorului din punctul B pe două axe de coordonate.

7. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, conversia unei curbe date prin puncte cu șase coordonate, într-o secvență de simboluri se realizează astfel încât fiecare simbol este calculat ca diferențe de pantă a două segmente consecutive în spațiul cu șase dimensiuni și este ponderat cu raportul dintre lungimea sementelor invariantului în spațiul cu șase dimensiuni și lungimea tuturor segmentelor curbei în spațiul cu șase dimensiuni.

8. Metodă conform revendicării 7, numită SRA7, **caracterizată prin aceea că**, cele șase coordonate sunt proiecția pe axa Ox a accelerației senzorului din punctul A, proiecția pe axa Oy a accelerației senzorului din punctul A, proiecția pe axa Ox a accelerației senzorului din punctul B, proiecția pe axa OY a accelerației senzorului din punctul B, deplasarea pe axa Ox detectată de senzorul de navigare optică (ONS) și deplasarea pe axa Oy a acestui senzor.

9. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, conversia unei curbe date prin puncte cu patru coordonate, într-o secvență de simboluri se realizează astfel încât fiecare simbol este calculat ca diferențe de pantă a două segmente consecutive în spațiul cu patru dimensiuni și este ponderat cu raportul dintre lungimea sementelor invariantului în spațiul cu patru dimensiuni și lungimea tuturor segmentelor curbei în spațiul cu patru dimensiuni.

10. Metodă conform revendicării 9, numită SRA8, **caracterizată prin aceea că**, cele patru coordonate sunt proiecția pe axa Ox a accelerației senzorului din punctul A, proiecția pe axa Oy a accelerației senzorului din punctul A, proiecția pe axa Ox a accelerației senzorului din punctul B și proiecția pe axa Oy a accelerației senzorului din punctul B.

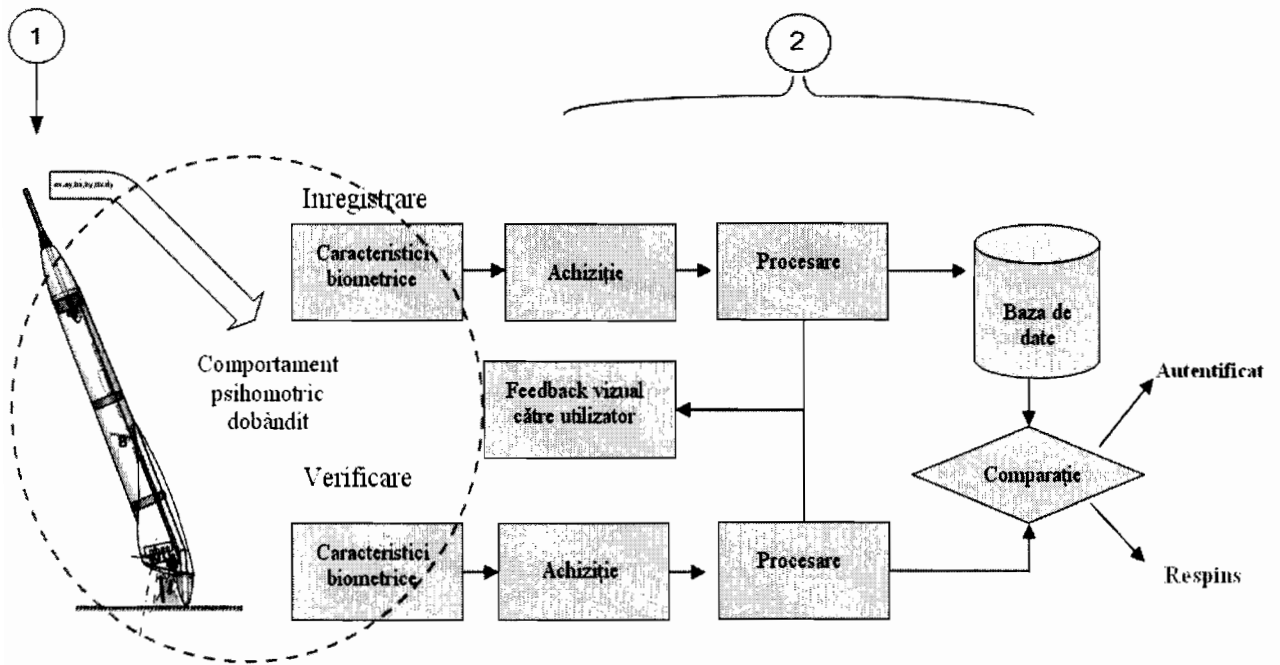


Fig. 1 – Schema funcțională a sistemului

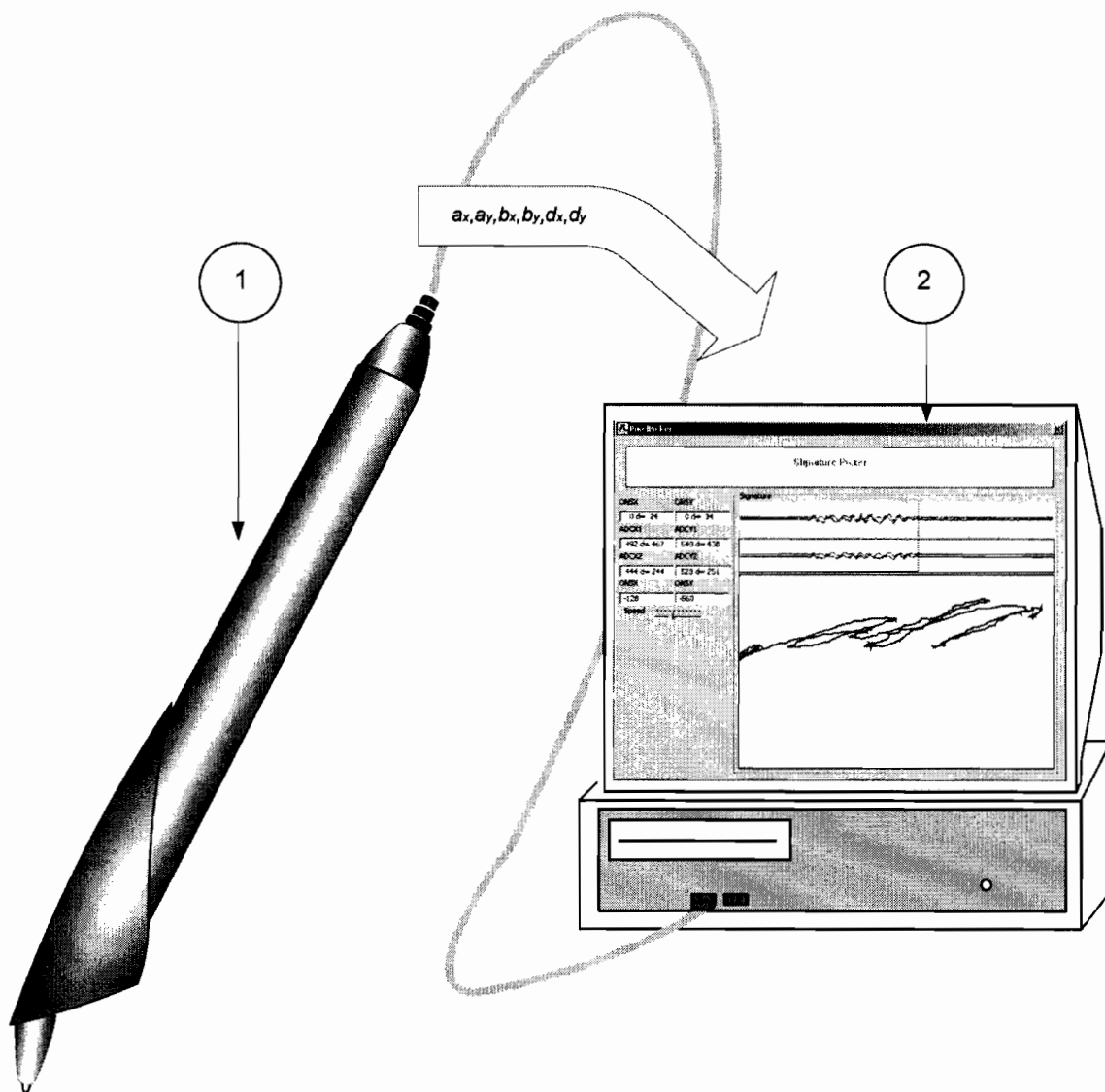


Fig. 2 – Modulele fizice ale sistemului

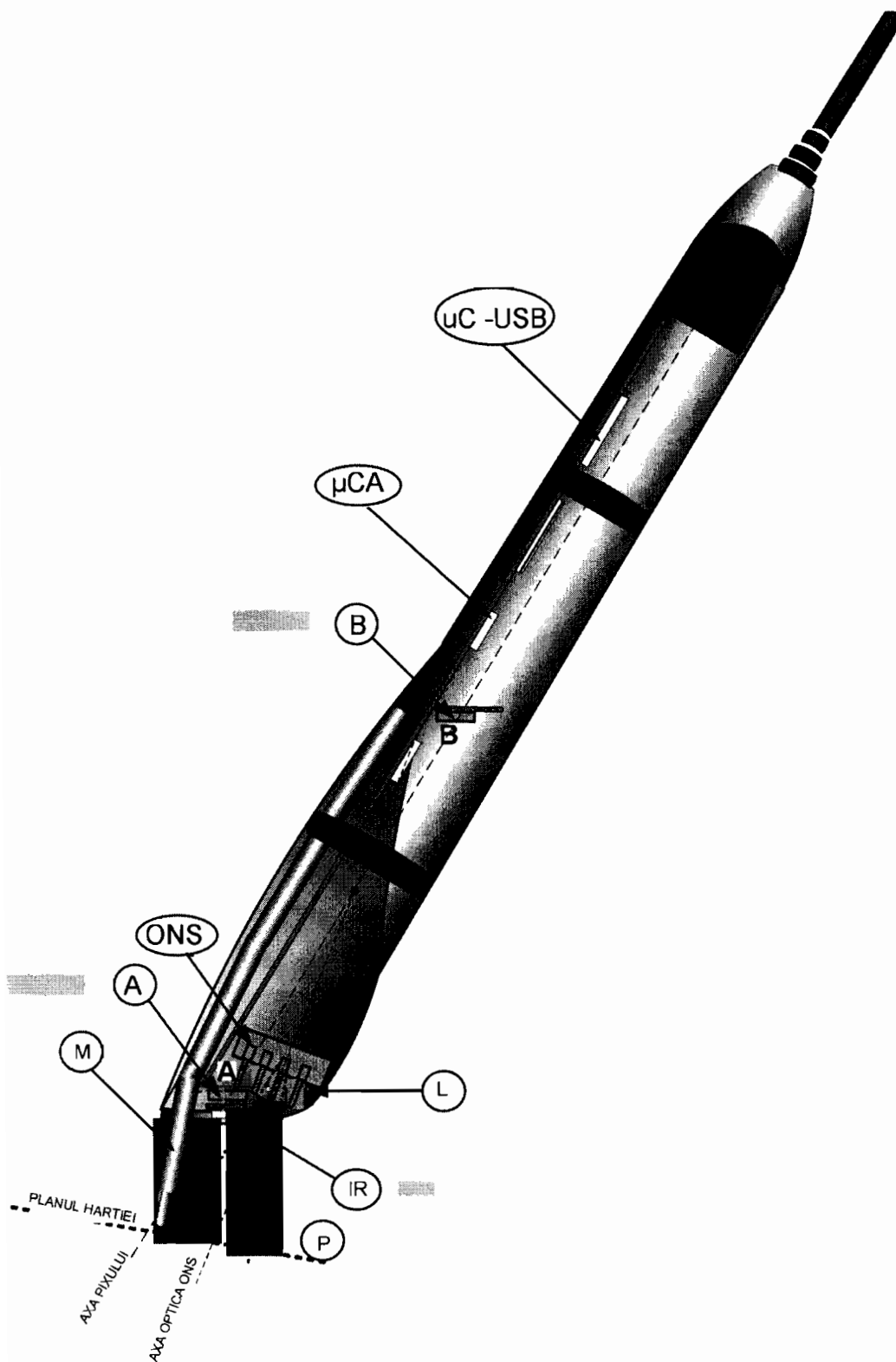


Fig. 3 – Schema modului de captură a semnăturii – pix

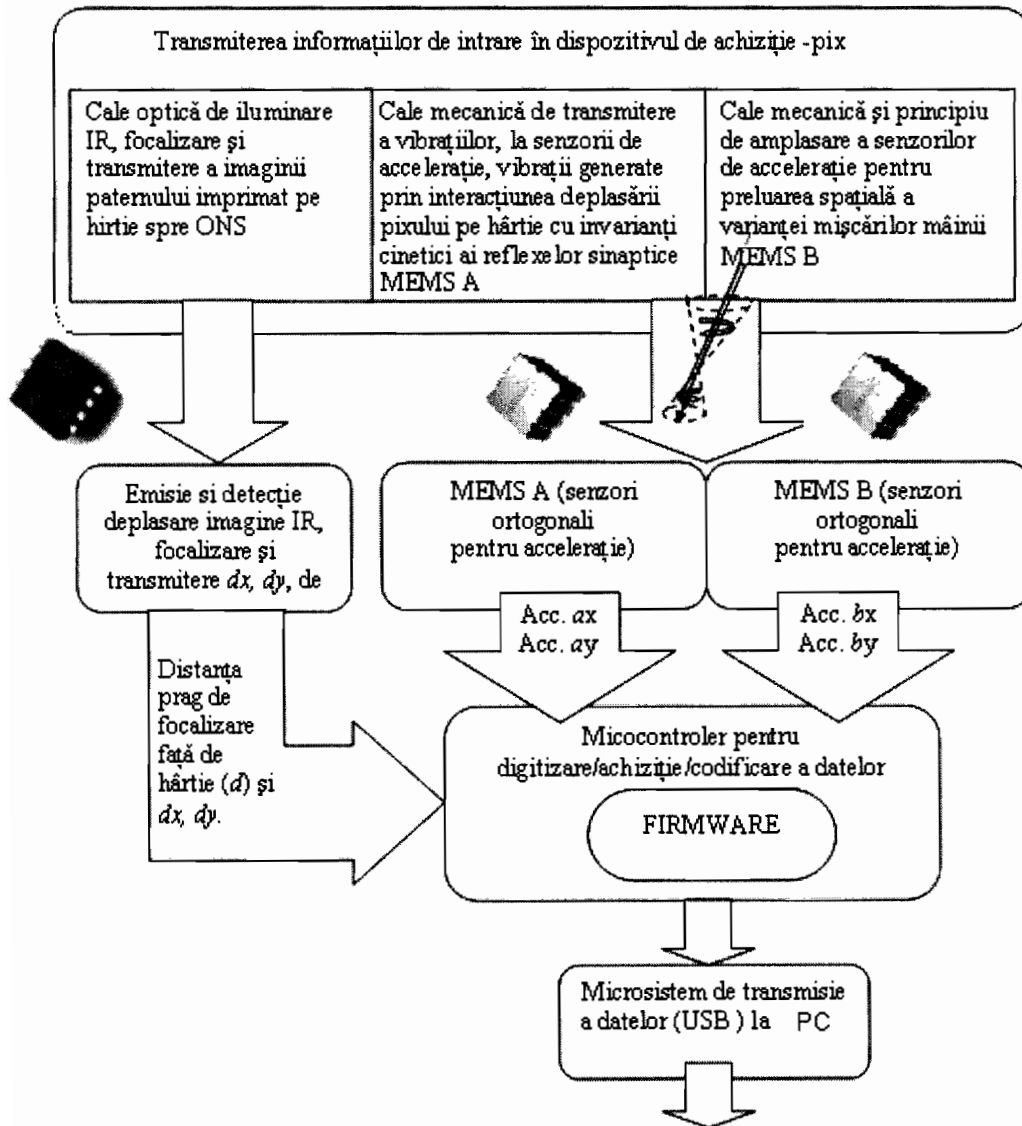


Fig.4 – Schema funcțională a modului de captură a semnăturii – pix

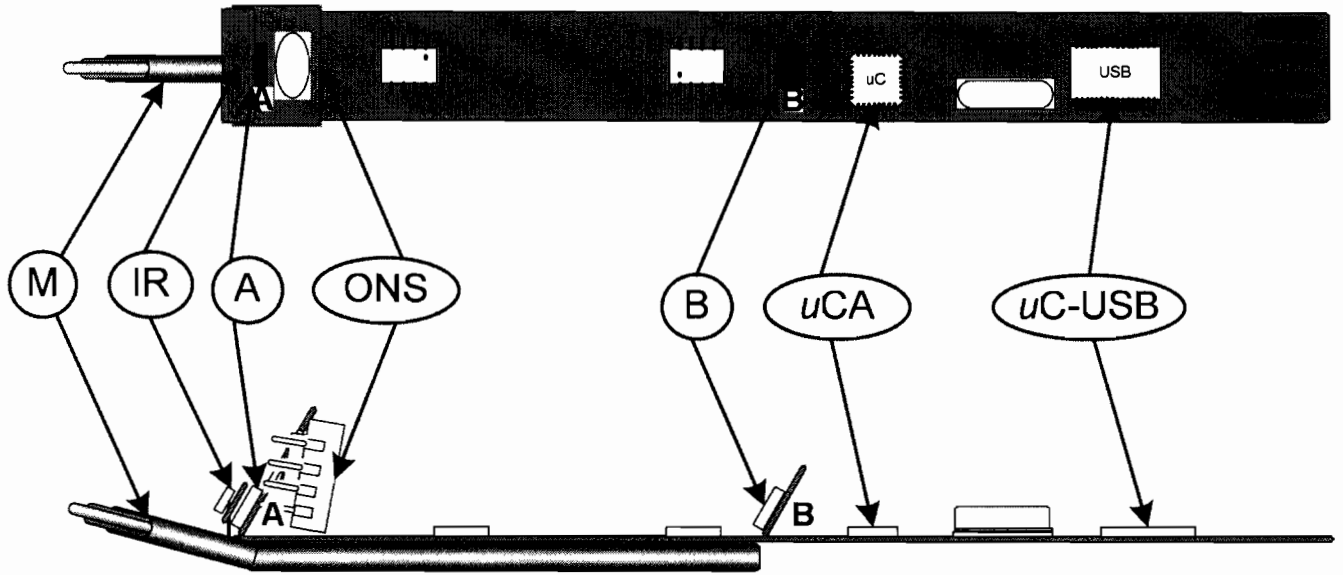


Fig. 5 – Topologia ONS, MEMS A, MEMS B, Mină pix

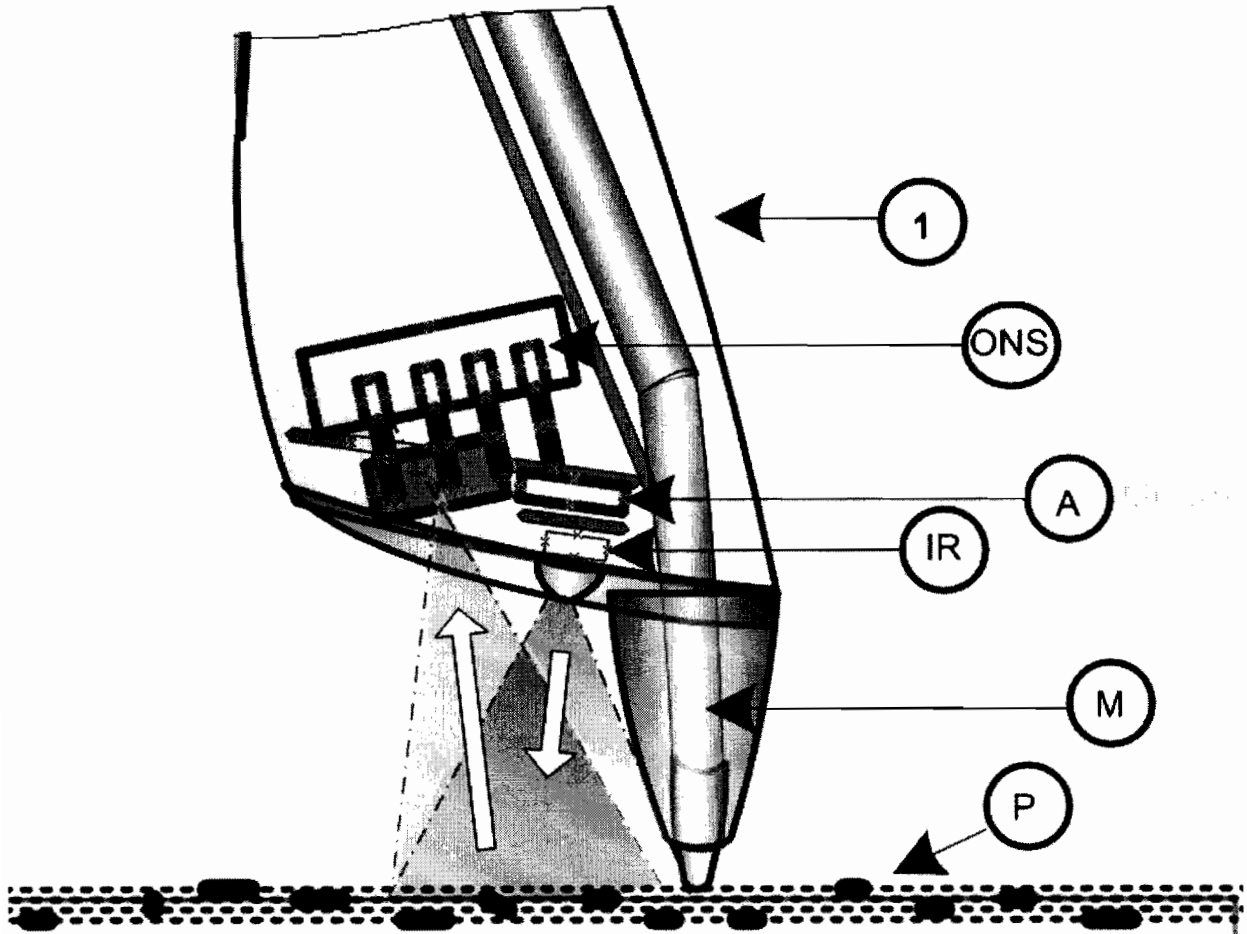


Fig.6 – Detaliu topologic din modulul pix

26-10-2009

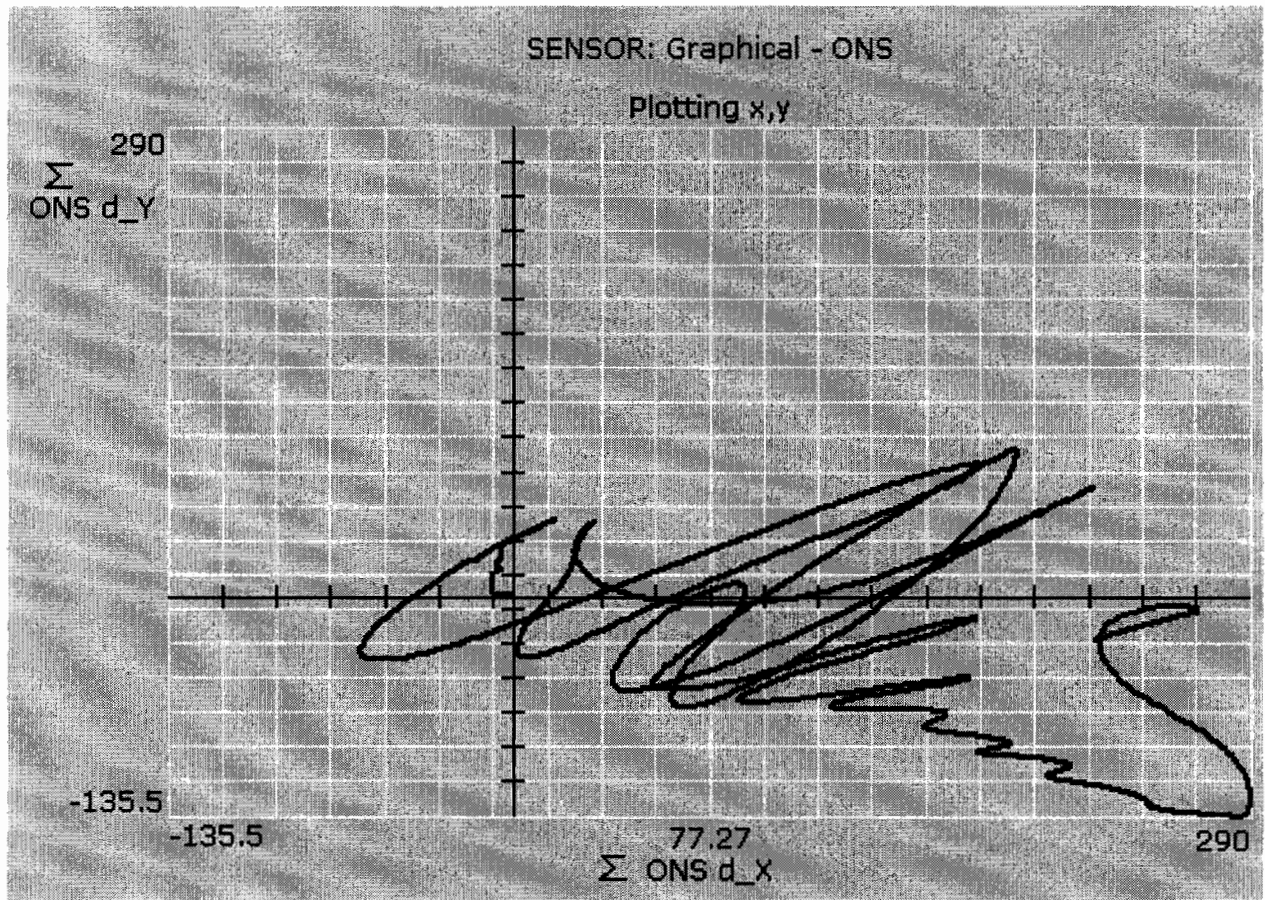


Fig. 7 - Reconstituirea traiectoriei totale efectuate de pix

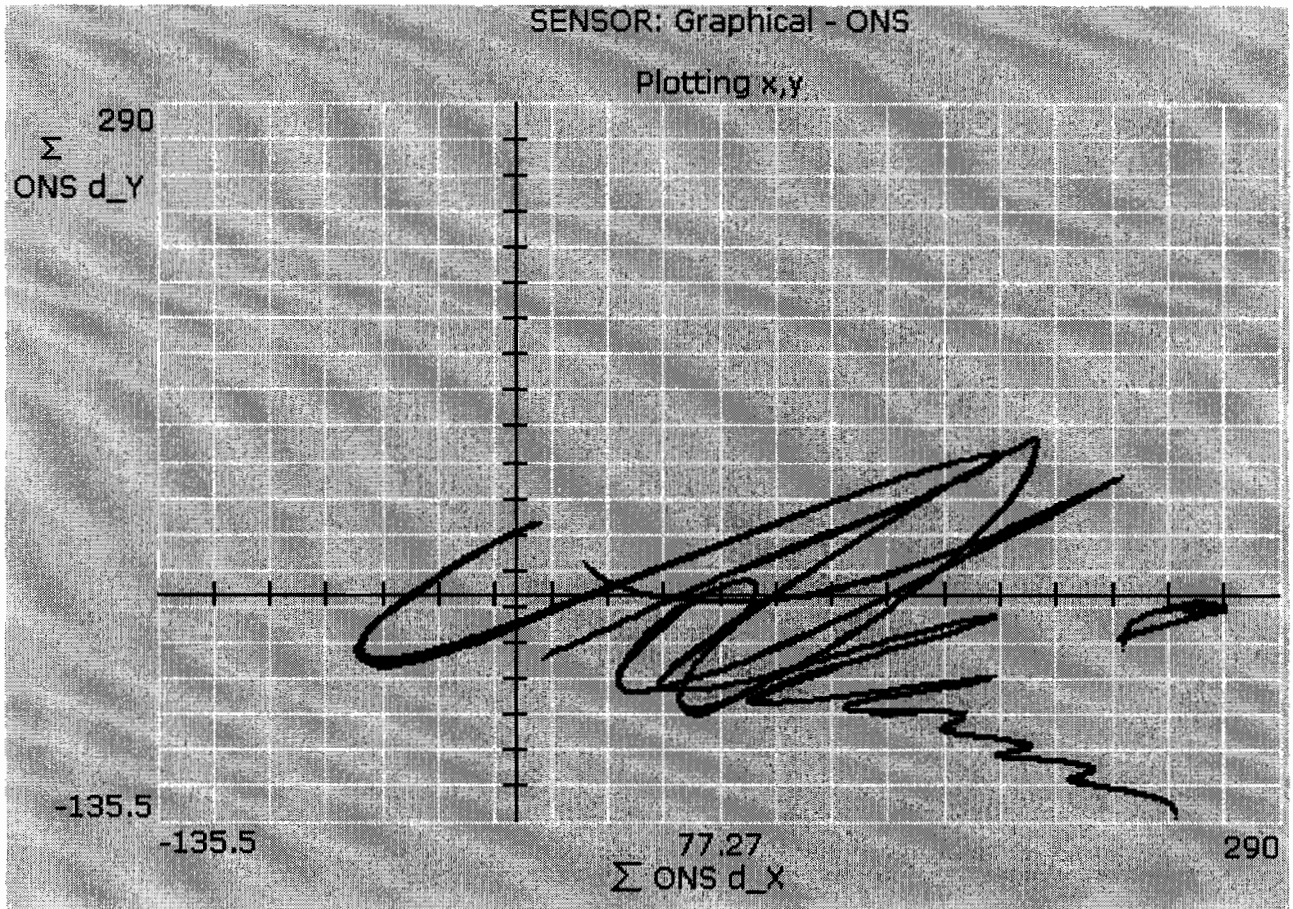


Fig. 8 - Reconstituirea traiectoriei grafice în momentele de contact cu hârtia

24

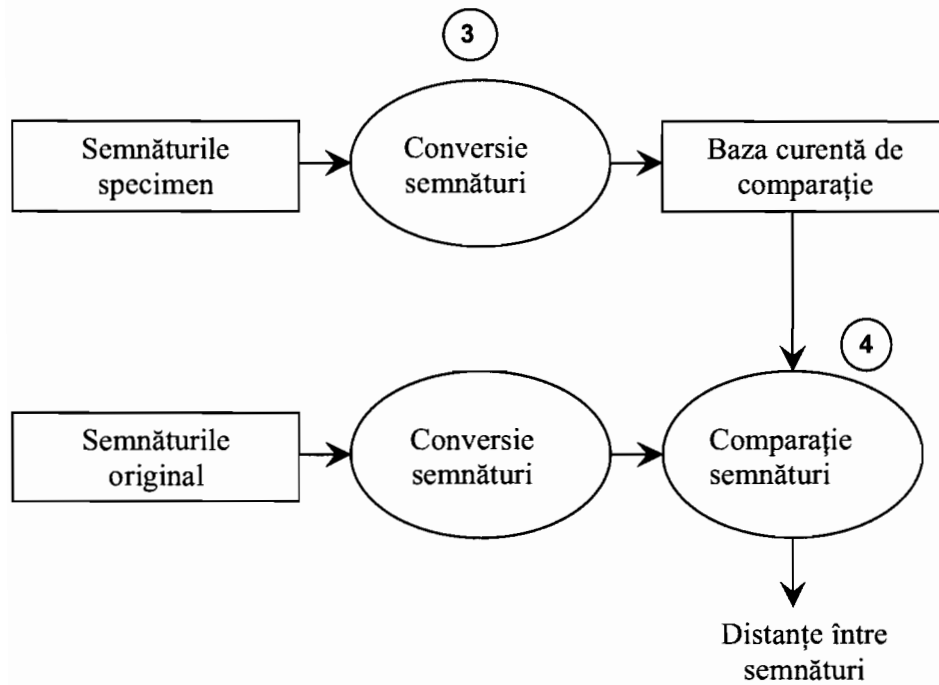


Fig. 9 - Cadrul general de conversie și comparație semnături

Algoritm	Semnale prelucrate						Număr dimensiuni
	a_x	a_y	b_x	b_y	dx	dy	
SRA3					*	*	2
SRA5	*	*	*	*			2
SRA7	*	*	*	*	*	*	6
SRA8	*	*	*	*			4

Fig. 10 – Sinteza algoritmilor de analiză semnătură

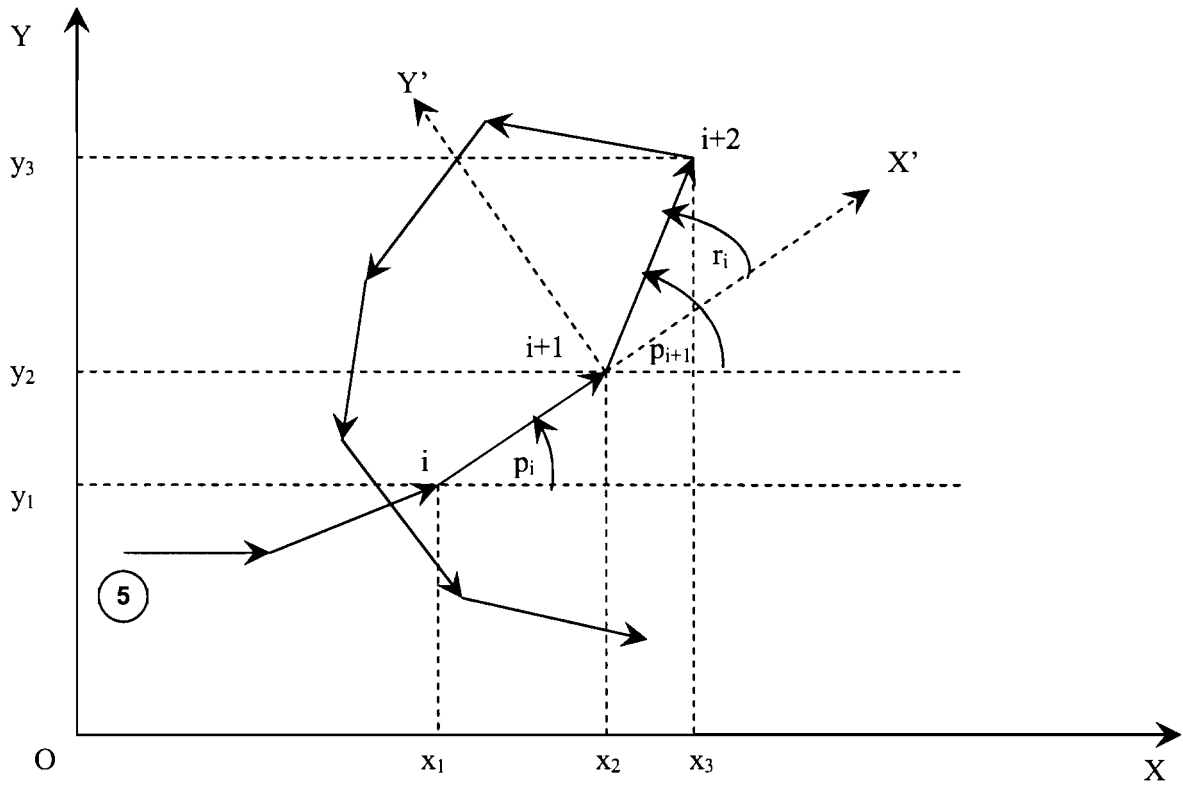


Fig. 11 – Determinarea diferenței de pantă între două segmente consecutive ale unei curbe plane reprezentată prin puncte

RAPORT DE DOCUMENTARE

CBI nr. a 2009 00867	Data de depozit: 26.10.2009	Data de prioritate 26.10.2009
----------------------	-----------------------------	-------------------------------

Titlul invenției	SISTEM ȘI METODĂ PENTRU APRECIEREA AUTENTICITĂȚII SEMNĂTURII OLOGRAFE DINAMICE
------------------	--

Solicitant	SOFTWIN S.R.L., STR. MĂGURICEA NR. 20 BL. 7P AP. 7, SECTOR 1, BUCUREȘTI, RO
------------	---

Clasificarea cererii (Int.Cl.)	G06K11/06; G06F3/03; G06F3/033; G06K9/00
--------------------------------	--

Domenii tehnice cercetate (Int.Cl.)	G06K, G06F
-------------------------------------	------------

Colecții de documente de brevet cercetate	
Baze de date electronice cercetate	ropatent, espacenet, epodoc
Literatură non-brevet cercetată	

Documente considerate a fi relevante		
Categoria	Date de identificare a documentelor citate și, unde este cazul, indicarea pasajelor relevante	Relevant față de revendicarea nr.
A	US7508384 24.03.2009 Zhang Guanglie (CN) G09G5/00 col.3,4,5; rev.1	rev.1
A	US6897854 24.05.2005 Cho Yong Chul (KR) G01B11/02; G01B11/26; G06F3/033 col.3...8; rev.14	rev.2, 4-10
A	US7176906 13.02.2007 Williams Lyndsay (GB) G06F3/033; G06F3/048; G06F3/033 col.6, r.61- col.8,r.7	rev.3

137

Documente considerate a fi relevante - continuare		
Categoria	Date de identificare a documentelor și, unde este cazul, indicarea pasajelor relevante	Relevant față de revendicarea nr
Unitatea invenției (art.19)	Cererea de brevet de invenție nu satisface condiția de unitate a invenției, aceasta conținând mai mult decât o invenție, astfel:	
Observații:		

Data redactării: 12.07.2010

Examinator,
Dumitru Daniela



Litere sau semne, conform ST.14, asociate categoriilor de documente citate	
<p>A - Document care definește stadiul general al tehnicii și care nu este considerat de relevanță particulară;</p> <p>D - Document menționat deja în descrierea cererii de brevet de invenție pentru care este efectuată cercetarea documentară;</p> <p>E - Document de brevet de invenție având o dată de depozit sau de prioritate anterioară datei de depozit a cererii în curs de documentare, dar care a fost publicat la sau după data de depozit a acestei cereri, document al cărui conținut ar constitui un stadiu al tehnicii relevant;</p> <p>L - Document care poate pune în discuție data priorității/lor invocată/e sau care este citat pentru stabilirea datei de publicare a altui document citat sau pentru un motiv special (se va indica motivul);</p> <p>O - Document care se referă la o dezvoltare orală, utilizare, expunere, etc;</p>	<p>P - Document publicat la o dată aflată între data de depozit a cererii și data de prioritate invocată;</p> <p>T - Document publicat ulterior datei de depozit sau datei de prioritate a cererii și care nu este în contradicție cu aceasta, citat pentru mai buna înțelegere a principiului sau teoriei care fundamentează invenția;</p> <p>X - document de relevanță particulară; invenția revendicată nu poate fi considerată nouă sau nu poate fi considerată ca implicând o activitate inventivă, când documentul este luat în considerare singur;</p> <p>Y - document de relevanță particulară; invenția revendicată nu poate fi considerată ca implicând o activitate inventivă, când documentul este combinat cu unul sau mai multe alte documente de aceeași categorie, o astfel de combinație fiind evidentă unei persoane de specialitate;</p> <p>& - document care face parte din aceeași familie de brevete de invenție.</p>