



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

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

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2012** BOPI nr. **4/2012**

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

(73) Titular:  
• **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 DOAMNEI 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**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 7508384 B2; US 6897854 B2**

(54)

## SISTEM ȘI METODĂ PENTRU APRECIEREA AUTENTICITĂȚII SEMNĂTURII OLOGRAFE DINAMICE



# RO 126248 B1

1           Invenția descrie un sistem informatic interactiv și o metodă pentru achiziția și  
procesarea de informații biocinetice asociate semnăturii, în scopul aprecierii autenticității  
3           semnăturii olografe dinamice. Invenția are aplicabilitate în domeniul biometriei compor-  
tamentale, în situațiile pentru care există interesul utilizatorului de a valida exprimarea voinței  
5           proprie prin semnătură olografă.

7           Este general acceptat faptul că în procedurile de validare a identității declarate a unei  
persoane, pe lângă metodele și tehnologiile administrative, informatice, biometric-fiziologice,  
9           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.

11          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  
13          olografe, a unui set de informații dinamice - accelerații, asociate efectuării semnăturii.  
Acestea sunt captate, procesate și comparate de un sistem informatic. Prelevarea  
15          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  
17          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  
19          determină:

21          - momentele de început și de sfârșit ale semnăturii, metodă realizată prin procesarea  
algoritmă 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  
23          produse de interacțiunea subiect/pix/hârtie de scris;

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

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

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

31          Sistemul și metodele din **RO 141297** și **EP 1846868** tratează fenomene cinetice  
spațiale, combinate cu microvibrațiile de contact, prin procesarea accelerațiilor captate cu  
33          senzorii de accelerație MEMS, dar prezintă dezavantajul că nu includ și captura și  
procesarea informației de natură grafică, care combinate cu informația cinetică prin fuziune  
35          senzorială ar crește acuratețea sistemului și calitatea interacțiunii om-mașină. Invenția de  
față își propune să înlătore dezavantajele menționate, prin integrarea, alături de senzorii  
37          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  
39          algoritmă multimodală, grafic și cinetic, a semnalelor captate, cât și pentru realizarea unui  
feedback vizual către utilizator, cu avantaje ce vor fi detaliate în descriere.

41          Brevetul **US 7176906 B2** (Microsoft Corporation) în domeniul interpretării grosimii  
scrisului folosește metode electronice bazate pe principii balistice. Pentru captura  
43          informațiilor se utilizează un pix cu accelerometru/accelerometre. Pentru interpretarea  
informației se utilizează "variația lățimii impulsurilor furnizate de accelerometru sau înclinarea  
45          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,  
47          pentru asocierea informației de grosime a scrisului cu traiectoria pixului, utilizarea de  
dispozitive externe, complexe și scumpe, de tip tabletă grafică. Nu se tratează aspecte  
49          specifice verificării semnăturii.

# RO 126248 B1

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 intergrare 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 cărei 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 păstrarea în clar a specimenelor. Brevetul nu tratează informații de natură grafică, nici în legătură cu instrumentul de scriere, nici în metoda de autentificare.

Brevetul **US 7483018** (Microsoft Corporation) descrie un sistem și o metodă duală de introducere a datelor de natură grafică în computer, de tip pix, în care modelul imprimat 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 preferată 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.

# RO 126248 B1

1 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 mânuiesc unealta  
3 de scris realizează gestică spațială și dinamica asociată producerii semnăturii. În acest  
context, un senzor autoreferențial de navigare optică (ONS), amplasat în pix, cvasiparalel  
5 cu planul de scriere și în apropierea vârfului de scriere, are ca repere de navigare elementele  
cvasiuniform distribuite ale modelului imprimat pe hârtie/suport. Imaginea dinamică a  
7 elementelor model imprimatului este preluată prin intermediul lentilei (L), prin proiecție pe  
aria fotosensibilă a senzorului de navigare optică. Câmpul vizual al lentilei vizează o arie  
9 cvasiconstantă, ce conține suficiente elemente de model imprimat pentru ca senzorul ONS  
să determine deplasările relative (raportat la propriile axe  $x$ ,  $y$ , de coordonate) față de un  
11 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  
13 perioadicitate fixă de ordinul milisecundelor, controlată și sincronizată de microcontrollerul  
din pix, cu captura și conversia analog digitală a semnalelor de accelerație (vezi referința  
15 **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  
17 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  
19 înclinațiile dinamice ale pixului. Morfismul individualizează semnătura în sens biometric.  
Totodată, datorită sincronismului între grafica realizată pe hârtie și captura traiectoriei prin  
21 senzorul ONS, secvențialitatea evenimentelor ce compun cele două reprezentări: urma  
lăsată pe hârtie cu pixul și cea electronică captată de sistem se poate memora electronic,  
23 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  
25 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  
27 model imprimat 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  
29 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  
31 realizării percepției gestic-vizuale de către utilizator, iar în instanța finală, de vizualizare  
caligrafică, sunt tratate ca și segmente ce nu necesită afișare.

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

39 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  
41 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  
43 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  
45 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  
47 față hârtia pe care se efectuează semnătura.



# RO 126248 B1

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 principiul captării variabilelor motrice (acelerații și deplasări relative), prin senzori autoreferențiali integrați în pix (unealta de scriere), emulând astfel integrarea neintruzivă a senzorilor "în subiect".	1
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.	3 5 7 9 11
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.	13
Din punctul de vedere al utilizatorului, rolul integrării în sistem a feedbackului vizual este dual:	15
- favorizează mecanismele cognitive ale percepției 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,	17 19
- ușurează acomodarea utilizatorului cu specificul sistemului, prin mecanismele psihomotricității combinate cu cele ale vizualizării.	21
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.	23 25
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 model imprimat 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;	27 29 31 33 35 37 39
un LED în infraroșu pentru iluminarea modelului imprimat; o lentilă de focalizare și proiecție a imaginii curente a modelului imprimat pe aria de sensibilitate a unui senzor de navigare optică, poziționată astfel încât proiecția imaginii unei regiuni a modelului imprimat 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	41 43 45 47

# RO 126248 B1

1       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  
3       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  
5       calculatorul personal ce găzduiește metodele algoritmice de vizualizare, de reconstituire a  
grosimii scrisului și de procesare și comparare; în scopul prelevării informațiilor din  
7       perspectiva reprezentării psihomotrice și senzoriale a utilizatorului, setul de senzori MEMS  
și senzorul de navigare optică, integrați în unealta de scris mână de om, captând cele 6  
9       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  
11      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  
13      semnalelor,  $ax$ ,  $ay$ ,  $bx$ ,  $by$ ,  $dx$ ,  $dy$ , asociate semnăturilor în vederea aprecierii autenticității  
acestora.

15             Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...11,  
care reprezintă:

- 17             - fig. 1, schema bloc funcțională a sistemului;
- fig. 2, modulele fizice ale sistemului;
- 19             - fig. 3, schema modului de captură a semnăturii - pix;
- fig. 4, schema funcțională a modului de captură a semnăturii - pix;
- 21             - fig. 5, topologia ONS, MEMS A, MEMS B, Mină pix;
- fig. 6, detaliu topologic din modulul pix;
- 23             - fig. 7, reconstituirea traiectoriei totale efectuate de pix;
- fig. 8, reconstituirea traiectoriei grafice în momentele de contact cu hârtia;
- 25             - fig. 9, cadrul general de conversie și comparație semnături;
- fig. 10, sinteza algoritmilor de analiză semnătură;
- 27             - fig. 11, determinarea diferenței de pantă între două segmente consecutive ale unei  
curbe plane reprezentată prin puncte.

29             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  
31      procesare 2, a informațiilor captate de pix, prin metode algoritmice.

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

              Invenția tratează captarea autoreferențială a traiectoriei pixului efectuată de un  
41      senzor de navigare optică, integrat în modulul de tip pix, cât și metoda de afișare grafică a  
traiectoriei pixului în primă instanță și, de afișarea caligrafică a traiectoriei pixului pentru acele  
43      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.  
45      8 se reprezintă reconstituirea caligrafică, cu o grosime variabilă asociată momentelor de  
contact dinamic al minei pixului cu hârtia/suportul de scriere pentru aceeași semnătură.  
47      Reprezentarea electronică, pe monitorul calculatorului personal 2, corespunde aproximativ  
caligrafiei semnăturii produse de mina pixului pe suportul de scriere.

# RO 126248 B1

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.	1 3
Semnalele captate și afișate includ, într-o primă fază a vizualizării pe monitorul calculatorului personal 2, și pasajele de semnătură "în aer", exemplu: 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.	5 7
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.	9 11 13 15
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.	17 19
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 RO 141297 și EP 1846868. În exemplul de realizare a fost utilizat un senzor de navigare optică din familia ADNS (producător 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 modelul imprimat, respectiv, senzorul ONS se află față de hârtia cu model imprimat 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 modelului imprimat, imprimat pe hârtie. Imaginea captată la începutul oricărui ciclu de eșantionare constituie referința momentană, pentru o pereche de valori $dx$ , $dy$ .	21 23 25 27 29 31 33 35
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 (producător Analog Devices). Senzorii MEMS continuă să aibă 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.	37 39 41 43 45

# RO 126248 B1

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

13 Declanșarea ciclului de eşantionare, de durată fixă, este comandată de un  
microcontoller  $\mu$ **CA**, care gestionează eşantionarea sincronă atât a celor patru semnale de  
15 accelerație provenite de la senzorii **MEMS**, cât și a celor două deplasări  $dx$ ,  $dy$ , generate de  
senzorul **ONS**.

17 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**  
19 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  
21 în limitele intervalului ( $d = 5-20$  mm) de menținere a focalizării imaginii modelului imprimat  
**P** prin lentila **L** pe aria fotosensibilă a senzorului **ONS**.

23 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  
25 intermediul microcontoller-ului specializat  $\mu$ **C-USB**, inclus în pix, spre calculatorul **2**, în  
scopul achiziției, vizualizării, procesării și comparării semnăturii. Setul de date de natură  
27 grafică are periodicitate constantă, întrevalele de timp bine determinate asigurând  
sincronismul fenomenologic cu semnalele de accelerație prelevate prin intermediul senzorilor  
29 de accelerație **MEMS A** și **MEMS B**, acestea având la rândul lor periodicitate constantă, de  
exemplu: 1 ms. Planul de scriere/hârtia are imprimat un model imprimat **P**, cu distribuție  
31 cvasiuniformă. Rolul acestui model imprimat este acela de a fi sursa reperelor statice  
necesare senzorului **ONS** pentru calculul perechii de valori  $dx$ ,  $dy$ , ce exprimă deplasarea  
33 relativă a senzorului **ONS**, efectuată pe durata dintre două citiri succesive. În final, la ieșirea  
modulului pix **1**, unui ciclu de eşantionare îi corespund șase semnale, transmise în protocol  
35 USB spre calculatorul **2**, respectiv, patru semnale de accelerație:  $a_x(n)$  - semnalul digitizat  
generat de **MEMS A** pe direcția  $x$  a punctului **A**,  $a_y(n)$  - semnalul digitizat generat de **MEMS**  
37 **A** pe direcția  $y$  a punctului **A**,  $b_x(n)$  - semnalul digitizat generat de **MEMS B** pe direcția  $x$  a  
punctului **B**,  $b_y(n)$  - semnalul digitizat generat de **MEMS B** pe direcția  $y$  a punctului **B** și două  
39 de deplasare:  $d_x(n)$  - semnalul generat de **ONS** pe direcția  $x$ ,  $d_y(n)$  - semnalul generat de  
**ONS** pe direcția  $y$ . Direcțiile  $x$ ,  $y$ , corespund axelor interne ale senzorilor **MEMS** și **ONS**.

41 Sistemul realizează următoarele funcționalități specifice:

43 - 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  
45 un model imprimat 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  
47 informația de natură grafică ce este exploatată de sistem în metodele algoritmice de decizie

# RO 126248 B1

asupra autenticității semnăturii cât și producerea de către sistem a feedback-ului vizual, afișat 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 afișate 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 de fapt 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:

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

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



# RO 126248 B1

1 Mărimea rezultată  $\left(m(n) = \frac{v_x(n) + v_y(n)}{2}\right)$  prin medierea aritmetică a celor două valori  
efective,  $v_x(n)$  și  $v_y(n)$ , este cea care conține informația utilizată în reconstituirea grosimii  
3 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.  
5 Valorile  $a$  și  $b$  au fost determinate pe cale experimentală.

În etapa patru se determină cazul în care se elimină din reprezentarea grafică inițială  
7 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,  
9 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

11 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  
13 **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  
15 suportul de scriere.

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

19 Acestea prelucrează semnalele produse de pix. Pentru a descrie algoritmi de  
prelucrare, se notează semnalele generate de pix astfel:

- 21 -  $a_x$ : semnalul generat de MEMS **A** pe direcția  $x$  a punctului **A**;
- $a_y$ : semnalul generat de MEMS **A** pe direcția  $y$  a punctului **A**;
- 23 -  $b_x$ : semnalul generat de MEMS **B** pe direcția  $x$  a punctului **B**;
- $b_y$ : semnalul generat de MEMS **B** pe direcția  $y$  a punctului **B**;
- 25 -  $d_x$ : semnalul generat de ONS pe direcția  $x$ ;
- $d_y$ : semnalul generat de ONS pe direcția  $y$ .

27 Fiecare semnal este de fapt un vector de eşantioane reprezentat sub forma unor  
numere întregi. Acest vector este o reprezentare numerică a unei forme de undă. Toți vectorii  
29 unei semnături date au aceeași lungime (același număr de eşantioane).

Aceste patru metode se bazează pe următoarele principii comune:

31 Fiecare metodă conține două module (vezi fig. 9).

Modulul de prelucrare a datelor de intrare. Printr-o serie de operații, din datele de  
33 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  
35 (original sau fals) ce urmează a fi recunoscute. Vom numi ansamblul acestor operații Metoda  
de conversie semnături **3**.

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

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

41 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:

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

# RO 126248 B1

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 determinând-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 șase dimensiuni iar SRA8 lucrează cu curbe reprezentate într-un spațiu cu patru 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  $d_x$ ,  $d_y$ .

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 arctangentă.)

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 ar avea centrul în punctul  $T_{i+1}$ . Se numerotează 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 întregă.)

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 ar avea centrul în punctul  $T_{i+1}$ . Se numerotează aceste sectoare începând de la axa  $BX'$ . Vom avea:

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

# RO 126248 B1

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

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

$$3 \quad c_i = c_r * S_a + ca_i$$

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

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

7 A doua etapă este o etapă de ponderare a invarianților.

Deoarece un invariant este definit pe baza a 3 puncte consecutive de pe curbă  $T_i,$

9  $T_{i+1}, T_{i+2}$ , se va considera „lungimea invariantului”  $L_i (i = 1, 2, \dots, n-2)$  ca fiind:

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

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

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

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

$$15 \quad w_i = L_i / L_t$$

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

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

19 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.

25 Se descrie acum metoda SRA7 de lucru cu curbe într-un spațiu cu șase dimensiuni. Prima etapă constă în conversia semnalelor în invarianți.

27 Considerăm o curbă dată prin puncte într-un spațiu cu șase 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:

$$\begin{aligned} 31 \quad T_i &: (u_{i,0}, u_{i,1}, u_{i,2}, u_{i,3}, u_{i,4}, u_{i,5}) \\ T_{i+1} &: (u_{i+1,0}, u_{i+1,1}, u_{i+1,2}, u_{i+1,3}, u_{i+1,4}, u_{i+1,5}) \\ T_{i+2} &: (u_{i+2,0}, u_{i+2,1}, u_{i+2,2}, u_{i+2,3}, u_{i+2,4}, u_{i+2,5}) \end{aligned}$$

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

35 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  $d_y$ .

37 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:

$$\begin{aligned} 39 \quad S_1 &= (u_{i+1,0} - u_{i,0}) * (u_{i+2,0} - u_{i+1,0}) + \\ & (u_{i+1,1} - u_{i,1}) * (u_{i+2,1} - u_{i+1,1}) + \\ 41 \quad & (u_{i+1,2} - u_{i,2}) * (u_{i+2,2} - u_{i+1,2}) + \\ & (u_{i+1,3} - u_{i,3}) * (u_{i+2,3} - u_{i+1,3}) + \\ 43 \quad & (u_{i+1,4} - u_{i,4}) * (u_{i+2,4} - u_{i+1,4}) + \\ & (u_{i+1,5} - u_{i,5}) * (u_{i+2,5} - u_{i+1,5}) \end{aligned}$$

# RO 126248 B1

$$s_2^2 = ((u_{i+1,0} - u_{i,0})^2 + (u_{i+1,1} - u_{i,1})^2 + (u_{i+1,2} - u_{i,2})^2 + (u_{i+1,3} - u_{i,3})^2 + (u_{i+1,4} - u_{i,4})^2 + (u_{i+1,5} - u_{i,5})^2) * ((u_{i+2,0} - u_{i+1,0})^2 + (u_{i+2,1} - u_{i+1,1})^2 + (u_{i+2,2} - u_{i+1,2})^2 + (u_{i+2,3} - u_{i+1,3})^2 + (u_{i+2,4} - u_{i+1,4})^2 + (u_{i+2,5} - u_{i+1,5})^2)$$

Dacă  $s_2 \neq 0$  și  $s_1 \geq 0$ , atunci  $p_1 = \arccos(s_1 / \sqrt{s_2})$ . 5

Dacă  $s_2 \neq 0$  și  $s_1 < 0$  atunci  $p_1 = \pi + \arccos(s_1 / \sqrt{s_2})$ .

Dacă  $s_2 = 0$  atunci  $p_1 = 0$ . 7

Determinăm acum codul  $c_i$  al invariantului  $i$

$$c_i = p_i / (2 * \pi / S_r)$$
 9

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

A doua etapă este o etapă de ponderare a invariantilor. 11

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: 13

$$L_i = \sqrt{(u_{i+1,0} - u_{i,0})^2 + (u_{i+1,1} - u_{i,1})^2 + (u_{i+1,2} - u_{i,2})^2 + (u_{i+1,3} - u_{i,3})^2 + (u_{i+1,4} - u_{i,4})^2 + (u_{i+1,5} - u_{i,5})^2} + \sqrt{(u_{i+2,0} - u_{i+1,0})^2 + (u_{i+2,1} - u_{i+1,1})^2 + (u_{i+2,2} - u_{i+1,2})^2 + (u_{i+2,3} - u_{i+1,3})^2 + (u_{i+2,4} - u_{i+1,4})^2 + (u_{i+2,5} - u_{i+1,5})^2}$$
 15

Definim  $L_t$  ca fiind o lungime totală de referință și o calculăm astfel: 17

$$L_t = \sum_{i=1}^{i=n-2} L_i$$
 19

Se stabilește acum ponderea  $w_i$  a fiecărui invariant ca fiind raportul între lungimea  $L_i$  a invariantului și lungimea de referință  $L_t$ : 21

$$W_i = L_i / L_t$$
 23

Fiecare invariant va fi reprezentat deci prin perechea  $(c_i, w_i)$  care pot fi împachetate într-un singur cod  $C_i$  sub forma: 25

$$C_i = c_i + w_i * S$$

unde  $S$  e o valoare mai mare decât cel mai mare  $c_i$  (de exemplu se ia  $S = 32768$ ). 27

Metoda SRA8 este analogă cu metoda SRA7 dar lucrează doar în patru dimensiuni date de  $a_x, a_y, b_x, b_y$ . 29

Prin metodele SRA3, SRA5, SRA7, SRA8, semnalele de intrare se traduc în șiruri de invarianti, fiecare invariant având o anumită pondere (cost). A compara două semnături, în funcție de algoritmul respectiv, înseamnă a afla distanța între două șiruri de simboluri, aparținând celor două semnături care se compară. Pentru a calcula această distanță 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: 31 33 35

$$d = 1 - \frac{D}{\sum_i cost_i + \sum_j cost_j}$$
 37

unde  $cost_i = w_i$ , și  $cost_j = w_j$ , reprezintă costurile invariantilor celor două componente. 39

## Revendicări

1  
3  
5  
7  
9  
11  
13  
15  
17  
19  
21  
23  
25  
27  
29  
31  
33  
35  
37  
39  
41  
43  
45  
47  
49

1. Sistem pentru aprecierea autenticității semnăturii olografice dinamice prin 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 model imprimat 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 ( $d_x$ ,  $d_y$ ), ca deplasări momentane necesare reconstituirii traiectoriei pixului, și care împreună cu informațiile de natură cinetică ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $b_x$ ,  $b_y$ ) 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 modelului imprimat,
- o lentilă (L) de focalizare și proiecție a imaginii curente a modelului imprimat pe aria de sensibilitate a unui senzor de navigare optică (ONS), poziționată astfel încât proiecția imaginii unei regiuni a modelului imprimat 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 microcontrolerul de achiziție ( $\mu$ CA) 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 reprodușă grafic pe monitorul calculatorului (2);



# RO 126248 B1

- 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 segmentelor 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 segmentelor 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.

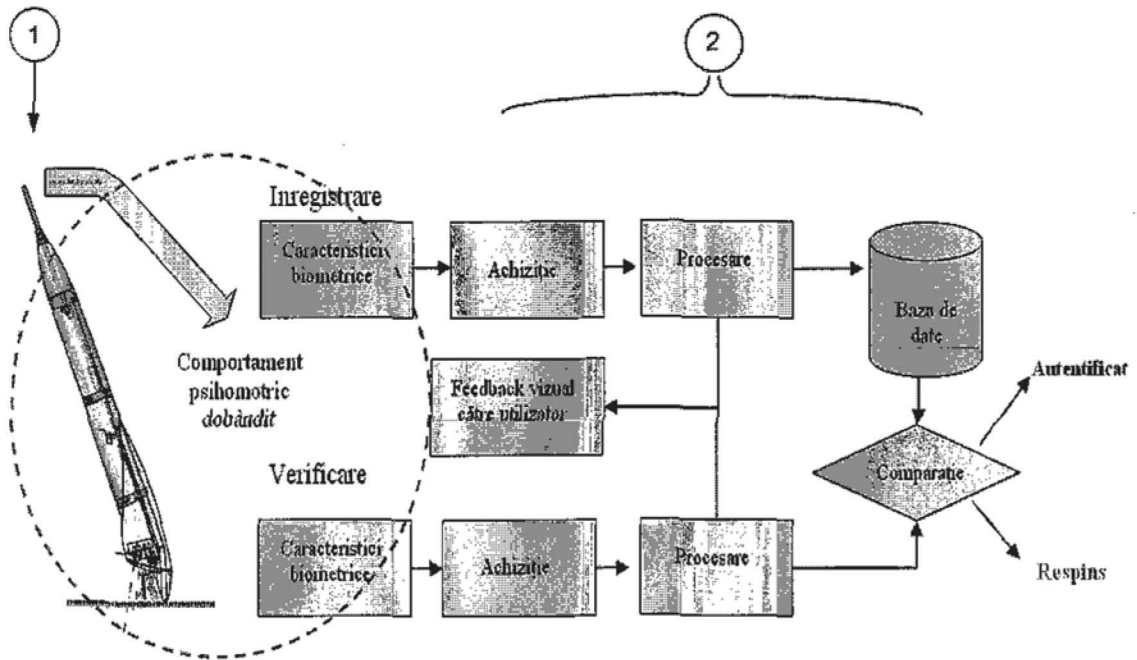


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01),

G06F 3/033 (2006.01)

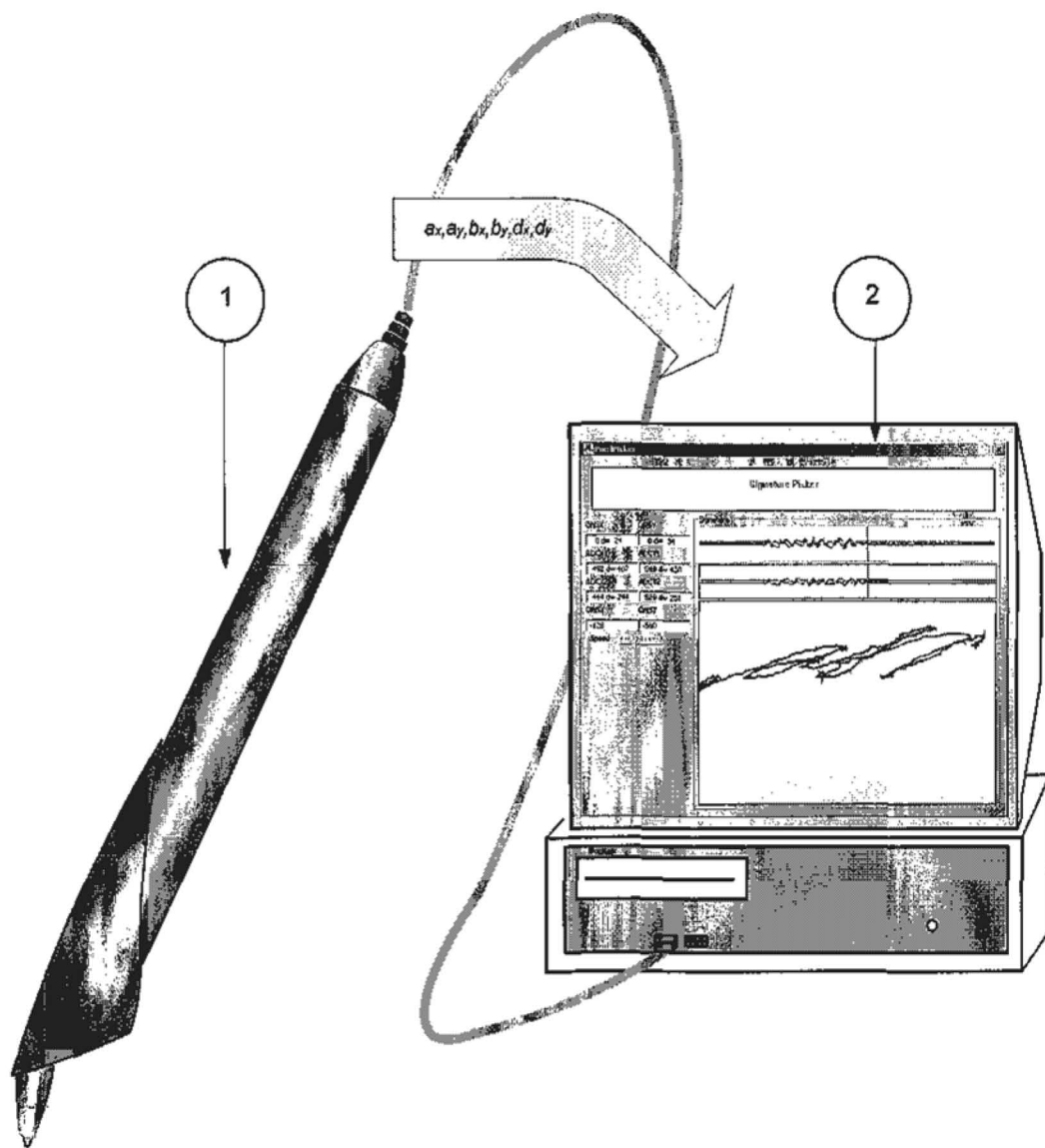


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01),

G06F 3/033 (2006.01)

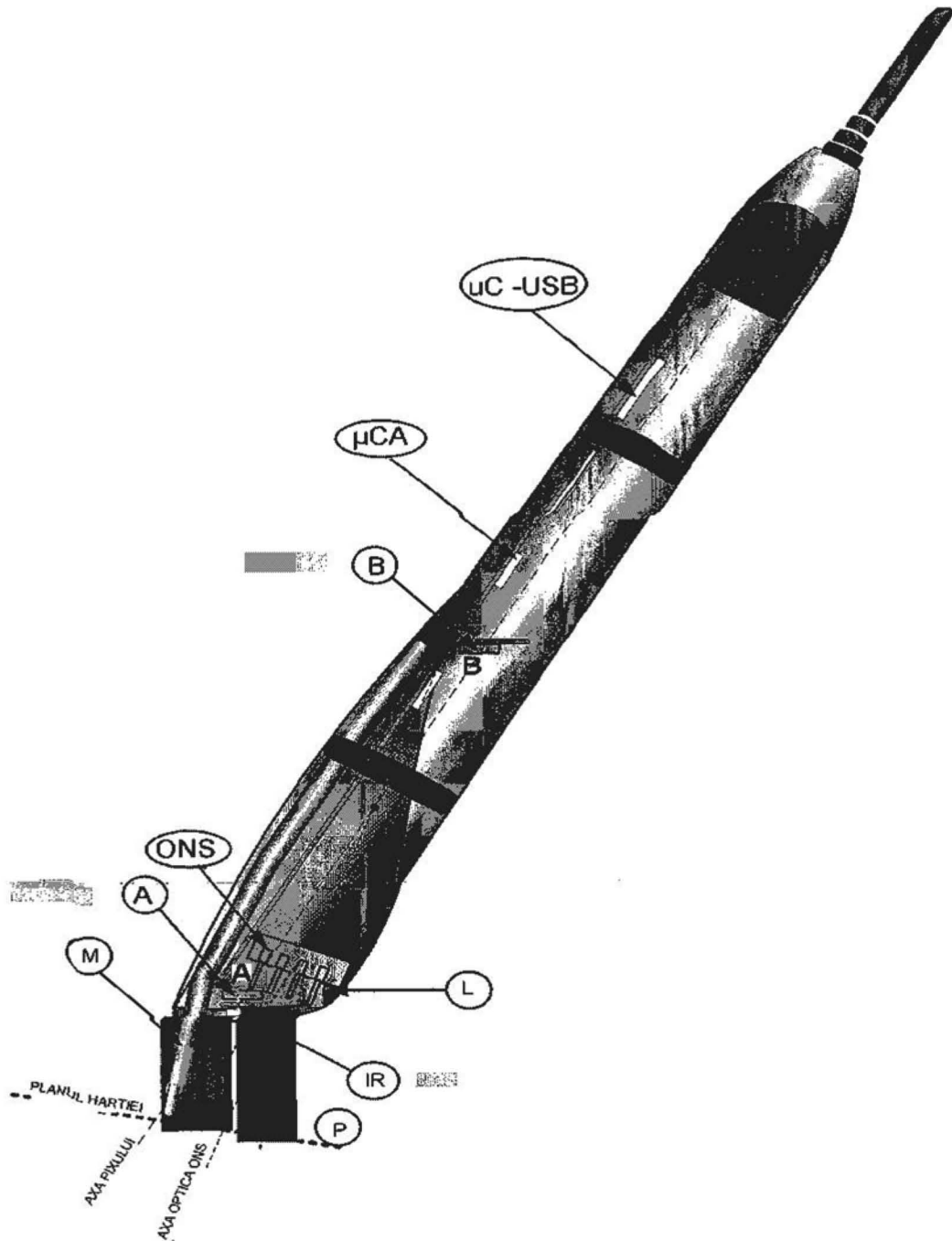


Fig. 3

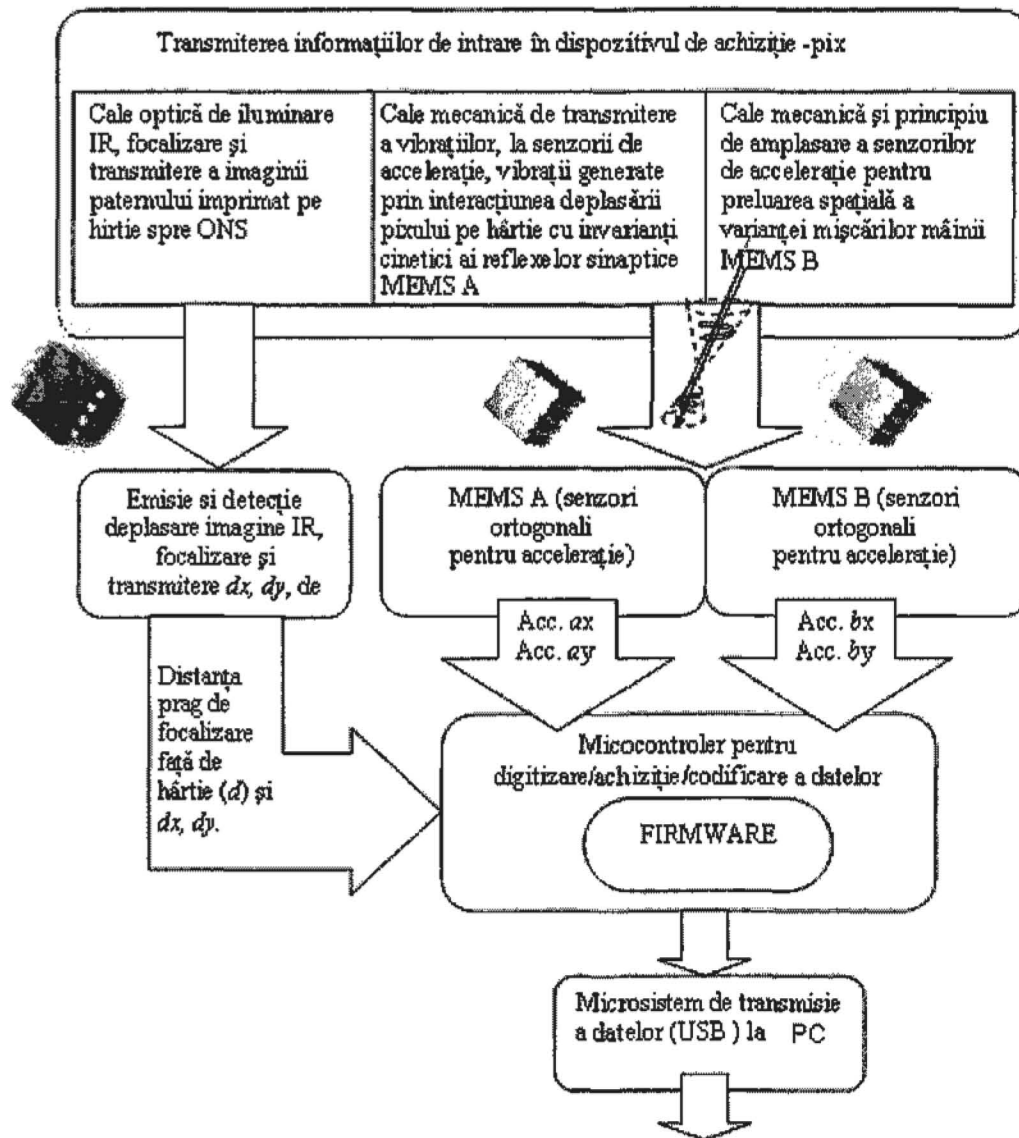


Fig. 4



(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01);

G06F 3/033 (2006.01)

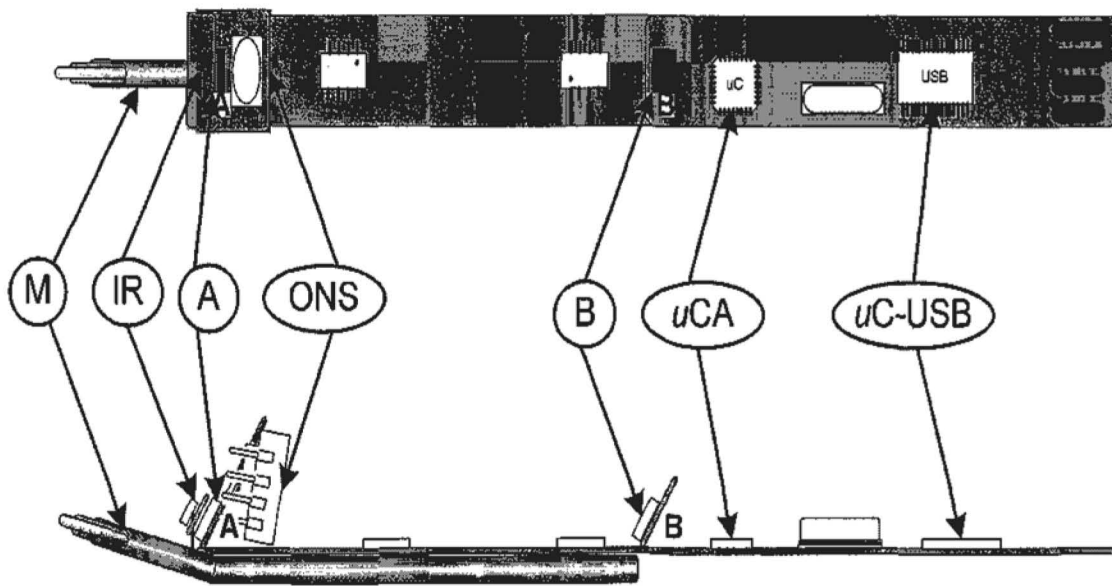


Fig. 5

(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01),

G06F 3/033 (2006.01)

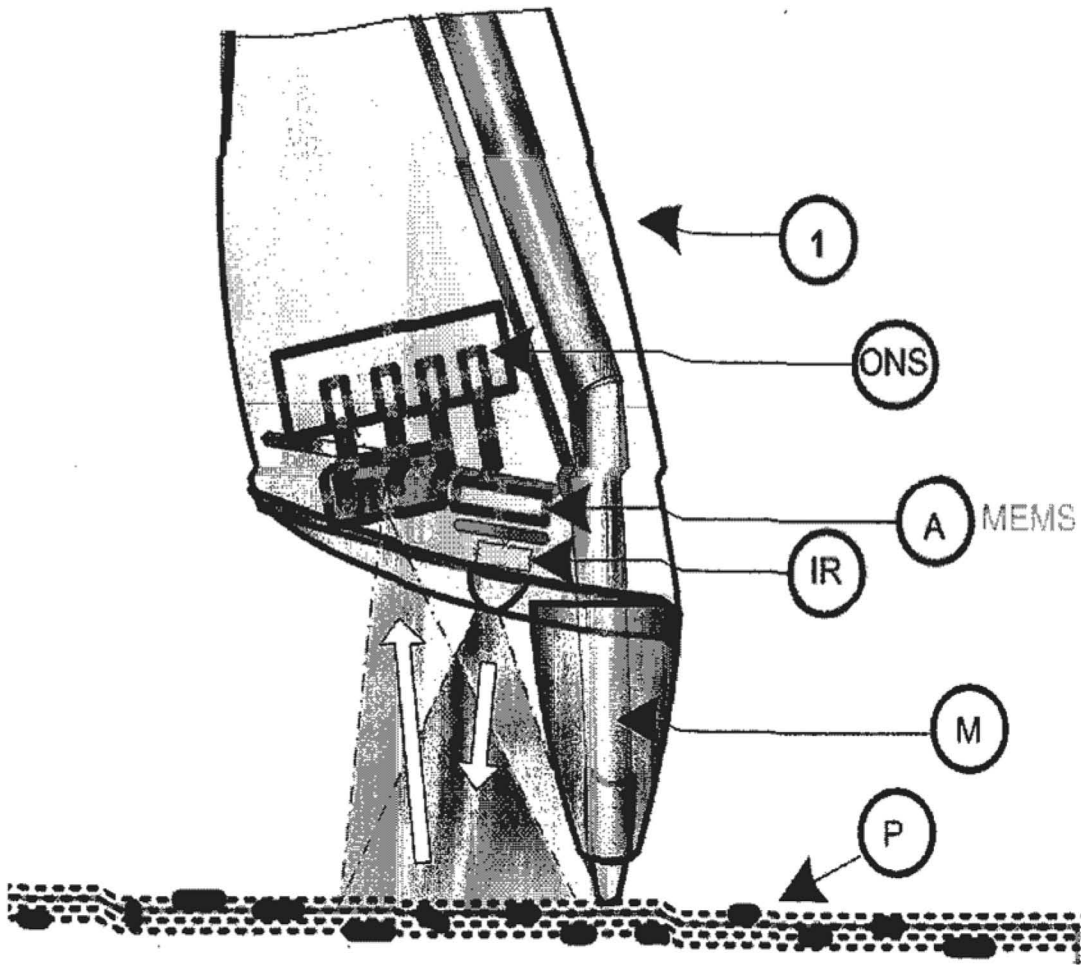


Fig. 6

(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01),

G06F 3/033 (2006.01)

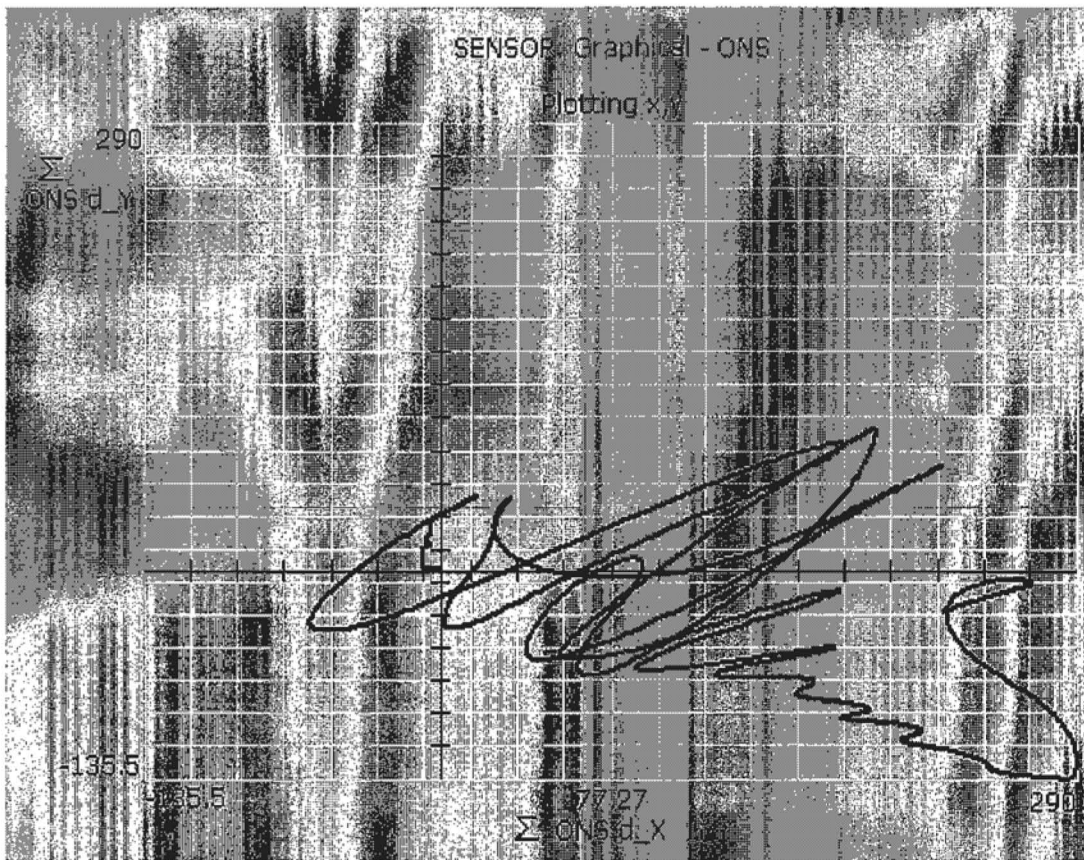


Fig. 7

(51) Int.Cl.

G06K 11/06 (2006.01),

G06F 3/033 (2006.01)



Fig. 8

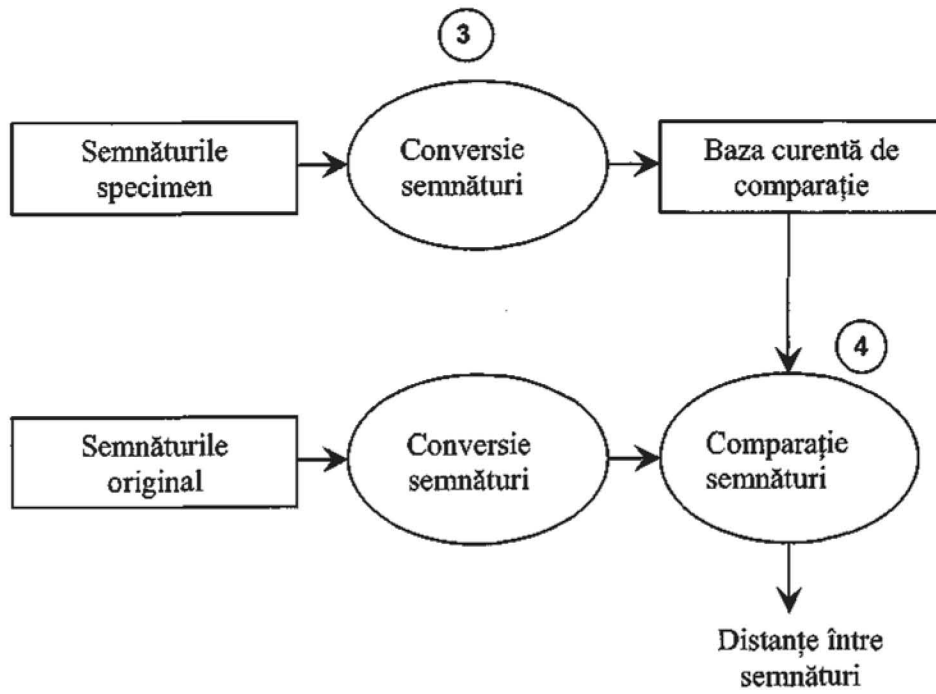


Fig. 9



(51) Int.Cl.

**G06K 11/06** (2006.01),

**G06F 3/033** (2006.01)

Algoritm	Semnale prelucrate						Număr dimensiuni
	$a_x$	$a_y$	$b_x$	$b_y$	$\dot{a}_x$	$\dot{a}_y$	
SRA3					*	*	2
SRA5	*	*	*	*			2
SRA7	*	*	*	*	*	*	6
SRA8	*	*	*	*			4

Fig. 10

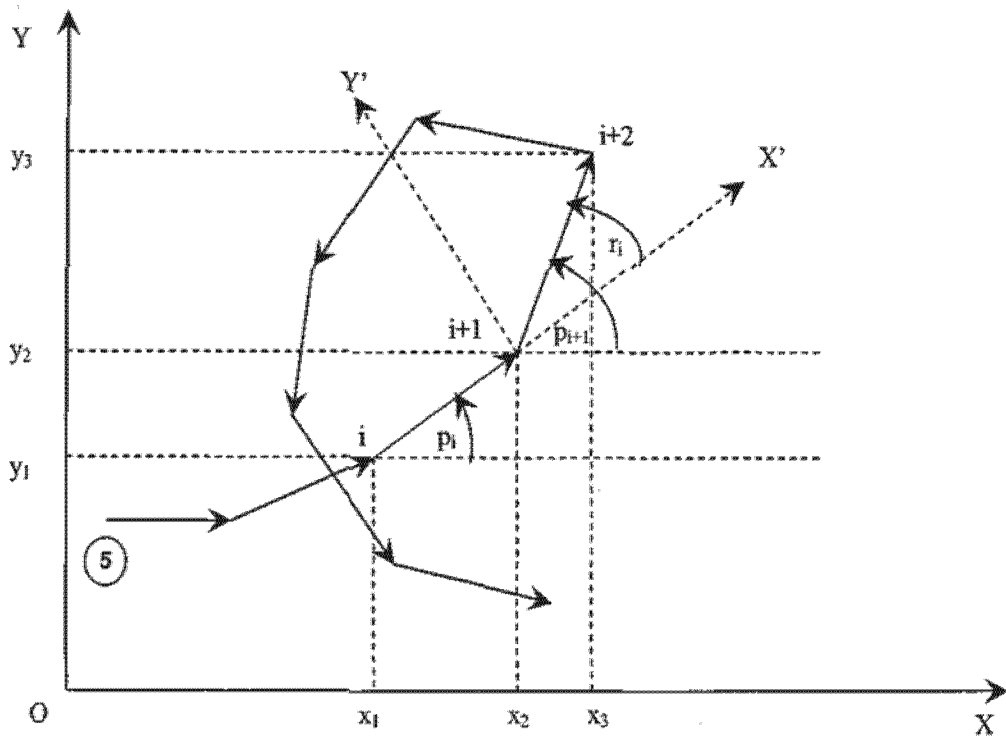


Fig. 11

