



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00666

(22) Data de depozit: 14.07.2011

(41) Data publicării cererii:  
28.02.2013 BOPI nr. 2/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN  
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI  
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• POPESCU DIANA, STR. MĂGURICEA  
NR. 1, BL. 3F, SC. 1, ET. 1, AP. 4,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• AMZA CĂTĂLIN GHEORGHE,  
STR. PICTOR MIRCEA G. DEMETRESCU  
NR. 14, AP. 1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• LAPTOIU DAN CONSTANTIN,  
STR. N. CONSTANTINESCU NR. 5, BL. 14,  
SC. D, ET. 4, AP. 57, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• AMZA GHEORGHE,  
STR. PICTOR MIREA G. DEMETRESCU  
NR. 14, AP. 1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• SEMENESCU AUGUSTIN,  
ȘOS. BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE 22 T, A14,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• ANTONIAC VASILE IULIAN,  
ALEEA BUTEICA EMANOIL MARIUS NR. 2,  
BL. 68, SC. 2, ET. 2, AP. 64, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• CICIC DUMITRU TITI, STR. DREPTĂȚII  
NR.8, BL.02, SC.3, AP.105, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **METODĂ ȘI SISTEM INTELIGENT BAZAT PE RAZE X  
PENTRU INSTRUIREA CHIRURGILOR ÎN INSERAREA  
ȘURUBURILOR PEDICULARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un sistem inteligent, bazat pe raze X, pentru instruirea chirurgilor în inserarea de șuruburi pediculare în coloana vertebrală. Metoda conform invenției presupune utilizarea unor vertebre din poliuretan drept modele de lucru, și parcurgerea următoarelor etape: identificarea pe vertebră a punctului de intrare pentru șurubul pedicular, și alegerea diametrului și a lungimii acestuia, găurirea vertebrei și inserarea șurubului, achiziția și procesarea imaginii cu raze X, determinarea valorii deviației traiectoriei de inserare față de axa pediculului, și încadrarea sau nu în zona de siguranță, cu ajutorul calculatorului, utilizând un soft special, bazat pe un algoritm care folosește o rețea neuronală Hopfield, pentru segmentarea imaginii și afișarea valorii deviației și a mesajelor de evaluare corespunzătoare. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un set de vertebre-test (1) din poliuretan (A), un aparat de roentgenografie (B) pentru achiziția imaginilor cu raze X, și o unitate de calcul (C) cu soft special de prelucrare a imaginilor, pentru segmentarea acestora prin aplicarea unui algoritm

bazat pe o rețea neuronală Hopfield (cu extragerea automată a imaginii șurubului pedicular ca obiect separat, urmată de calculul atributelor principale ale imaginii obținute), unitatea de calcul (C) având un subsistem (S1) de achiziție a imaginii, un subsistem (S2) de preprocesare a imaginii, un subsistem (S3) de segmentare a imaginii, un subsistem (S4) de detecție la nivel înalt și o bază de date/cunoștințe (S5).

Revendicări: 2  
Figuri: 4

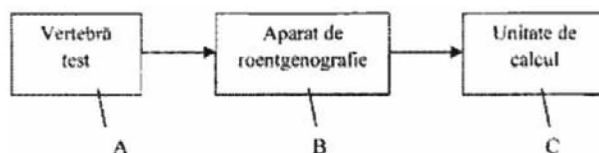


Fig. 2



## Metodă și sistem inteligent bazat pe raze X pentru instruirea chirurgilor în inserarea șuruburilor pediculare

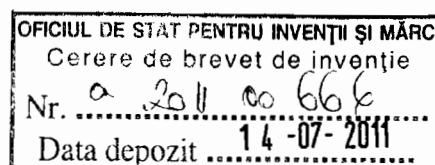
Invenția se referă la o metodă și un sistem inteligent bazat pe raze X pentru instruirea chirurgilor în inserarea de șuruburi pediculare în coloana vertebrală.

Stabilizarea posterioară a coloanei vertebrale este necesară în anumite tipuri de patologii (traumatice – fracturi, degenerative – spondilolistezis etc.) și are în vedere fixarea vertebrelor cu diferite sisteme de șuruburi și tije. Experiența clinică și studiile biomecanice recomandă ca inserarea șuruburilor în pediculii vertebrelor să se facă de-a lungul axei acestora, ceea ce impune o tehnică chirurgicală precisă, bazată pe studiul preoperator al imaginilor plane obținute prin tehnici imagistice (radiografie, tomografie computerizată, rezonanță magnetică). În acest scop, în cadrul protocolului de planificare preoperatorie, se analizează calitatea osului, anatomia și orientarea pediculilor, se stabilesc punctul de intrare al șurubului în vertebră, precum și tipul și dimensiunile șuruburilor (diametru și lungime). De asemenea, orientativ sunt luate în considerare și diferite seturi de date morfometrice, care oferă informații despre valorile medii ale diferiților parametri geometrici ai vertebrelor.

Datele imagistice din plan sagital și transvers permit determinarea geometriei vertebrei, a dimensiunilor principale ale pediculilor și a unghiului de inserare, pentru fiecare nivel vertebral ce urmează a fi fixat și stabilizat. În timpul operației chirurgul reface mental modelul tridimensional al vertebrei pentru a putea transpune unghiul de înclinare corespunzător al burghiului și pentru a realiza astfel o inserare corectă a șurubului. Procedura este complicată având în vedere forma geometrică neregulată și specifică fiecărui pacient, dimensiunea redusă a pediculilor, orientarea lor spațială diferită, dar mai ales apropierea de zonele neurale. În pofida utilizării intraoperative a radiografiei simple, a fluoroscopiei sau a altor tehnici moderne de imagistică medicală, literatura raportează aproximativ 6.3-11% inserări greșite a șuruburilor pediculare [Youkilis et al., *Stereotactic navigation for placement of pedicle screws in the thoracic spine. Neurosurgery*, 48:771–8, 2001], [Amiot, L.P. et al., *Comparative Results Between Conventional and Computer Assisted Pedicle Screw Installation in the Thoracic, Lumbar, and Sacral Spine. Spine*, 25:606–14, 2000].

Studiile în domeniu prezintă clasificări referitoare la precizia de inserare a șuruburilor pediculare (exprimată în grade sau scoruri), bazate pe studii clinice ale zonei de siguranță [Zdichavsky, M., et al. *Accuracy of pedicle screw placement in thoracic spine Fractures. Part I inter- and intraobserver reliability of the scoring system. Eur J Trauma*, 30: 234-240, 2004], [Lien, S.B. et al. *Analysis of anatomic morphometry of the pedicles and the safe zone for through-pedicle procedures in the thoracic and lumbar spine. Eur Spine J*, 16:1215–1222, 2007], [Mirza, S.K., et al., *Accuracy of Thoracic Vertebral Body Screw Placement Using Standard Fluoroscopy, Fluoroscopic Image Guidance, and Computed Tomographic Image Guidance: A Cadaver Study, Spine*. 28: 402-413, 2003]. Astfel, se consideră acceptabilă o penetrare de 2 mm a peretelui lateral vertebrei, în timp ce o penetrare mai mare de 4 mm necesită re poziționarea șurubului.

În literatura științifică și de brevete sunt prezentate diferite soluții pentru îmbunătățirea preciziei de inserare a șuruburilor pediculare utilizând dispozitive de ghidare personalizate pentru fiecare pacient [Van Brussel K, Vander Sloten J, Van Audekercke R et al, *Medical image based design of an individualized surgical guide for pedicle screw insertion, Proceedings 18th Annual Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: "Bridging Disciplines for Biomedicine" 1 (1) pp.225-226, IEEE, 1997*], [Lu, S. et al., *Rapid Prototyping drill guide template for lumbar pedicle screw placement, Chinese Journal of Traumatology*, 12(3). pp.171-177, 2009], [Bibb, R., et al., *Rapid manufacture of custom-fitting surgical guides, Rapid Prototyping Journal*, 15/5 (2009) 346–354], diferite metode imagistice intra-operatorii [Amato, V. et al., *Accuracy of pedicle screw placement in the lumbosacral spine using*



conventional technique: computed tomography postoperative assessment in 102 consecutive patients. *J Neurosurg Spine*, 12(3):306-13, 2010], [Bledsoe, J.M., et al., Accuracy of upper thoracic pedicle screw placement using three-dimensional image guidance, *The Spine Journal*, 9, pp.817-821, 2009], [Chatrath, V., et al., Pedicle Screw Placement Using Computer Assisted Navigation, *J.Orthopaedics*, 5(3), 12, ISSN 0972-978X, 2008], [Fu, T-S., et al., Pedicle screw insertion: computed tomography versus fluoroscopic image guidance, *International Orthopaedics (SICOT)*, 32: 517-521, 2008] sau soluții bazate pe utilizarea roboți medicali [Pechlivanis, I. et al., Percutaneous Placement of Pedicle Screws in the Lumbar Spine Using a Bone Mounted Miniature Robotic System, *Spine*, volume 34, number 4, pp. 392-398, 2009], [Sukovich, W. et al., Miniature robotic guidance for pedicle screw placement in posterior spinal fusion: early clinical experience with the SpineAssist, *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, *Int J Med Robotics Comput Assist Surg*, 2006; 2: 114-122].

Totodată literatura prezintă studii care demonstrează importanța realizării de către chirurgia începători a cât mai multor operații de stabilizare a coloanei prin inserarea de șuruburi pediculare. alături de chirurghi experimentați [Gonzalvo, A., *The Learning Curve of Pedicle Screw Placement: How Many Screws Are Enough? Spine: 1 October*, vol.34, issue 21 2009], [Wang, V.Y. et al., Free-hand thoracic pedicle screws placed by neurosurgery residents: a CT analysis. *Eur Spine J.*, May; 19(5), p:821-827, 2010].

În acest context, invenția are în vedere o îmbunătățire a abilităților de corelare a imaginilor radiologice plane cu modelul fizic real al vertebrei și de transpunere a unghiului corect de inserare a șurubului în vertebre.

În prezent este cunoscut un sistem asistat de computer pentru instruirea chirurgilor începători [Fang, J.J., *A computer-aided training system for pedicle screw implantation, International Congress Series, Volume 1281, May 2005, Pp. 661-666: Computer Assisted Radiology and Surgery*]. Metoda de instruire utilizează un model artificial de coloană vertebrală în care un chirurg senior trasează niște referințe standard pentru inserarea șuruburilor și stabilește zona de siguranță, iar chirurgia începători, cu ajutorul unui digitizor 3D, încearcă virtual să se apropie cât mai mult de traiectoria instructorului. Evaluarea preciziei de inserare se face prin compararea imaginilor radiologice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în asigurarea unui mijloc tehnic eficient de corectare a poziției de inserare a șuruburilor chirurgicale în pediculii vertebrelor care să scurteze timpul de instruire a chirurgilor pentru astfel de operații.

Metoda și sistemul inteligent bazat pe raze X pentru instruirea chirurgilor în inserarea șuruburilor pediculare, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că, metoda de instruire presupune utilizarea unor vertebre din poliuretan drept modele de lucru și parcurgerea etapelor de: - identificare pe vertebră a punctului de intrare pentru șurubul pedicular și alegerea diametrului și a lungimii acestuia, - găurire a vertebrei și inserarea șurubului, - achiziție, procesare a imaginii roentnografice, - determinare a valorii deviației traiectoriei de inserare față de axa pediculului și încadrarea sau nu în zona de siguranță. cu calculatorul, utilizând un program software special bazat pe un algoritm care folosește o rețea neuronală Hopfield pentru segmentarea imaginii; - afișarea valorii deviației și a mesajelor de evaluare corespunzătoare, iar sistemul inteligent de instruire cuprinde: - un set de vertebre din poliuretan, un aparat de roentgenografie, pentru achiziția imaginilor cu raze X și o unitate de calcul cu program software special de prelucrare a imaginilor roentgenografice prin segmentarea acestora prin aplicarea unui algoritm de tip rețea neuronală Hopfield, cu extragerea automată a imaginii șurubului pedicular ca obiect separat, urmată de calculul atributelor principale ale imaginii obținute (diametru șurub, traiectorie de inserare). Informațiile astfel extrase sunt utilizate pentru determinarea automată a deviației traiectoriei șurubului față de axa pediculului, considerată drept traiectorie ideală, în scopul evaluării preciziei de inserare.

Conform metodei descrise în invenției, vertebrele de lucru pot avea dimensiuni și geometrie diferită a pediculilor, așa cum este cazul în operațiile reale.

Metoda și sistemul pentru instruirea chirurgilor în inserarea de șuruburi pediculare în coloana vertebrală, conform invenției, prezintă avantajul că prin folosirea de algoritmi inteligenți pentru recunoașterea imaginii și pentru extragerea automată a anumitor caracteristici și a comparării lor automate cu valorile ideale înregistrate într-o bază de cunoștințe, se simplifică și se scurtează timpul de instruire a chirurgilor în inserarea de șuruburi pediculare în coloana vertebrală; mai mult decât atât, sistemul de instruire din invenție permite stabilirea automată a zonei de siguranță în funcție de caracteristicile extrase.

Invenția îmbunătățește curba de instruire specifică acestui tip de operație, permițând evaluarea automată a deviației dintre traiectoria ideală, considerată a fi de-a lungul axei pediculului, și traiectoria realizată de chirurgul începător, determinând prin urmare poziția șurubului în interiorul zonei de siguranță. Determinarea valorii deviației este însoțită de afișarea de mesaje corespunzătoare de informare, evaluare sau avertizare. Totodată, invenția oferă avantajul utilizării în procesul de instruire a unor modele ieftine de vertebre realizate din poliuretan (cu comportare la raze X similară cu cea a osului), ca și a unui sistem automat de control cu raze X, eliminându-se necesitatea procurării de modele reale de vertebre, respectiv expunerea chirurgului la radiație nocivă.

#### **Descrierea detaliată a invenției**

Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figurile 1-4 care reprezintă:

- fig.1 - Prezentarea schematică a etapelor metodei de instruire pentru inserarea șuruburilor pediculare bazată pe procesarea inteligentă a imaginilor cu raze X.
- fig.2 - Sistem inteligent de instruire cu raze X bazat pe recunoașterea imaginilor
- fig.3 - Modulele componente ale sistemului inteligent de procesare a imaginii.
- fig.4 - Model de vertebră lombară fabricată din poliuretan utilizabilă ca model de lucru în cadrul sistemului de instruire .

Metoda de instruire a chirurgilor pentru practicarea operației de inserare a șuruburilor pediculare în coloana vertebrală, conform invenției, presupune utilizarea unor vertebre din poliuretan drept modele de lucru și parcurgerea următoarelor etape: - identificarea pe vertebră a punctului de intrare pentru șurubul pedicular și alegerea diametrului și a lungimii acestuia, - găurirea vertebrei și inserarea șurubului, - achiziția, procesarea imaginii cu raze X, - determinarea valorii deviației traiectoriei de inserare față de axa pediculului și încadrarea sau nu în zona de siguranță, cu calculatorul, utilizând un program software special bazat pe algoritmi clasici de tip rețea neuronală Hopfield pentru segmentarea imaginii: - afișarea valorii deviației și a mesajelor de evaluare corespunzătoare.

Conform metodei descrise în invenție, chirurgul stabilește punctul de intrare, alege diametrul și lungimea șurubului pedicular, după care găurește modelul fizic al vertebrei de lucru și inserează șurubul pedicular. În următoarea etapă, vertebra împreună cu șurubul pedicular sunt amplasate pe masa sistemului de control automat cu raze X. Determinarea poziției șurubului presupune achiziția unor imagini cu raze X și analiza automată a acestora prin realizarea unei segmentări a imaginii pe baza unui algoritm clasic de tip rețea neuronală Hopfield (se extrage vertebra și șurubul ca obiecte de sine stătătoare din imagine, se calculează mijlocul geometric al șurubului și unghiul de poziționare al acestuia față de vertebră). Sistemul calculează automat deviația traiectoriei șurubului față de axa pediculului și în funcție de valoarea obținută afișează mesaje care pot indica: a) - necesitatea re poziționării șurubului, b) - valoarea de penetrare a pereților pediculului sau a corpului vertebral și/sau c) - încadrarea în zona de siguranță.

Pentru inspecția piesei în plan sagital se rotește piesa la  $90^\circ$  și se procedează în mod similar, comparându-se traiectoria ideală cu cea a șurubului.

Metoda de instruire, conform invenției (fig.1), presupune utilizarea unor vertebre-test **1** din poliuretan drept modele de lucru și parcurgerea următoarelor etape: i) identificarea pe vertebră a punctului de intrare a șurubului transpedicular și alegerea diametrului și a lungimii acestuia; ii) găurirea vertebrei și inserarea șurubului; iii) achiziția imaginii; iv) procesarea inteligentă a imaginii cu raze X folosind un algoritm de tip rețea neuronală Hopfield, determinarea deviației traiectoriei de inserare față de axa pediculului, ca și încadrarea sau nu în zona de siguranță, și afișarea valorii deviației și a mesajelor de evaluare.

Obținerea modelelor digitale ale vertebrelor-test **1** utilizate de sistemul de instruire se face pornind de la datele de scanare de tip tomografie computerizată (CT) sau rezonanță magnetică nucleară (RMN) și folosind produse software specifice modelării medicale, ingineriei inverse și proiectării asistate.

Ca exemplu nelimitativ, vertebrele-test **1** pot fi fabricate din poliuretan pe mașină de frezat în coordonate. În scopul poziționării precise a vertebrei în zona de analiză cu raze X, modelul de vertebră este prevăzut cu suprafețe plane de așezare (fig.3).

Modul de obținere al vertebrelor-test **1**, descris în invenție, oferă posibilitatea de a utiliza în cadrul sistemului de instruire diferite modele de vertebre, care provin din date individuale ale pacienților. În acest fel chirurgii se pot instrui pentru operația de inserare a șuruburilor în vertebre de dimensiuni diferite, cu orientări diferite ale pediculilor sau chiar în vertebre la care lipsesc anumite repere anatomice (de exemplu o parte a procesului spinos, în situația reală în care pacientul a suferit un accident). Mai mult decât atât, după fabricare, vertebra este introdusă parțial într-o cutie cu nisip, astfel încât chirurgul să vizualizeze doar reperele anatomice vizibile de obicei în operațiile reale.

Inserarea șurubului se face în vertebra introdusă parțial în nisip, vertebra fiind apoi extrasă din nisip și amplasată pe masa sistemului automat cu raze X pentru achiziția de imagini în plan sagital și transvers.

Sistemul inteligent de instruire cu raze X bazat pe recunoașterea imaginilor este prezentat în figura 2. Sistemul este alcătuit din următoarele componente: - set de vertebre-test **1**, din poliuretan. **A**; un aparat de roentgenografie **B**, pentru achiziția imaginilor cu raze X și o unitate de calcul **C** cu soft special de prelucrare a imaginilor roentgenografice prin segmentarea acestora prin aplicarea unui algoritm clasic de tip rețea neuronală Hopfield, cu extragerea automată a imaginii șurubului pedicular ca obiect separat, urmată de calculul atributelor principale ale imaginii obținute (diametru șurub, traiectorie de inserare, poziția acestuia față de vertebră). Informațiile astfel extrase sunt utilizate pentru determinarea automată a deviației traiectoriei șurubului față de axa pediculului, considerată drept traiectorie ideală, în scopul evaluării preciziei de inserare.

Unitatea de calcul, **C** ca sistem de prelucrare a imaginii roentgenografice specifice, are următoarele subsisteme (fig.3):

- S1-Subsistem de achiziție a imaginii. Invenția propune achiziția unei imagini duale în timp real (doua imagini achiziționate folosindu-se energii diferite ale radiației penetrante);
- S2-Subsistem de pre-procesare a imaginii, utilizat pentru pregătirea imaginilor cu raze X pentru procesarea de nivel intermediar (algoritmi clasici pentru îmbunătățirea contrastului, eliminarea fundalului, eliminarea paraziților și a zgomotului etc.);
- S3-Subsistem de segmentare a imaginii bazat pe un algoritm clasic de tip rețea neuronală Hopfield. Acest subsistem divide imaginea în clase și permite extragerea automată a șurubului pedicular și a vertebrei ca obiecte separate din imaginea roentnografică;
- S4-Subsistem de detecție de nivel înalt, care determină, pe baza imaginii originale și a celei segmentate, deviația de la poziția ideală a șurubului pedicular. Acest modul extrage imaginea șurubului, segmentat și apoi îi compară poziția cu cea ideală și cu limitele zonei de siguranță;

14-07-2011

- S5-Baza de date/cunoștințe care conține informații despre tipurile de vertebre, date morfometrice, definirea zonei de siguranță, criteriile de evaluare prezentate în literatura de specialitate etc.

Algoritmul de recunoaștere implementat în sistem are în vedere extragerea următoarelor atribute ale șurubului: dimensiuni, poziție, unghi.

În funcție de valoarea deviației dintre traiectoria șurubului inserat de chirurgul începător și axa pediculului, utilizatorului îi sunt prezentate diferite mesaje în scopul corectării activității acestuia.

## REVENDICĂRI

14-07-2011

1. Metodă de instruire pentru poziționarea șuruburilor pediculare în vertebrele coloanei umane, **caracterizată prin aceea că**, presupune utilizarea unor vertebre din poliuretan, obținute pe baza datelor de scanare CT sau RMN, corespunzător cu reperele anatomice de referință corespunzătoare unor operațiilor reale, prin parcurgerea următoarelor etape:- identificarea pe vertebră a punctului de intrare a șurubului transpedicular și alegerea diametrului și a lungimii acestuia. - găurirea vertebrei și inserarea șurubului, - achiziția, procesarea inteligentă a imaginii radiologice folosind un algoritm de tip rețea neuronală Hopfield, cu extragerea automată a imaginii șurubului pedicular ca obiect separat, urmată de calculul atributelor principale ale imaginii obținute (diametru șurub, traiectorie de inserare) și determinarea valorii deviației traiectoriei de inserare față de axa pediculului, a încadrării în zona de siguranță, prin compararea cu datele dintr-o bază de cunoștințe specifice; - afișarea valorii deviației și a mesajelor de evaluare corespunzătoare.

2. Sistem de instruire pentru poziționarea șuruburilor pediculare în vertebrele coloanei umane, de aplicare a metodei conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit din următoarele componente: - set de vertebre-test (1), din poliuretan, (A); un aparat de roentgenografie (B), pentru achiziția imaginilor cu raze X și o unitate de calcul (C) cu soft special de prelucrare a imaginilor roentgenografice prin segmentarea acestora prin aplicarea unui algoritm clasic de tip rețea neuronală Hopfield, cu extragerea automată a imaginii șurubului pedicular ca obiect separat, urmată de calculul atributelor principale ale imaginii obținute, unitatea de calcul, (C) ca sistem de prelucrare a imaginii roentgenografice specifice, având următoarele subsisteme:

S1-Subsistem de achiziție a imaginii. Invenția propune achiziția unei imagini în timp real, cu energie duală;

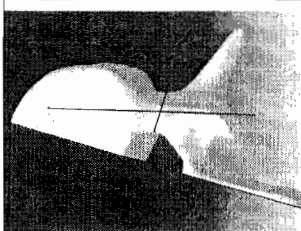
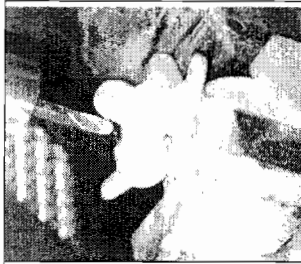
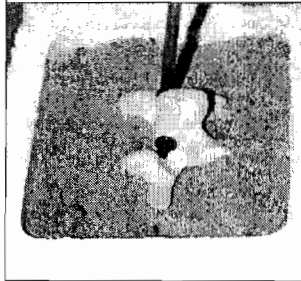
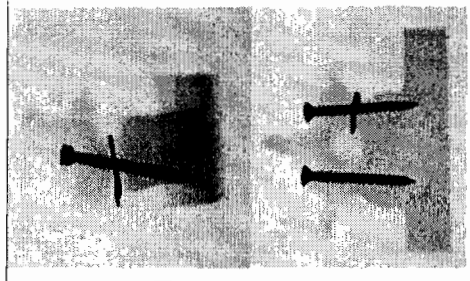
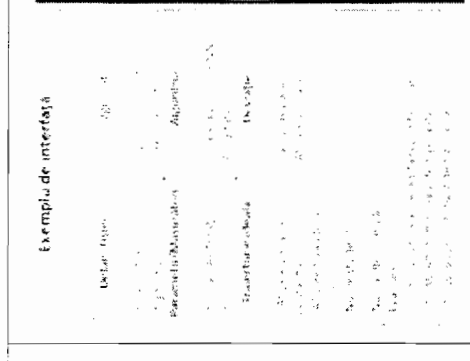
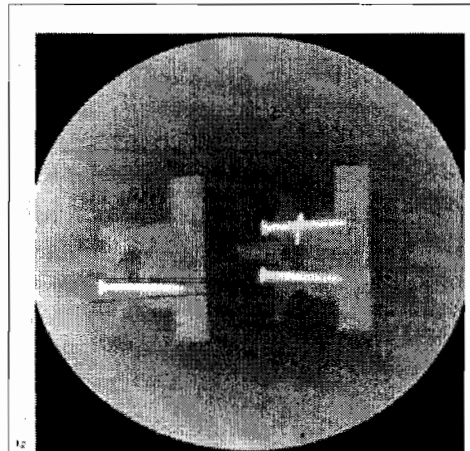
S2-Subsistem de pre-procesare a imaginii, utilizat pentru pregătirea imaginilor cu raze X pentru procesarea de nivel intermediar (amplificarea contrastului, eliminarea fundalului, eliminarea paraziților și a zgomotului etc.);

S3-Subsistem de segmentare a imaginii bazat pe rețea neuronală Hopfield. Acest subsistem divide imaginea în clase și permite extragerea automată a șurubului pedicular ca obiect separat din imaginea cu raze X;

S4-Subsistem de detecție de nivel înalt, care determină, pe baza imaginii originale și a celei segmentate, deviația de la poziția ideală a șurubului pedicular. Acest modul extrage imaginea șurubului, segmentat și apoi îi compară poziția cu cea ideală și cu limitele zonei de siguranță, în funcție de datele pe care le găsește în baza de date/cunoștințe S5;

S5-Bază de date/cunoștințe care conține informații despre tipurile de vertebre, date morfometrice, definiția zonei de siguranță, criteriile de evaluare prezentate în literatura de specialitate etc.

14-07-2011

 <p>Model digital vertebra obținut din date CT/RMN</p>	 <p>Fabricare model fizic vertebra</p>	 <p>Alegere punct de intrare, diametru și lungime șurub pedicular</p>	 <p>Achiziție imagini raze X în plan sagital și transvers</p>	<p>Exemplu de interfață</p>  <p>Aplicare rețea neuronală Hopfield pentru segmentarea imaginii și pentru extragerea atributelor șurubului pedicular</p> <p>Afișare valoare deviației și mesaje de informare/evaluare</p>	
---	---	--	---	--	---

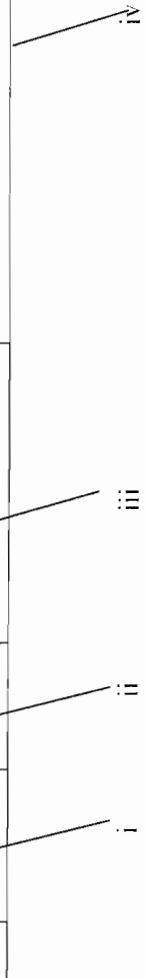


Fig. 1. Metodă de instruire pentru inserarea șuruburilor pediculare bazată pe procesarea inteligentă a imaginilor cu raze X



14-07-2011

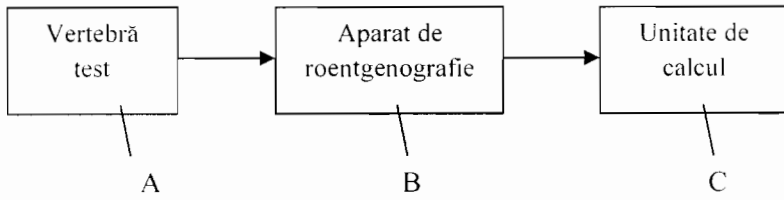


Fig.2. Sistemul inteligent de instruire cu raze X bazat pe recunoașterea imaginilor

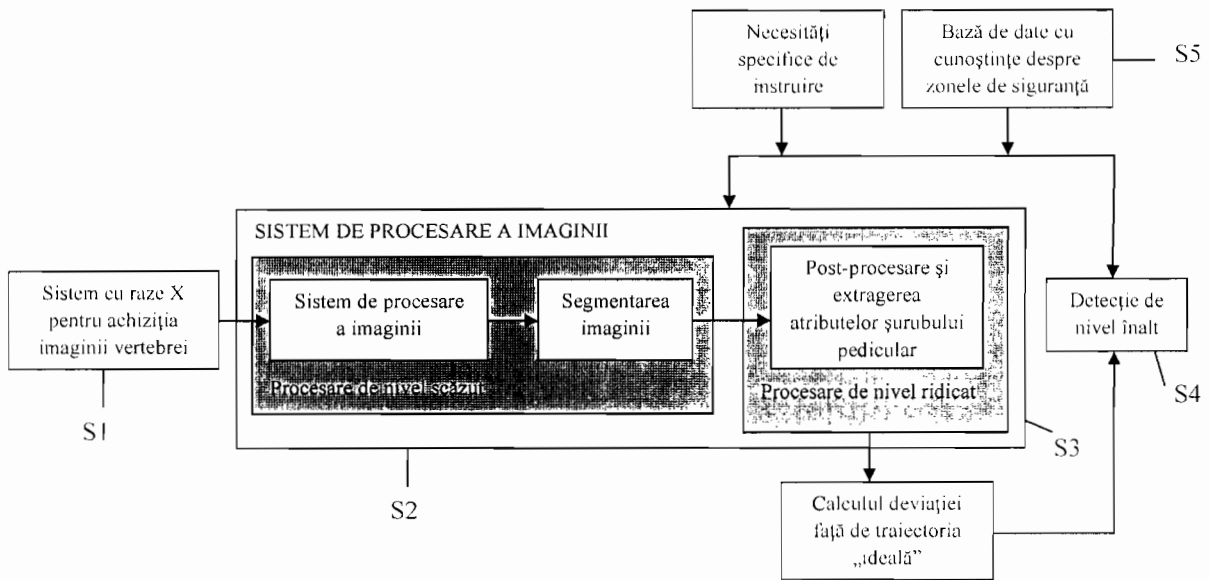


Fig.3. Modulele componente ale sistemului inteligent de procesare a imaginii

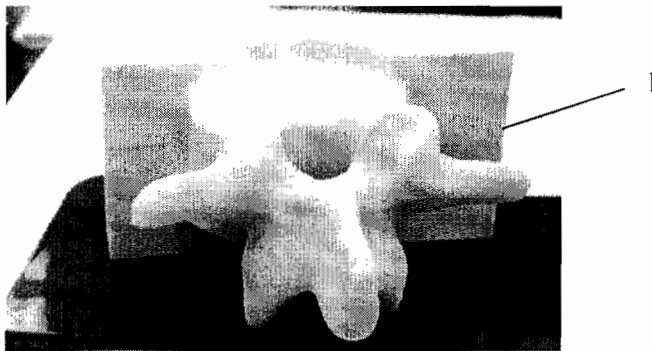


Fig.4. Model de vertebră lombară fabricată din poliuretanic utilizabilă ca model de lucru în cadrul sistemului de instruire