



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01364**

(22) Data de depozit: **09.12.2011**

(41) Data publicării cererii:
30.10.2012 BOPI nr. **10/2012**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA "OVIDIUS"**
CONSTANȚA, BD. MAMAIA NR.124,
CONSTANȚA, CT, RO

(72) Inventatori:
• **AMARIEI CORNELIU, STR. TRAIAN**
NR. 61, CONSTANȚA, CT, RO;
• **ȘTEFĂNESCU CORINA,**
ALEEA CAPIDAVA NR. 1, BL. V2, SC. G,
AP. 49, CONSTANȚA, CT, RO;
• **DUȚĂ MIHAELA, ALEEA ROMANIȚEI**
NR. 3, BL. D2, SC. A, AP. 10, CONSTANȚA,
CT, RO;

• **POPOVICI DORIN MIRCEA,**
ALEEA HORTENSIEI NR. 18, BL. C5, SC. B,
AP. 64, CONSTANȚA, CT, RO;
• **BOGDAN CRENGUȚA MĂDĂLINA,**
ALEEA CRIZANTEMELOR NR. 6, BL. H1,
SC. F, AP. 120, CONSTANȚA, CT, RO;
• **POLCEANU MIHAI,**
STR. DRAGOSLAVELE 1C, BL. B1, SC. A,
AP. 13, CONSTANȚA, CT, RO;
• **DINCĂ FLORIN ALEXANDRU,**
STR. PORTULUI NR. 4, MANGALIA, CT,
RO;
• **RIZEA VICTOR, STR. VÂNTULUI NR. 4,**
CONSTANȚA, CT, RO

(54) **MEDIU VIRTUAL DE SIMULARE A MANOPERELOR
PREPARĂRII DINȚILOR ÎN PROTEZAREA FIXĂ**

(57) **Rezumat:**

Invenția se referă la un sistem virtual pentru procesul de învățământ în domeniul stomatologic, ca și pentru educația medicală continuă a medicilor dentiști. Mediul virtual de simulare, conform invenției, constă într-o configurație vizuo-haptică ce asigură returnul de forță exprimat la nivelul mâinii utilizatorului, în totală sincronizare cu afișarea vizuală a gestului medical, într-o arhitectură software a sistemului, care este formată din 5 subsisteme ce colaborează concurrent pentru a asigura, în primul rând, un răspuns rapid și realist la acțiunile utilizatorului asupra mediului simulat,

și în al doilea rând, persistența mediului, și din simularea vizuo-haptică a intervenției la nivelul dinților, care permite modelarea în timp real vizuo-haptică a șanțurilor de orientare, a pragurilor gingivale realizate asupra diferitelor tipuri de dinți - incisiv central, premolar, molar și canin - având o morfologie complexă, prezentând zone concave.

Revendicări: 1
Figuri: 16



DESCRIEREA INVENȚIEI

72

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2011 01364
Data depozit 09-12-2011.

a) TITLUL INVENȚIEI:

MEDIU VIRTUAL DE SIMULARE A MANOPERELOR PREPARĂRII DINTILOR IN PROTEZAREA FIXA

b) PRECIZAREA DOMENIULUI TEHNIC LA CARE SE REFERĂ INVENȚIA: 1.2.1

Invenția se încadrează în domeniul prioritar de cercetare 1. Tehnologia Informației și Comunicării,

Directia de cercetare 1.2 Sisteme informatice avansate pentru eservicii,

Tematica de cercetare cu subprogramul: 1.2.1 Sisteme informatice avansate pentru educație (elearning).

c) prezentarea stadiului tehnicii, considerat de solicitant a fi necesar pentru înțelegerea, cercetarea documentară și examinarea cererii de brevet, cu indicarea documentelor care îl fundamentează:

Nivel național: Colectivul CERVA coordonat de D.M. Popovici de la Facultatea de Matematică și Informatică a Universității Ovidius din Constanța dezvoltă de 10 ani proiecte de cercetare în domeniul tehnicii de realitate virtuală și augmentată, aplicată în educație și formare profesională [www.cerva.ro]. Colectivul a fost partener la proiectul european INTUITION EC FP6 NOE IST-507248-2 care a creat o rețea de excelență în domeniul realității virtuale incluzând 60 de parteneri din 15 țări, participând activ în 3 grupuri de lucru: Medicină generală și neurologie; Education and Training, în care detine și poziția de vicepreședinte, iar al treilea grup este focalizat pe sisteme haptice.

Facultatea de Medicină Dentară Constanța beneficiază integral de monitorizarea informatizată a procesului de evaluare a cunoștințelor studenților și a administrației.

Colectivul de la Univ. Gr.T. Popa Iași condus de Norina Forna are o experiență vastă în diagnosticul computerizat, elaborarea planului de tratament și modelări matematice tridimensionale destinate preparării reductionale ale dinților.

D. Talaba și colab. (Univ. Transilvania Brașov) au efectuat studii împreună cu laboratorul de robotica din Paris în domeniul CAD și au realizat programe didactice în domeniul realității virtuale.

Cercetătorii de la Siemens PSE SRL Brașov au experiență în tehnologiile informaționale aplicate în învățământ și în domeniul ingineriei medicale, având priorități mondiale în CAD CAM.

La nivel international exista simulatoare care utilizeaza tehnologii de realitate virtuala pentru:

- Tratamentul leziunilor carioase simple:

Proiectul HapTEL™ / King's College London Dental Institute si Reading University, U.K/ este utilizat pentru prepararea 3D a cavitatilor dentare virtuale [<http://www.haptel.kcl.ac.uk/>; Tse B, Harwin W, Barrow A, Quinn B, San Diego JP, Cox M. Design and development of a haptic dental training system – hapTEL. Conference presentation at EuroHaptics Conference 8 – 10 July 2010 (Amsterdam, The Netherlands)].

Proiectul Geneva: In ultimii șase ani, Departamentul de Cariologie al Facultatii de Medicina Dentara din Geneva, a dezvoltat concepte inovatoare ale simulării 3D pe computer in vederea predării anatomiei dentare. Scopul a fost de a valida valoarea adăugată a integrării IT-ului în curriculum. Rezultatele au arătat că: 70% dintre studenți au fost mulțumiți/ foarte mulțumiți cu acest modul; iar simularea le-a stimulat motivația învățării anatomiei. (Curnier F. Teaching dentistry by means of virtual reality- the Geneva project. Int J Comput Dent. 2010;13(3):251-63.)

Virtual Reality Dental Training System (VRDTS) dezvoltat de Novint Technologies in colaborare cu Harvard School of Dental Medicine, este un simulator care utilizeaza tehnologii VR pentru tratamentul leziunilor carioase simple. Sistemul simuleaza un set de instrumente dentare (freza la turatie joasa, o sonda, doua dalte dentare, un fuloar), un material: amalgamul dentar si un molar la care se pot evidentia smaltul, dentina, leziunile carioase si pulpa dentara. VRDTS prezinta avantajul unei posibilitati virtuale de restaurare dentara = (obturatia cavitatilor dentare cu amalgam) [<http://www.novint.com/VRDTS.htm>];

Iowa Dental Surgical Simulator (IDSS) reprezinta un proiect comun al College of Dentistry at the University of Iowa si Graphical Representation of Knowledge (GROK) Lab. IDSS este compus din trei componente hardware: un calculator, un monitor și un dispozitiv force feedback cu software. Dintii sunt afisati pe monitor, iar studentul poate manipula joystick-ul în așa fel încât să simtă la atingerea dintelui virtual dentina/smaltul sănătos și dentina afectata prin raspunsuri haptice diferite [grok.ecn.uiowa.edu/Projects/medsim.html].

- Parodontologie:

Immersive Touch™ PerioSim© permite unui student sa invete diagnosticarea și tratamentul bolilor parodontale prin vizualizarea 3D a cavitatii orale umane și obtinerea de senzatii tactile în timpul atingerii suprafeței dinților, gingiei și tartrului cu instrumente virtuale dentare. Acest simulator dentar bazat pe realitatea virtuala si augmentata a fost validat printr-un experiment condus de cadrele didactice si studentii College of Dentistry at University of

Illinois at Chicago (UIC). [Luciano CJ. Haptics-based virtual reality periodontal training simulator. Master's thesis: Graduate College of the University of Illinois; 2006; <http://www.cvrl.cs.uic.edu/~stein/PeriosimUpdate08.htm>].

- Endodontie:

Virtual Dental Patient (VDP): Laboratorul AIIA Computer Vision and Image Processing Group, Departamentul de Informatica al Universitatii Aristotel din Salonic, Grecia a dezvoltat aplicatia "Virtual Dental Patient (VDP)". VDP a fost conceput pentru a ajuta studentii din domeniul medicinei dentare în familiarizarea cu anatomia dentara, manipularea instrumentelor de preparare dentara și provocările asociate cu procedura de foraj endodontic [http://poseidon.csd.auth.gr/LAB_RESEARCH/Latest/VirtRealMedicine.htm].

- Chirurgia oro-maxilo-faciala:

Planificarea chirurgicala virtuala folosind computerul tomograf, proiectarea asistata de calculator și tehnologia RV permite chirurgilor să efectueze o intervenție chirurgicală virtuală cu recreerea precisa, ulterioara, a planului în sala de operație [Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K, Yatani H. CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. *Clinical Oral Implants Research*. 2009; **20**:87-93.; The Voxelman system. www.voxel-man.de/gallery. accesat pe 7 Aprilie 2011].

- Implantologia orala:

Un grup de cercetatori de la Departamentul de Medicina Dentara al Institutului Karolinska, Suedia, au realizat un mediu de realitate virtuala pentru planificarea tratamentului în implantologia orală. Estimarea poziției reale și orientarea implanturilor în timpul planificării tratamentului este activată în orice direcție. În plus, aceasta aplicatie include algoritmi pentru alegerea solutiei terapeutice corecte in functie de regiunea anatomica, proprietățile individuale ale osului pacientului si design-ul implantului [Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K, Yatani H. CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. *Clinical Oral Implants Research*. 2009 ; **20**:87-93.]

- Managementul durerii în timpul tratamentelor dentare:

Utilizarea distragerii captivante prin realitate virtuala poate fi o metodă alternativa eficientă de control al durerii în timpul procedurilor de detartraj parodontal si de planare a radacinilor dentare [Furman E, Jasinevicius TR, Bissada NF, Victoroff KZ, Skillicorn R, Buchner M. Virtual reality distraction for pain control during periodontal scaling and root planing procedures. *The Journal of American Dental Association*. 2009;**140**:1508-16.]

- Protetica dentara/ preparatii dentare reductionale:

Două articole și o conferință ofera informatii, desi incomplete, asupra utilizarii realității virtuale și augmentate in invatamantul dentar pentru preparatii dentare:

Kim si colab. (2005) au propus un sistem cu un banc de lucru multi-modal care furnizează feedback audio, vizual, și haptic. Acesta permite forajul unui dinte, dar este limitat la un instrument sferic [Kim L, Hwang Y, Park SH, Ha S. Dental training system using multi-modal interface. *Computer-Aided Design & Applications* 2005; 2 : 591–598].

Wang si colab. (2003) au dezvoltat un simulator care permite explorarea cu sonda dentara și prepararea dentara reductionala a unui model dentar, dar implementarea instrumentului virtual este limitată la forma sferică, la fel ca sistemul lui Kim [Wang D, Zhang Y, Wang Y, Lu P. Development of dental training system with haptic display. In: *Proceedings of 12th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* 2003. 159–164].

Yau si colab. (2006) prezinta un sistem care utilizează rigiditatea materialelor și o forță de funcție de arc. Această simulare folosește o cutie de încadrare pentru a limita spatiul de folosire a instrumentelor de decupare. De asemenea, sunt aratate diferite forme de instrumente de frezaj, dar nu se oferă detalii cu privire la modul în care forțele actioneaza pentru acestea [Yau HT, Tsou LS, Tsai MJ. Octree-based virtual dental training system with a haptic device. *Computer-Aided Design & Applications* 2006; 3: 415–424].

La al 29-lea Congres al Federatiei Dentare Asia Pacific 2007 s-a discutat despre aplicarea tehnologiilor ale realitatii virtuale si augmentate si in protetica dentara, fara a se mentiona rezultate concrete [<http://www.apdc2007jakarta.com>].

Moog Simodont Dental Trainer este o soluție considerată cea mai apropiată de invenția revendicată [<http://www.moog.com/markets/medical-dental-simulation/haptic-technology-in-the-moog-simodont-dental-trainer/> accesat pe 7 decembrie 2011]. Recent, la (ACTA) Academic Center for Dentistry, Amsterdam, in Olanda, s-au instalat Moog Simodont dental trainers. Acestea permit efectuarea unor proceduri dentare multiple in mediu virtual: evaluarea automata, diagnosticul si planificarea tratamentului, prepararea cavitatilor si a preparatiilor dentare pentru proteze pariale fixe uni- si pluridentare (coroane si punti) [Sharaf B, Levine JP, Hirsch DL, Bastidas JA, Schiff BA, Garfein ES. Importance of computer-aided design and manufacturing technology in the multidisciplinary approach to head and neck reconstruction. *Journal of Craniofacial Surgery* 2010; 21: 1277-1280].

d) PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE:

Preparatia structurilor dure dentare in protetica dentara fixa este o manopera esentiala in medicina dentara si reprezinta baza pentru o restaurare protetica dentara morfo-functionala. Pregatirea practica a studentilor este adeseori subiectiva. Aceasta stare de fapt are ca efect principal obtinerea unor restaurari protetice incorecte cu impact negativ major asupra sanatatii oro-dentare a pacientilor.

Metoda clasica de invatare in medicina dentara, bazata pe predarea teoretica si practica pe dintii artificiali, si-a demonstrat ineficacitatea. Lasand la o parte faptul ca este mare consumatoare de timp si resurse, studentul ajunge adesea la practicarea actului medical pe pacient fara sa-si fi format abilitatile corespunzatoare. Sistemul propus utilizeaza tehnologii bazate pe realitate virtuala pentru simularea preparatiilor pentru protezarea fixa unidentara. Solutia propusa se va constitui intr-un instrument extrem de util in pregatirea pentru manoperele clinice prin insusirea de abilitati corecte in timpul studentiei. Pentru aceasta, sistemul vizeaza exploatarea beneficiilor tehnologiilor realitatii virtuale din doua perspective.

O prima perspectiva este aceea de asistare multimodala a studentului in procesul de deprindere gestuala a actului medical prin intermediul echipamentelor haptice/retur de forta ce se vor integra in cadrul prototipului aplicatiei, iar cea de a doua o va reprezenta deschiderea studentului a unui numar nelimitat de situatii de antrenare, beneficiind de avantajele, de acum demonstrate, ale Realitatii Virtuale; posibilitatea recuperarii dintr-o situatie eronata, costul redus al simularii, inregistrarea si evaluarea in timp real a evolutiei studentului in cadrul actului medical simulat, etc.

SCOPUL INVENTIEI este cresterea calitatii invatamantului medico-dentar protetic prin utilizarea tehnologiilor realitatii virtuale in prepararea reductionala a dintilor. Scopul a fost atins prin implementarea sistemului si a laboratorului virtual pentru studentii dentisti. Laboratorul poate fi folosit si pentru educatia medicala continua a medicilor dentisti.

OBIECTIVUL GENERAL AL INVENTIEI este cresterea calitatii manoperele protetice dentare fixe utilizand tehnicile de realitate virtuala si augmentata in cadrul invatamantului medico-dentar.

Tema inventiei se incadreaza in urmatoarele **OBIECTIVE SPECIFICE**:

- cresterea capacitatii sectorului de CDI pentru Tehnologia Informatiei si Comunicatii in vederea sustinerii societatii si economiei bazate pe cunoastere;
- optimizarea metodelor de preventie a bolilor, dezvoltarea de terapii medicale si eficientizarea sistemului de sanatate publica.

- cresterea competitivitatii si creativitatii, a dezvoltarii culturii organizationale in sistemele economiei, administratiei publice, educatiei si cercetarii, in sistemul sanitar.

Contextul macro-economic actual impune ca managementul programelor de sanatate sa se fundamenteze pe noile principii care decurg din Agenda Strategica de Cercetare a Platformei Europene de Medicina inovativa. In Raportul strategic al Comisiei privind reforma economica la nivel comunitar, 11.12.2007, Presedintele Comisiei, J.M.Barroso, a declarat: Europa este in urma altor economii de frunte in ceea ce priveste investitiile in tehnologia informatiei si comunicatiilor, precum si utilizarea acestora pentru a consolida productivitatea [IP-07-1892_RO; <http://europa.eu/>].

Prioritatile guvernamentale de Cercetare Nationala se incadreaza in strategiile europene si urmaresc reducerea decalajului intre sistemele informatice utilizate in tarile dezvoltate si in tara noastra. Congresul Mondial de Invatamant Stomatologic ADEE 2007, Dublin, promoveaza convergenta catre standarde superioare de educatie dentara, instruire si servicii pentru beneficiul pacientilor, in conformitate cu profilul medicului dentist european, cu competente bine definite. Conform Strategiei de la Lisabona si programului Education and training 2010 al Uniunii Europene (UE), pentru a raspunde cerintelor unei societati mereu in schimbare, invatamantul este chemat sa pregateasca studentul in perspectiva autoeducatiei si educatiei permanente [http://ec.europa.eu/education/policies/2010/et_2010_en.html].

Creatia, contributia viitoare a individului la progresul stiintific si tehnologic nu poate fi gandita fara racordarea invatamantului romanesc la nivelul actual al domeniilor cunoasterii. In Carta UE se stipuleaza ca: fiecare cetatean al Europei are dreptul la tratament preventiv si curativ in conditii similare de calitate in fiecare tara a UE.

Siguranta tratamentelor curative in medicina dentara, promovarea unei medicin dentare performante devin deziderate chiar si in conditiile constrangerilor specifice tarii noastre. Medicii dentisti depind in mod deosebit de senzatiile tactile si de indemanare pentru procedeele diagnostice si terapeutice, iar sistemul prezentat in aceasta cerere este adaptat simularii realitatii din domeniul medico-dentar. Studentii au posibilitatea de a exersa preparatiile dentare de nenumarate ori inainte de a face aceleasi manopere la pacient. Nu trebuie neglijat faptul ca orice greseala care duce la pierderi inutile de substanta dura dentara nu poate fi remediata ad integrum niciodata.

Procesul de invatare folosit in medicina dentara se baza pe principiul predarii teoretice si a exercitiilor practice in laborator. Metoda clasica este costisitoare, consumatoare de timp, inexacta, in final studentul ajunge la etapa practicii pe pacient fara sa-si fi format abilitati corespunzatoare.

Sistemul utilizeaza tehnici de realitate virtuala in simularea si evaluarea procedurilor terapeutice, permite acces nelimitat la sesiunile de practica, ofera feedback-ul necesar invatarii si permite o evaluare reala a obtinerii abilitatilor corespunzatoare de catre studenti. Se va putea vorbi si despre un nivel de competenta universitar, raportat chiar la un standard national si european, imbunatatind calitatea invatamantului medico-dentar.

Marea varietate a trasaturilor morfologice la nivelul dintilor determina un obstacol tehnic in realizarea unei aplicatii vizuo-haptice.

In primul rand, procesul de invatare in medicina dentara presupune ca studentul sa exerseze tehnicile invatate asupra fiecarui tip de dinte, astfel aplicatia trebuie sa fie capabila de a simula procedurile asupra celor patru tipuri de dinti (incisiv, canin, premolar si molar) superiori respectiv inferiori.

In al doilea rand, in cazul unei lucrari reale asupra pacientului, executantul (doctorul) nu va intalni intotdeauna aceeasi forma la un anumit tip de dinte, ci vor exista variatii ale trasaturilor morfologice datorita a diversi factori naturali sau artificiali. La ora actuala simulatoarele dentare realizeaza doar canale de forme regulate (cilindri, paralelipipezi, etc) [Jérémy Cormier, Denis Pasco, Cédric Syllebranque, Ronan Querrec, VirTeaSy a haptic simulator for dental education, Proc. of ICVL2011, pg. 61-68, ISSN:1844-8933, 2011]. Problema tehnica pe care o rezolva sistemul este realizarea vizuo-haptica a santurilor de orientare si pragurilor gingivale ce au forme complexe rezultate din traseul pe care il urmeaza instrumentul, manevrat de catre utilizator, pe fiecare fata (vestibulara, orala, ocluzala, distala, meziala) si muchia incizala a dintelui, in mediul virtual 3D oferit de sistem.

Concluzionand, dat fiind contextul unei ample diversitati morfologice, a fost necesar ca aplicatia sa functioneze corect indiferent de diferentele care apar la nivelul dintilor asupra carora se efectueaza interventia de protetica dentara.

e) EXPUNEREA INVENȚIEI:

- **Configuratia vizuo-haptica: asigura returul de forta exprimat la nivelul mainii utilizatorului in totala sincronizare cu afisarea vizuala a gestului medical**

Interfata asigura conectarea in timp real a utilizatorului cu mediul de training simulat. Aceasta presupune permiterea utilizatorului de a exprima gesturi naturale/profesionale, interpretarea lor in mediul virtual, redarea vizuala a efectelor acestor actiuni precum si redarea haptica a fortelor rezultate in urma contactului dintre ustensilele manevrate de utilizator si modelele 3D ale dintilor.

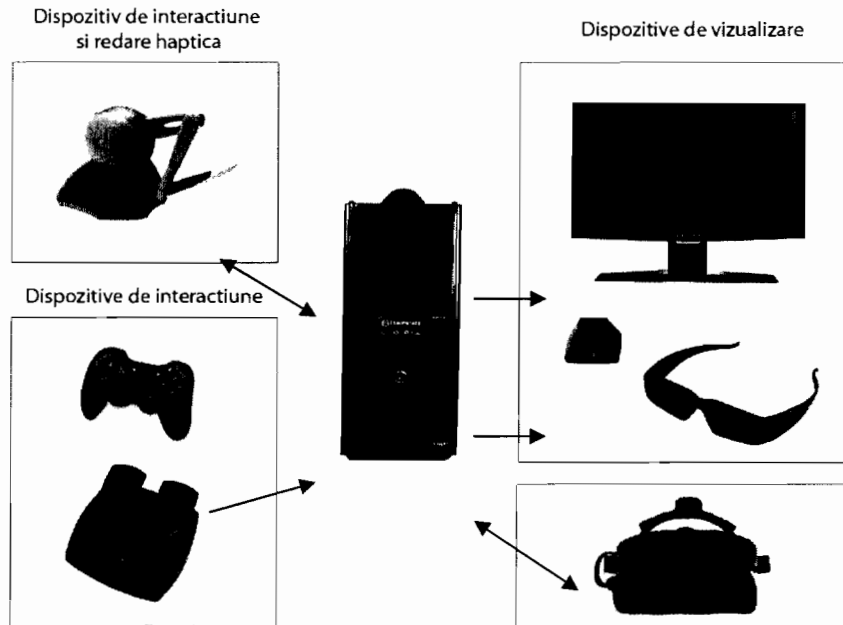


Figura 1. Configuratia interfetei hardware

Sistemul este compus din urmatoarele:

- Statie grafica
- Dispozitiv haptic
- Dispozitive de interactiune auxiliare (Pedale – pentru controlul vitezei frezei virtuale, Joystick/Gamepad – pentru controlul oglinzii dentare)
- Dispozitive de vizualizare (Display, Sistem de stereoscopie activa, Casca virtuala)

Aceste componente sunt integrate de catre aplicatie astfel incat utilizatorul sa aiba parte de o experienta cat mai realista in contextul desfasurarii procesului de invatare.

- **Arhitectura software a sistemului: formata din 5 subsisteme ce colaboreaza concurrent pentru a asigura, in primul rand, un raspuns rapid si realist la actiunile utilizatorului asupra mediului simulat, si in al doilea rand, persistenta mediului**

Arhitectura software a sistemului contine componentele ilustrate in Figura 2.

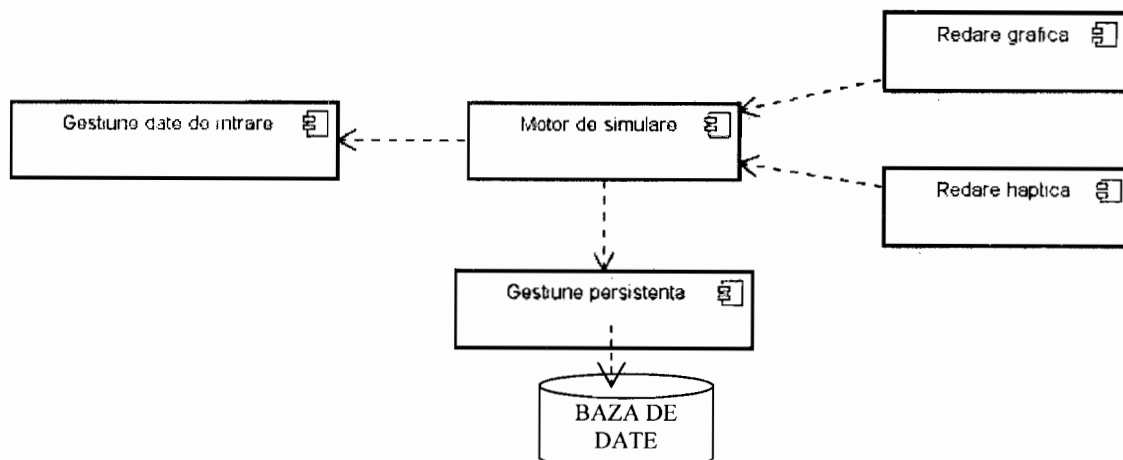


Figura 2. Arhitectura prototipului

Aplicatia cuprinde cinci subsisteme principale:

- Motorul de simulare
- Gestiunea datelor de intrare
- Gestiunea persistenta a datelor
- Redarea grafica
- Redarea haptica

Motorul de simulare se imparte, la randul sau, in module specializate precum:

- Modulul de simulare fizica
- Modulul de eliberare a memoriei

Componenta de gestiune a datelor de intrare are rolul de a obține datele de la dispozitivele de intrare (mouse, spacemouse, joystick, si PHANTOM™ Omni) și de a gestiona evenimentelor produse de către utilizator in interacțiunea lui cu scena virtuală.

Motorul de simulare primește datele de la componenta de gestiune a datelor de intrare și le folosește pentru a crea sau actualiza mediul virtual. Motorul implementează algoritmi de coliziune a obiectelor din scenă, de deformare a țesutului dintelui, etc. In plus, motorul de simulare colaboreaza cu componenta de gestiune a persistentei mediului. Aceasta din urmă implementează funcții de citire/ scriere a datelor stocate in baza de date a sistemului.

Baza de date memorează informații despre obiectele care formează scena, datele studentilor, sesiunile de lucru ale acestora precum si rezultatele obtinute, etc.

Motorul de simulare transmite datele de ieșire componentelor de redare grafică și haptică ale sistemului. Pentru aceasta el este format dintr-o mulțime de obiecte ce colaborează intre ele pentru a simula actualizarea in timp real a mediului virtual ca raspuns la evenimentele produse de catre utilizator. In particular, simularea simțului tactil a fost realizată prin implementarea unei forțe de răspuns care este transmisă și simțită de către utilizator prin intermediul stiloului dispozitivului haptic folosit.

Cum ciclul computațional al componentei grafice variaza între 20 și 60 de cadre/secundă, iar cel al componentei haptice este de 1KHz (1000 cadre pe secunda), executarea celor două componente a necesitat sincronizarea lor pentru ca simularea task-urilor de catre sistem să fie cat mai realistă.

- **Simularea vizuo-haptica a interventiei la nivelul dintilor: permite modelarea vizuo-haptica in timp real a santurilor de orientare, a pragurilor gingivale realizate asupra diferitelor tipuri de dinti (incisiv central, premolar, molar si canin) avand o morfologie complexa, prezentand zone concave**

Complexitatea simulării intervenției asupra pacientului deriva atât din dificultatea detectării coliziunilor la nivel vizual cât și din dificultatea determinării deformațiilor datorate forțelor de coliziune dintre ustensila și dintele pacientului.

În acest sens, fiecare procedură utilizează intern modelul dintelui care face subiectul actului medical asupra căruia se operează două categorii de evaluări: detectarea coliziunii și calculul deformării suprafeței dintelui.

Interacțiunea stylus-ului dispozitivului haptic cu modelul 3D al unui dinte determină apariția modificărilor dinamice asupra modelului. Aceste modificări au loc în timpul executării următoarelor operații:

- Coliziune: contactul frezei (adică reprezentarea virtuală a stylus-ului) de modelul 3D al dintelui;
- Deformare: modificarea în timp real a geometriei modelului 3D al dintelui pentru crearea santurilor de diferite adâncimi și forme complexe și ulterior pentru eliminarea acestora în vederea creării bontului dentar;
- Vizualizare: schimbarea dinamică a culorii unei zone “afectate” de interacțiunea stylus-ului cu modelul virtual al dintelui.

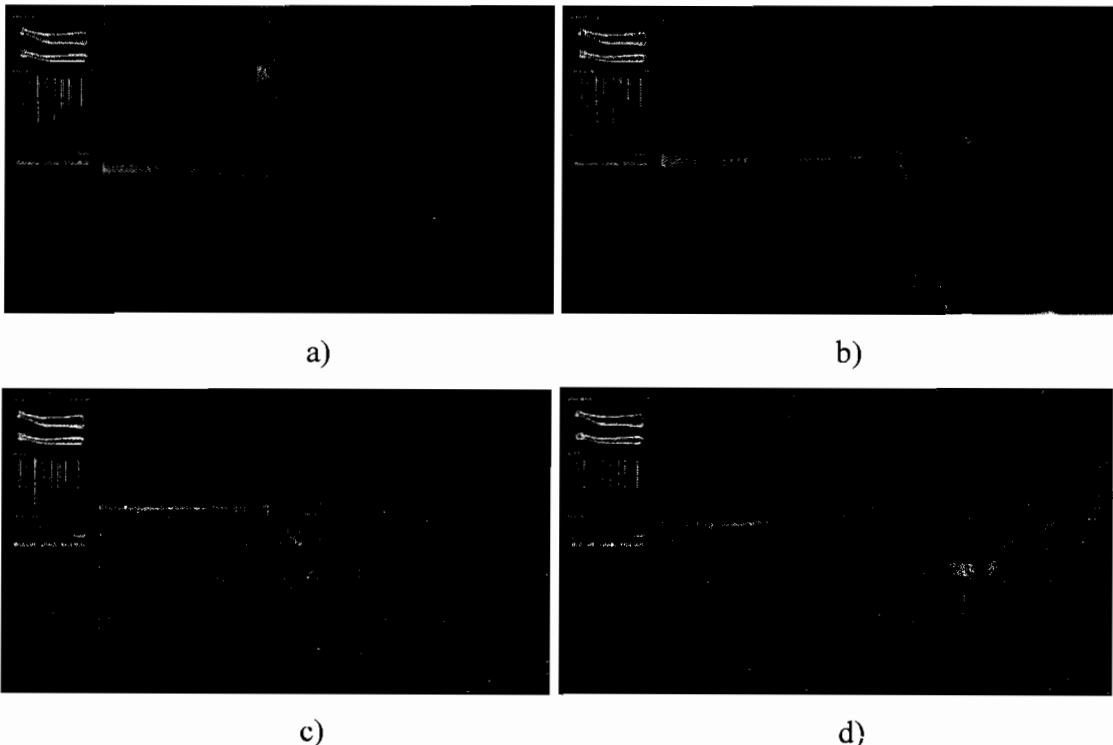


Figura 3. a) molar prim inferior, b) premolar prim superior, c) incisiv central superior, d) canin inferior

De asemenea in timpul primelor doua operatii sincron cu vizualizarea grafica se genereaza retur de forta astfel incat aplicatia simuleaza cat se poate de realist procedura de preparare a dintilor in vederea obtinerii bontului dentar.

f) PREZENTAREA AVANTAJELOR INVENȚIEI ÎN RAPORT CU STADIUL TEHNICII:

Folosirea realitatii virtuale pentru instruirea in practica medicala si invatamant este o inovatie de ultima ora pe plan mondial, dar nicio tara nu a reusit sa prezinte un program adecvat. Aceasta tehnologie nu a fost pana in prezent aplicata la preparatiile dentare in alte tari, cu atat mai mult in Romania; astfel incat crearea si implementarea acestui program reprezinta o noutate absoluta in domeniu.

Sistemul propus ofera o solutie neinvaziva, fezabila, oferind feedback-ul necesar invatarii. Extinderea implementarii programului in laboratoarele virtuale ale clinicilor de protetica dentara va contribui la cresterea calitatii invatamantului, cu consecinte benefice majore in evolutia ulterioara medico-dentara a absolventilor, prin evitarea iatrogeniilor, avand rezultat final cresterea calitatii vietii pacientilor. Prezumam ca evaluarile insusirii abilitatilor necesare vor fi superioare cu 50% celor obtinute prin metodele clasice, iar timpul necesar prepararii dintilor de catre studenti se va reduce cu 30%.

Modelul de dezvoltare a proiectului va fi unul evolutiv, contribuind la implementarea de noi metode de preventie si interventionale, la nivel national arondate la spatiul european de operare. Avantajele abordarii realitatii virtuale vor fi continuate prin aplicarea la toate domeniile medicinei dentare si dezvoltate in laboratoare de evaluare a calitatii manoperelor protetice ale medicilor.

Contributia inventiei la dezvoltarea cunoasterii in domeniu, inclusiv noutatea, originalitatea si complexitatea solutiilor propuse:

Intrucat nu exista pe plan national un simulator care sa permita preparatii dentare in scop protetic utilizand tehnici de realitate virtuala, proiectul aduce contributii majore in dezvoltarea cunoasterii in domeniu. Modelul de dezvoltare al proiectului va fi unul evolutiv deoarece aceste cunostinte nou dobandite vor pune bazele utilizarii tehnologiilor realitatii virtuale pentru viitoare proiecte utilizabile in toate ramurile invatamantului medico-dentar.

Proiectul contribuie la dezvoltarea cunostintelor necesare cresterii calitatii invatamantului medico-dentar, la reducerea costurilor instruirii practice a studentilor, la cresterea atractivitatii pentru profesia de medic dentist, inclusiv pentru cea de cercetare, la cresterea calitatii cursurilor de Educatie Medicala Continua pentru medicii dentisti. Gradul este asigurat de abordarea domeniului foarte complex al preparatiilor in protetica dentara, care are o imensitate de variabile si care trebuie privite in dinamica, functional.

În Figura 2 este ilustrată arhitectura generală a sistemului de instruire. Metodele și aparatele imaginat până în prezent au abordat domenii mult mai restrânse, urmând să fie dezvoltate ulterior, modelul prezentat de noi fiind unul original prin prisma perspectivelor abordate, și anume:

- studentului îi se permite să acceseze o multitudine de situații educaționale la un preț redus și fără să suporte constrângeri temporale, să constientizeze efectele fizice reale ale acțiunilor sale asupra pacientului (gratție dispozitivului haptic de interacțiune), să obțină o validare personalizată a activității sale de pregătire profesională, să înregistreze și să vizualizeze activitățile sale desfășurate în cadrul mediului virtual.

Gradul de complexitate este dat de: multitudinea tipurilor de activități care trebuie realizate pentru atingerea obiectivelor; structura parteneriatului care îi conferă valențe multidisciplinare, multicentrice și multifuncționale care permit realizarea obiectivelor propuse prin asigurarea fiecărui partener a spațiului virtual care asigură posibilitatea să se concentreze asupra unor responsabilități clare și bine delimitate; oportunitatea de a obține o bază de date științifice experimentale de interes pentru învățământ, lumea medicală și cercetare.

h) PREZENTAREA ÎN DETALIU A CEL PUȚIN UNUI MOD DE REALIZARE A INVENȚIEI:

Datorită complexității protocoalelor aplicate în restaurările integrale ceramice, protocoale implementate de către sistem, dezvoltarea acestuia a necesitat analiza sistemului informațional (SI). În urma activității de analiză au fost obținute următoarele modele:

- diagrama de context ce arată SI din perspectiva “cutiei negre”, în care sistemul este descris ca un proces business (Figura 4);
- modelul proceselor business ce conține diagrama cazurilor de utilizare business (Figura 5);
- descrierea cazurilor de utilizare business. Au fost folosite diagrame de activități. De exemplu, în Figura 6 este prezentată diagrama corespunzătoare cazului de utilizare business “Preparare incisiv central”.
- diagrama de clase a modelului de domeniu (Figura 7).

Analiza sistemului informațional a fost urmată de analiza cerințelor a sistemului software.

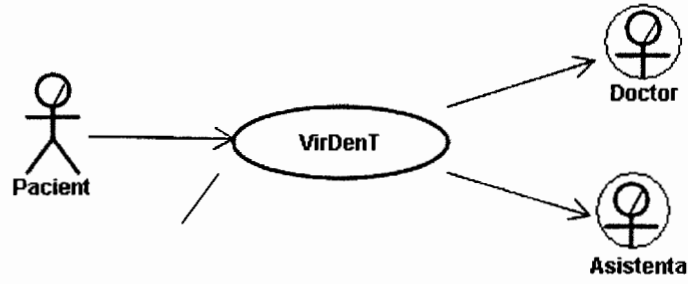


Figura 4. Diagrama de context a SI

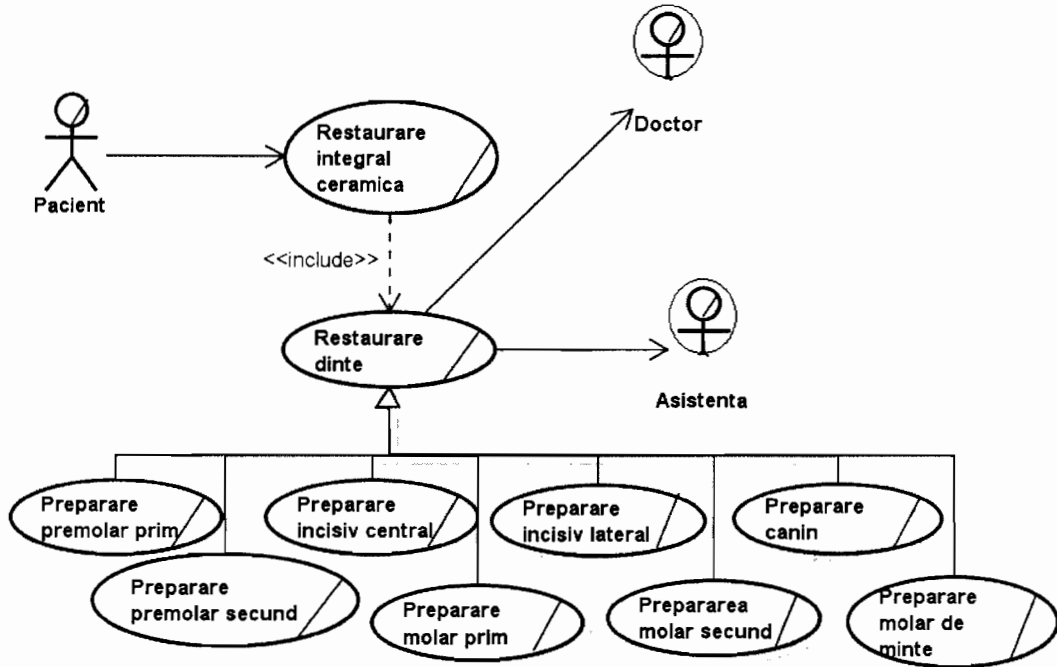


Figura 5. Diagrama cazurilor de utilizare business de pregătire a dinților pentru o coroană integral ceramică

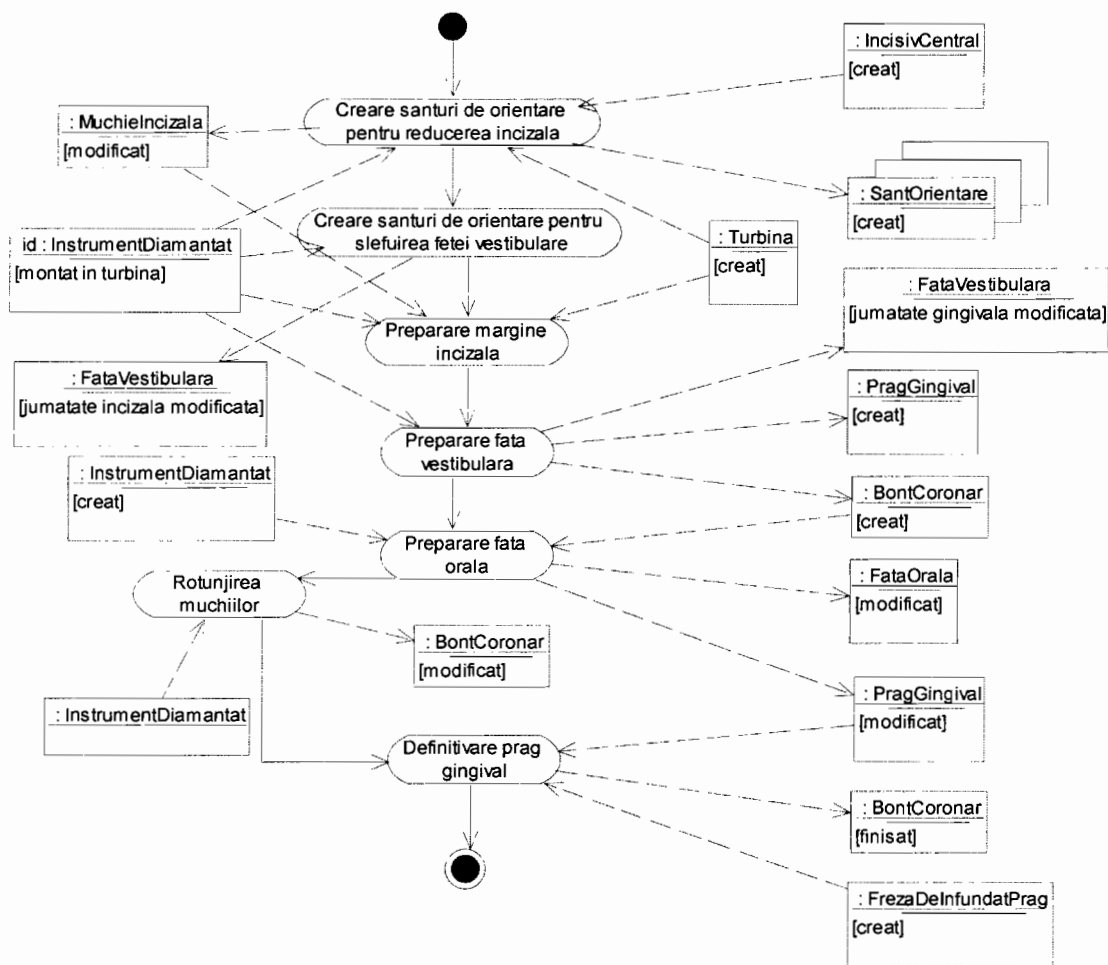


Figura 6. Diagrama de activități a cazului de utilizare business “Preparare bont coronar pentru incisiv central”

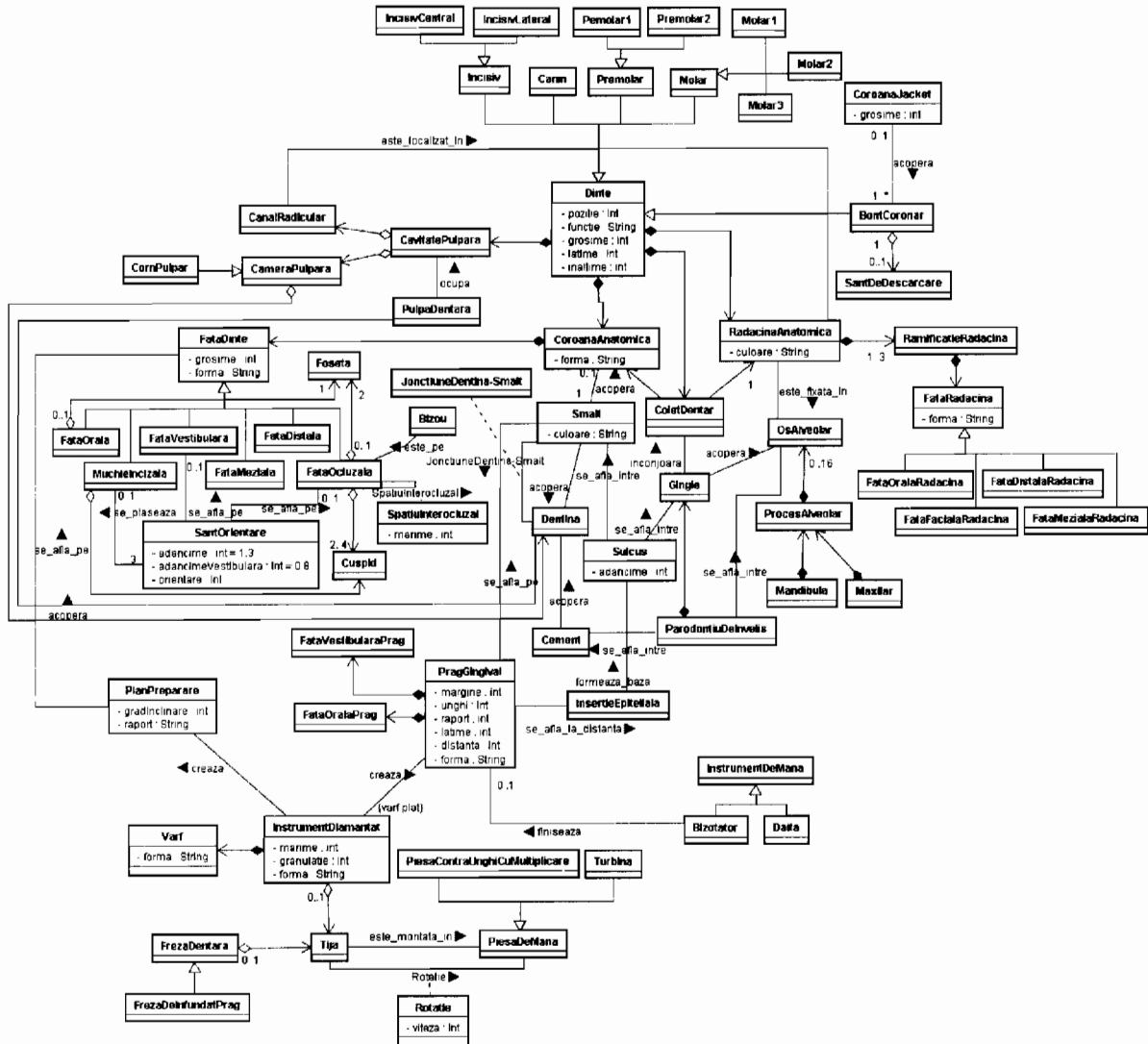


Figura 7. Diagrama de clase a modelului domeniului SI

În timpul acestei activități, au fost realizate următoarele documente și modele:

- documentul de cerințe ce conține cerințele funcționale și atributele de calitate ale sistemului;
- modelul funcțional ce conține descrierea cazurilor de utilizare software și diagrama acestora. Datorită complexității diagramei, în Figura 8 prezentăm numai o parte a ei.

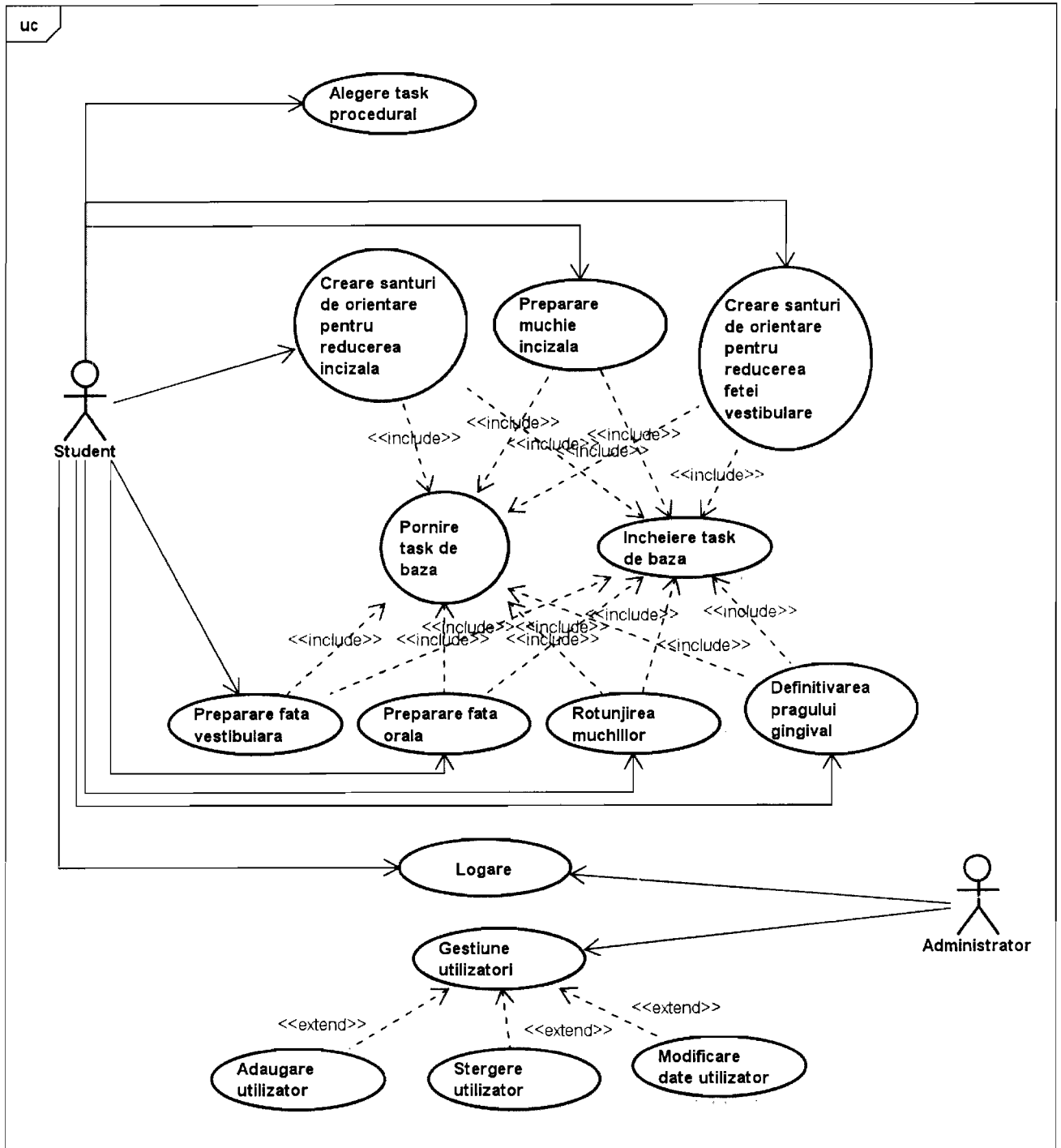


Figura 8. O parte din diagrama cazurilor de utilizare software a sistemului

Apoi am realizat baza de date 3D ce contine modele 3D ale dintilor si ale instrumentelor folosite in prepararea dintilor in vederea obtinerii bonturilor dentare. Pentru realizarea modelelor 3D au fost scanate modelele din ghips a dinților reali folosind scanner-ul MVT CLS60 [<http://www.micrometric-vision.com/Products.html>] (Figura 9).



Figura 9. Scanarea unui molar

Mulțimea de puncte obținută în urma scanării fiecărui model a fost rafinată în MeshLab [<http://meshlab.sourceforge.net/>] și apoi a fost modelată folosind Blender [<http://www.blender.org/>]. Modelele 3D obținute au fost memorate în fișiere VRML [<http://www.web3d.org/x3d/vrml/>].

În Figura 10 și Figura 11 arătăm modelele 3D ale dinților folosiți în simulare.

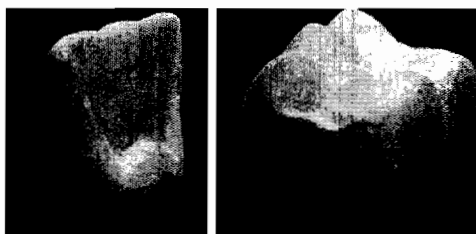


Figura 10. Modelele 3D ale unui incisiv central (stanga) și molar prim inferior (dreapta)

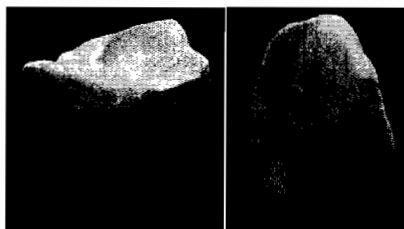


Figura 11. Modelele 3D ale unui premolar superior (stanga) și a unui canin (dreapta)

În Figura 12 și Figura 13 arătăm modelele 3D ale instrumentelor folosite.

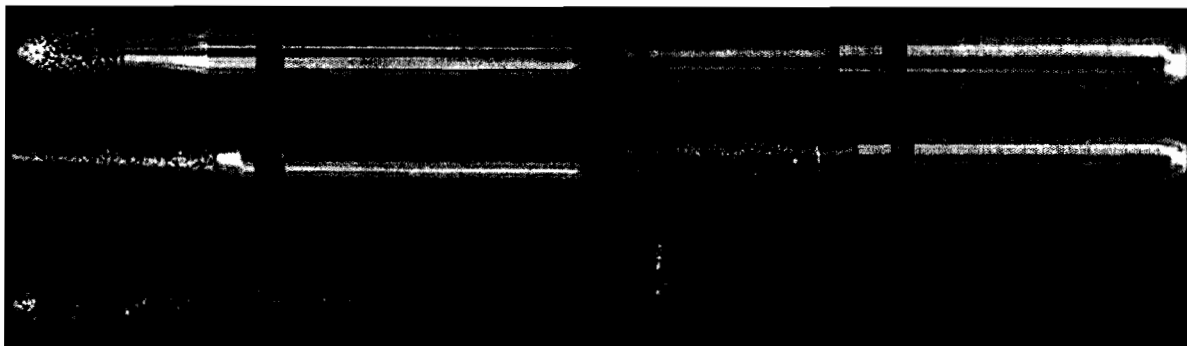


Figura 12. Modele 3D ale instrumentelor diamantate necesare preparării bontului

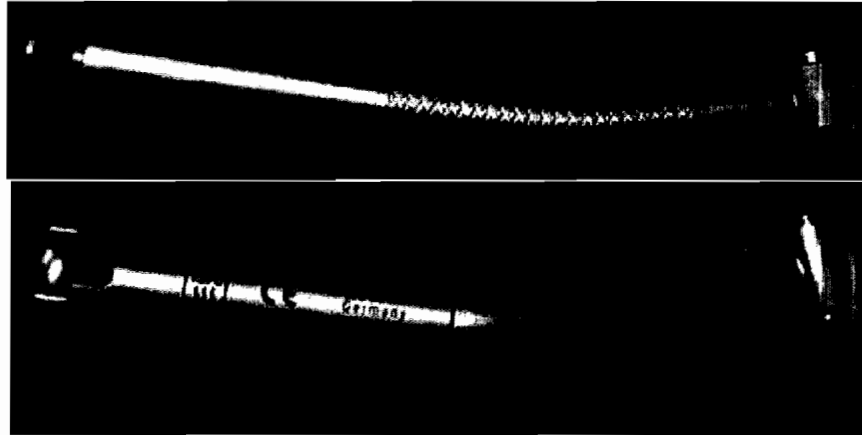


Figura 13. Modele ale pieselor de mână necesare preparării dinților

Proiectarea si implementarea subsistemelor

Subsistemele din cadrul aplicatiei dezvoltate functioneaza in paralel, pentru a spori viteza de raspuns a simularii. Configuratia firelor de executie a fost implementata dupa cum urmeaza:

# executie	Fir	Subsistem	Funcție indeplinită
1			Intretinerea conexiunii cu dispozitivul haptic
2		Redare haptica	Preluarea datelor de pozitie si orientare a stylus-ului haptic
3			Redarea fortelor rezultate din sistem
4			Redare grafica
5		Modulul de simulare fizica	Calculul privind coliziunile ce apar in timpul simularii. Asigura parametrii necesari pentru a simula corect contactul tactil cu obiectele din scena. Datorita complexitatii calculului, executia acestui modul se extinde pe 8 fire de executie
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13		Modul pentru eliberarea memoriei	Este apelat in caz de necesitate, pentru a elibera memoria ocupata de celelalte module, pentru a evita supraincarcarea memoriei sistemului.
14			

Subsistemele mentionate asigura executia aplicatiei in timp real. Pentru implementarea subsistemelor au fost folosite urmatoarele framework-uri si API-uri, fiecare din ele avand un rol important in dezvoltarea subsistemelor:

Cerinte software necesare:

- Framework-ul de simulare 3D, AReVi, dezvoltat de ENIB, Franta

Acest framework este dezvoltat pe baza API-ului OpenGL si este folosit pentru redarea vizuala a mediilor virtuale 3D. In acelasi timp el reprezinta baza intergului sistem, datorita flexibilitatii sale si usurintei in crearea legaturilor cu alte framework-uri si API-uri de dezvoltare.

- API-ul OpenHaptics, dezvoltat de SensAble

Impreuna cu driverele Phantom Device Drivers, API-ul OpenHaptics este puntea de legatura intre dispozitivul haptic si aplicatia dezvoltata. Acesta asigura buna comunicare intre aplicatie si dispozitiv, fiind astfel baza subsistemului de redare haptica.

- Biblioteca Bullet Physics

Sta la baza modulului de simulare fizica si reprezinta o colectie de pachete, care impreuna simuleaza comportamentul fizic al obiectelor 3D din mediul virtual, precum, viteza de deplasare, fortele care actioneaza asupra acestora, dar si detectia coliziunii intre mai multe obiecte.

- Framework-ul Qt, dezvoltat de Nokia

Este un framework cross-platform (independent de platforma), care permite dezvoltatorilor sa creeze interfete grafice pentru utilizator.

- Sistemul de operare tip Linux (distributia recomandata OpenSuse) pe arhitectura X64

Toate framework-urile si API-urile folosite in dezvoltarea prototipului sunt open-source (cu surse deschise).

Aceasta configuratie a fost pusa in practica in cadrul laboratorului CERVA din cadrul Universitatii OVIDIUS Constanta (Figura 14).

Evaluarea sistemului

Pentru a realiza activitatea de testare a sistemului am creat două chestionare care au avut urmatoarele obiective de evaluare:

- ușurința utilizării sistemului,
- realismul simulării,
- utilizarea eficientă a dispozitivului haptic.

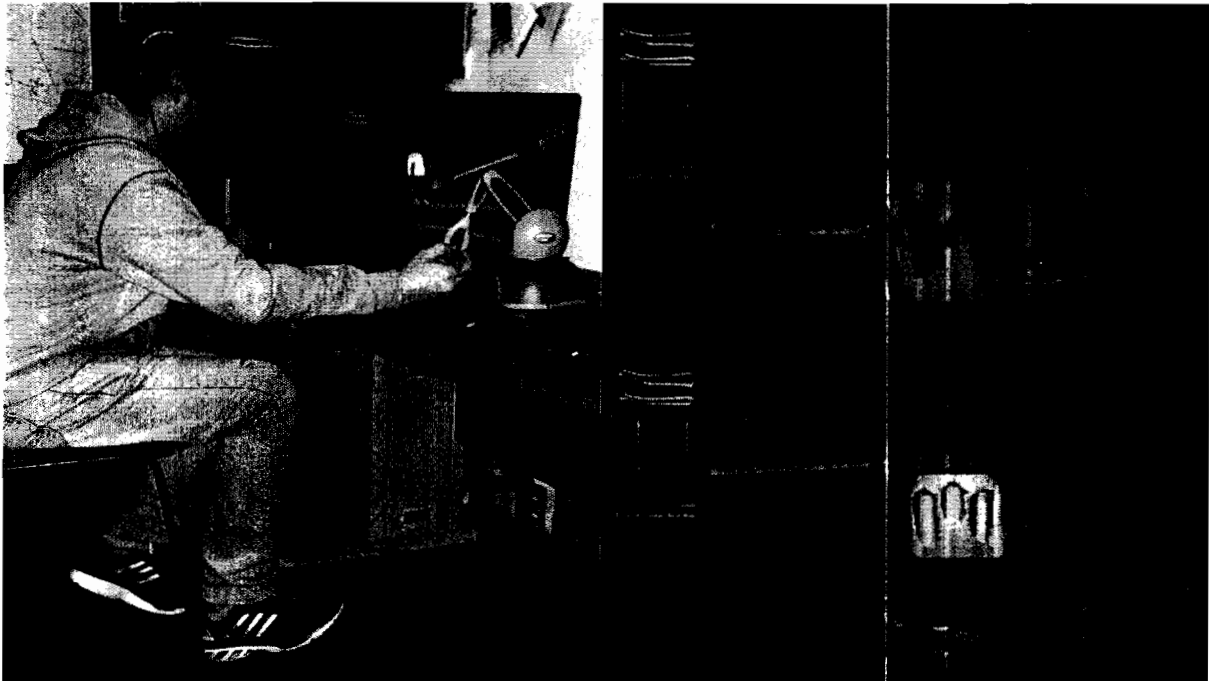


Figura 14. Utilizarea sistemului

Reamintim ca, in ingineria software-ului, ușurința utilizării este un atribut de calitate care arată gradul in care sistemul poate fi folosit eficient si măsura in care utilizatorii sunt satisfăcuți in indeplinirea anumitor obiective in medii specifice.

Fiecare test contine un set de criterii de evaluare notate cu cifre intre 1 si 5 cu urmatoarea semnificatie:

1	2	3	4	5
COMPLET DE ACORD	DE ACORD	PARTIAL DE ACORD	NU SUNT DE ACORD	COMPLET IMPOTRIVA
EXCELENT	FOARTE BINE	BINE	SATISFACATOR	NESATISFACATOR

Chestionarele au fost completate de catre 6 medicii stomatologi si de catre 25 studenti de la Facultatea de Medicina dentara a universitatii Ovidius din Constanta.

Rezultatele testelor au demonstrat ca timpul de acomodare cu sistemul variaza intre 10-30 minute, corespondenta dintre volumul de lucru din mediul real si cel din mediul virtual fiind esentiala. Totodata, indiciile auxiliare precum umbrele, variatiile de marime ale obiectelor si simtul atingerii faciliteaza orientarea spatiala a utilizatorului.

Reproducerea conditiilor reale de lucru prin introducerea posibilitatii actionarii turbinei cu ajutorul pedalelor si a utilizarii ambelor maini in exprimarea actului medical, a condus la o acomodare mai rapida a utilizatorilor.

Studiile efectuate asupra sistemului arata ca timpul mediu de executie a unei proceduri scade odata cu cresterea duratei de folosire. Astfel, se observa o acomodare uniforma a utilizatorului cu sistemul in cadrul unei sesiuni de lucru de o ora si 30 minute, timp in care acestuia i se propune repetarea aceleiasi proceduri (Figura 15).

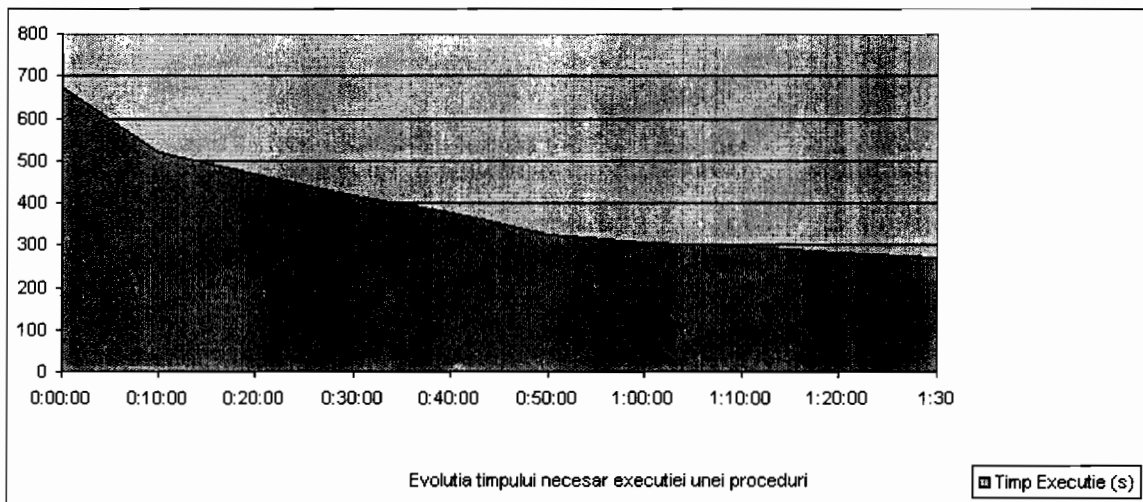


Figura 15. Evolutia timpului necesar executiei unei proceduri (in secunde)

Odata cu acomodarea cu sistemul, precizia medie de executie a operatiilor creste gradat cu repetarea exercitiului (Figura 16).

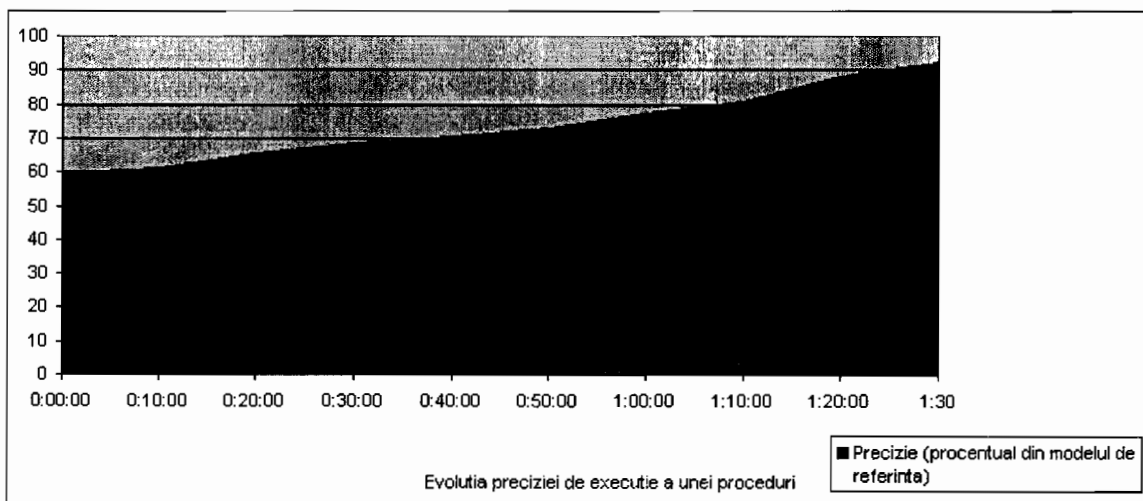


Figura 16. Evolutia preciziei de executie (evaluata procentual din modelul de referinta realizat de catre specialist)

Statistica a fost efectuată pe un esanțion de 20 de studenți la medicina dentară, și a avut ca scop determinarea utilizabilității sistemului și importanța sa în procesul de învățare a procedurilor de protetică dentară. Rezultatele acestei statistici arată faptul că utilizatorul se poate adapta la configurația sistemului în timp relativ scurt, iar repetiția procedurii după scurt timp, fără riscul de a epuiza materialele, face ca învățarea să fie mai eficientă.

i) INDICAREA, dacă nu rezultă în mod evident din prezentarea în detaliu conform lit. h) sau din natura invenției, A MODULUI ÎN CARE INVENȚIA ESTE SUSCEPTIBILĂ A FI APLICATĂ INDUSTRIAL.

Sistemul va fi folosit de către studenții facultății de medicină dentară a universității Ovidius din Constanța pentru dobândirea abilităților necesare realizării bonturilor dentare.

La ora actuală, abilitățile sunt obținute în laboratoarele facultății de medicină dentară în două stagii. În primul stagiul, studenții folosesc arcade artificiale – uneori plasate într-un cap de manechin - folosind instrumente dentare reale, cum ar fi freze, etc. Modelele artificiale nu furnizează nivelul de detaliu și proprietățile materiale ale dinților reali.

În al doilea stagiul, studenții realizează proceduri dentare pe pacienți reali sub atenta supervizare a profesorilor lor. Astfel, studenții trec printr-un proces de încercare și eroare pentru obținerea unei experiențe mai bune și mai consistente și o realizare mai performantă și mai sigură a procedurilor medicale.

Sistemul va fi folosit de către studenți între cele două stagii de pregătire. Pentru aceasta va fi necesară o instruire minimală privind folosirea sistemului software și mai ales, a dispozitivului haptic (Phantom Omni).

REVENDICARI

Prin prezenta cerere de brevet revendicam urmatoarele:

- **configuratia vizuo-haptica** caracterizata prin aceea ca asigura returul de forta exprimat la nivelul mainii utilizatorului in totala sincronizare cu afisarea vizuala a gestului medical;
- **arhitectura software a sistemului** caracterizata prin faptul ca este formata din 5 subsisteme ce colaboreaza concurent pentru a asigura, in primul rand, un raspuns rapid si realist la actiunile utilizatorului asupra mediului simulat, si in al doilea rand, persistenta mediului;
- **simularea vizuo-haptica a interventiei la nivelul dintilor** caracterizata prin aceea ca permite modelarea in timp real vizuo-haptica a santurilor de orientare, a pragurilor gingivale realizate asupra diferitelor tipuri de dinti (incisiv central, premolar, molar si canin) avand o morfologie complexa, prezentand zone concave.