

# Tehnologii de interfațare naturală aplicate în proiectarea asistată de calculator

Florin Gîrbacia, Teodora Gîrbacia

Universitatea „Transilvania” Brașov

Eroilor 29, 500036, Brașov

garbacia@unitbv.ro, teodora.girbacia@unitbv.ro

## REZUMAT

Tehnologiile de interfațare naturală (în engl. Natural User Interface(NUI)) reprezintă un domeniu de cercetare relativ nou care are ca scop dezvoltarea de interfețe om-calculator, naturale și intuitive, ce utilizează comenzile vocale, mișcări ale mâinilor și recunoașterea gesturilor, modalități care coincid cu modul în care o persoană își comunică ideile unei alte persoane. În cadrul acestei lucrări este prezentată o interfață VRAD pentru modelarea directă CAD, utilizând tehnologii de interfațare naturală (senzor Microsoft Kinect și sistem de percepție vizuală autostereoscopică 3D). În urma experimentului efectuat se constată că tehnologiile NUI oferă un instrument intuitiv pentru editarea modelelor CAD inclusiv de către utilizatorii fără experiență în modelarea CAD.

## Cuvinte cheie

Realitate Virtuală, Interfețe Naturale, CAD.

## Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

## INTRODUCERE

O direcție de cercetare actuală a tuturor marilor producători de sistemele de proiectare asistată de calculator (în engl. *Computer Aided Design (CAD)*) este de a îmbunătăți funcționalitățile modelării CAD bazată pe trăsături parametrică. Modelarea parametrică se bazează pe construcția unui model secvențial, trăsătură cu trăsătură, câte o trăsătură la fiecare pas de modelare. Stabilirea unei trăsături se realizează prin intermediul parametrilor stocați în structura arborescentă.

Recent o nouă metodă de modelare CAD numită “modelare directă” a fost lansată de unii producători de software CAD dintre care se pot aminti: Siemens PLM Synchronous Technology, Space Claim, Solidworks, ProE. Modelarea directă permite manipularea directă a fețelor sau a unor trăsături (de exemplu a unui alezaj) fără a utiliza structura arborescentă de editare. Tehnologiile de Realitate Virtuală s-au dezvoltat în ultimul deceniu, ajungând a fi implementate în cadrul aplicațiilor industriale. Datorită avantajelor pe care tehnologiile RV le oferă pe plan mondial au fost realizate cercetări care au avut ca scop integrarea tehnologiilor de Realitate Virtuală și Realitate Augmentată în procesul de generare a modelelor CAD, fiind astfel create noi tipuri de sisteme CAD denumite VRAD (Virtual Reality Aided Design).

Cercetările actuale în domeniul sistemelor integrate VRAD au condus la sisteme care pot fi clasificate în două

categorii: (i) sisteme integrate VRAD în care tehnologiile RV/AR sunt utilizate pentru vizualizarea stereoscopică și evaluarea modelelor CAD generate anterior în cadrul sistemelor CAD; (ii) sisteme integrate VRAD care permit crearea, modificarea și manipularea modelelor CAD utilizând tehnologii RV/AR. În cazul cercetărilor din prima categorie, utilizatorii pot doar vizualiza și analiza modelele solide 3D în medii imersive. Aceste tipuri de sisteme VRAD sunt utilizate cu precădere pentru vizualizarea modelelor CAD 3D de dimensiuni mari în industria aeronautică, auto, construcții [2, 6, 7]. Dezavantajul acestui tip de sistem îl reprezintă imposibilitatea de a modifica direct în mediul imersiv modelul 3D, fiind necesar ca utilizatorul să revină în cadrul sistemului CAD convențional pentru a realiza modificările necesare.

A doua categorie de sisteme integrate VRAD o reprezintă acele sisteme care permit utilizatorului să editeze și să manipuleze modelul CAD direct imersat în mediul virtual. Tendința actuală reflectată în cercetările de vârf [1, 4, 9, 13, 14] din această categorie a urmărit reconceperea în întregime a softurilor CAD existente pentru a crea sisteme interactive [12]. Transferul acestui tip de abordare în practică este complex, întrucât presupune renunțarea completă la softurile existente și înlocuirea acestora cu noile softuri VRAD. De aceea în cadrul sistemului dezvoltat s-a urmărit utilizarea tehnologiilor de RV/AR actuale în conjuncție cu un sistem existent de proiectare asistată de calculator care să ilustreze o modalitate de trecere la sistemele VRAD.

Tehnologiile RV NUI reprezintă un domeniu de cercetare relativ nou care are ca scop dezvoltarea de interfețe om-calculator, naturale și intuitive, ce utilizează comenzile vocale, mișcările mâinilor și recunoașterea gesturilor, modalități care coincid cu modul în care o persoană își comunică ideile unei alte persoane. Cercetările recente în domeniul sistemelor VRAD bazate pe tehnologii RV NUI au avut ca scop crearea unor interfețe naturale om-calculator pentru înregistrarea procesului de modelare CAD [8] sau pentru explorarea modelelor CAD [3]. Scopul acestei lucrări este de a prezenta o interfață pentru modelarea directă, utilizând tehnologii de Realitate Virtuală NUI.

## STUDIU COMPARATIV REFERITOR LA MODELAREA CAD DIRECTĂ ȘI MODELAREA CAD PARAMETRICĂ FOLOSIND INTERFAȚA WIMP

Pentru a demonstra viabilitatea implementării în cadrul interfeței VRAD a principiilor modelării directe, într-o primă etapă a fost realizat un studiu comparativ referitor la modelarea CAD directă și modelarea CAD parametrică folosind interfața Windows, Icons, Menu, Pointer (WIMP).

Scopul acestui studiu a fost de a evalua eficiența metodei directe de modelare comparativ cu utilizarea metodei parametrice pentru piesa CAD din figura 2, utilizând sistemul CAD Solidworks.

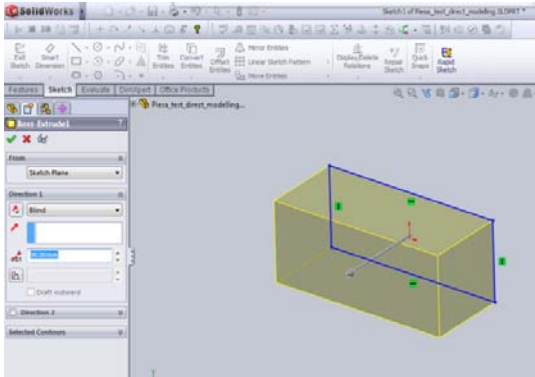


Figura 1 Modelarea parametrică a modelului CAD experimental

Într-o primă etapă s-au modificat dimensiunile alezajului și înălțimii piesei utilizând structura arborescentă (fig. 1), iar în partea a doua a experimentului s-au modificat aceleași entități prin intermediul facilităților de modelare directă existente în programul SolidWorks[10] (comanda MoveFace fig. 2). S-a măsurat timpul de realizare a modificărilor, numărul de apăsări ale tastaturii și numărul de click-uri de mouse.

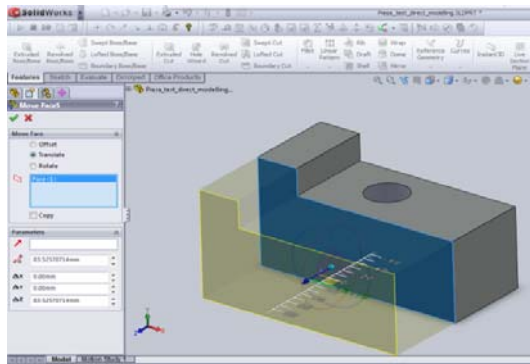


Figura 2 Modelarea directă a modelului CAD experimental

În tabelul de mai jos este prezentată media valorilor obținute în urma efectuării experimentului. Se poate observa că timpul necesar pentru modificarea unor trăsături ale modelului este mai mic, utilizând metoda de modelare directă. De asemenea numărul de apăsări ale tastaturii și click-urilor de mouse este redus. De aceea se poate afirma că modelarea „directă” permite creșterea eficienței procesului de modelare CAD.

Totuși și în cazul metodei de modelare directă este utilizată metafora WIMP. Majoritatea funcțiilor care se pot activa au reprezentare vizuală (prin intermediul icoanelor), iar utilizatorii selectează comenzile prin activarea icoanelor corespunzătoare cu ajutorul pointerului.

Un exemplu îl reprezintă translatarea unei fețe a modelului CAD ce necesită specificarea secvențială a axelor de translație (x,y,z) prin intermediul icoanelor conținute de interfața WIMP a sistemului CAD, urmând ca apoi să revină în spațiul de lucru tridimensional și prin intermediul unei operații ”drag&drop” să se realizeze această translație.

Tabelul 1 Evaluarea generării modelului CAD experimental

Incercare	Timp(secunde)		Click Mouse		Apasare tastatura	
	Modelare parametrică	Modelare directă	Modelare Parametrică	Modelare directă	Modelare parametrica	Modelare directă
1	70	42	31	19	1	1
2	67	63	27	24	6	0
3	84	47	29	18	6	2
4	68	39	25	16	8	2
5	78	36	30	18	8	2
Media	73.4	45.2	28.4	19	5.8	2.2

Datorită creșterii exponențiale a informațiilor cu care fiecare utilizator lucrează și a diversificării acestora, metafora WIMP prezintă limitări ce se traduc în eforturi cognitive considerabile depuse de utilizator mai ales în etapa de instruire când acesta trebuie să efectueze raționamente asupra instrumentelor (icoane, meniuri) care trebuie utilizate pentru o anumită comandă, să le identifice și selecteze pe cele potrivite, iar în final să activeze aceste icoane prin intermediul pointerului. Evident, pe măsură ce se instalează o anumită rutină, efortul cognitiv scade, însă și pentru această etapă este importantă organizarea și eficiența metaforei. De aceea, în această lucrare este prezentată o interfață VRAD care permite modelarea CAD utilizând tehnologii NUI. Comparativ cu modelarea CAD indirectă WIMP, principalul avantaj al modelarea directe utilizând tehnologii NUI îl reprezintă accesul direct la spațiul modelului, fără a fi necesar a se utiliza elemente grafice ajutătoare (de exemplu structura arborescentă ierarhică a modelului CAD).

Tabelul 2 Editarea modelului CAD

Metafore WIMP editare model CAD parametric	Metafora WIMP editare model CAD fără structura arborescentă	Metafora RV editare model CAD
Indirect: identificare trăsătură în structura arborescentă a modelului, selecție și editare prin meniu, icoane mouse și tastatură.	Indirect: Activare funcții editare din meniu sau icoane, selecție entitate prin intermediul pointer virtual 2D, editare utilizând drag-and-drop widgets, transmitere informații alfanumerice tastatură.	Direct: selecție entitate prin pointer virtual 3D, editare prin gesturi sau comenzi vocale.

**TEHNOLOGII RV NUI UTILIZATE**

Înlocuirea modalității de modelare indirectă WIMP s-a realizat prin utilizarea gesturilor de deplasare a mâinii pentru operații de selectare și modificare a dimensiunilor entităților modelului CAD în mod direct și a comenzilor vocale pentru: (i) transmiterea informațiilor alfanumerice (valori ale dimensiunilor entităților); (ii) activarea modului de modelare directă. Pentru identificarea gesturilor și deplasării utilizatorului precum și a comenzilor vocale s-a utilizat senzorul Microsoft Kinect. Pentru percepția vizuală a fost utilizat în cadrul interfeței VRAD un sistem de vizualizare autostereoscopică Alioscopy (fig. 3) disponibil în cadrul laboratorului de CAD și Realitate Virtuală de la UTBv. Pentru reprezentarea modelului 3D este utilizat formatul Virtual Reality Modelling Language (VRML 2.0)[11], iar pentru vizualizarea modelului în cadrul sistemului autostereoscopic este utilizat BS Contact Stereo Viewer 8.0. Pentru identificarea gesturilor de deplasare a mâinii și a comenzilor vocale a fost dezvoltată o aplicație software utilizând Microsoft Kinect SDK.

## ARHITECTURA SOFTWARE A SISTEMULUI INTEGRAT VRAD

Arhitectura software a sistemului integrat VRAD este bazată pe separarea managementului evenimentelor RV în module distincte (fig. 4). În dezvoltarea sistemului VRAD pentru modelarea directă s-a urmărit modificarea arhitecturii software prezentată în [5].



Figura 3 Tehnologiile RV NUI utilizate

Modulele software de management al bazei de date RV, sincronizarea informațiilor CAD și selecția entităților modelului au fost implementate anterior, fiind necesar să se extindă sau implementeze modul de comunicare cu echipamentele RV NUI, modulul software de export și actualizarea modelului CAD SolidWorks, modulul software de management a comenzilor de editare a modelului CAD în mediu imersiv, modulul software de comunicare CAD-RV.

În scopul editării dinamice a entităților modelului CAD în mediu imersiv, modulul de decompoziție și transfer a modelului CAD a fost modificat cu scopul de a generaliza atributele entităților modelului CAD prin includerea unei interfețe definite printr-un nod de tip prototip (Proto). Pentru a permite identificarea entităților modelului CAD din baza de date VRAD și Solidworks B-Rep, a fost necesară conceperea și dezvoltarea unui algoritm de etichetare persistentă care să permită atașarea unor etichete pentru elemente ale modelului CAD (fețe și muchii). Etichetarea se realizează inițial în baza de date CAD și apoi este apelat algoritmul de export a informațiilor către sistemul VRAD. Avantajul acestei metode este reprezentat de posibilitatea de a modifica în mediul RV piese create anterior în programe CAD desktop precum și eliminarea erorilor de dublă etichetare a unei entități CAD ce pot apărea în cazul diferitelor operații de modelare (de exemplu în momentul când o față este divizată în două componente prin intermediul unei operații booleene). Pentru o bună performanță a algoritmului, dacă componenta există în baza de date anterior apelării algoritmului de etichetare, eticheta va rămâne identică. Etichetele sunt expresii ce conțin un identificator pentru fiecare element ( $f$  pentru fețele modelului,  $m$  pentru muchiile modelului) urmată de o valoare alfanumerică. De exemplu, prima față a modelului va avea eticheta  $f1$ .

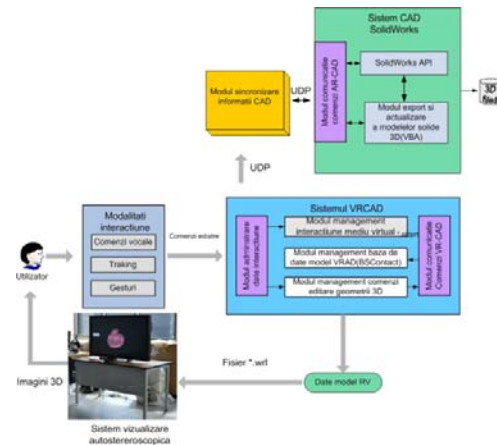


Figura 4 Arhitectura software a sistemului VR- CAD

În cadrul interfeței VRAD realizate, comenzile activate din icoane au fost înlocuite cu comenzi vocale. Comenzile vocale reprezintă una dintre cele mai naturale și intuitive modalități de transmitere a comenzilor către calculator, permițând implementarea unor noi tehnici de interacțiune ce nu necesită utilizarea mâinilor, astfel acestea putând fi folosite simultan pentru transmiterea altor comenzi, de exemplu la comunicarea prin gesturi. Pentru modelarea directă modelului CAD a fost utilizat un set de comenzi vocale ce permit identificarea valorilor numerice de la 0-9 și a comenzilor „translate face” și „offset”. O altă modalitate importantă a sistemului VRAD dezvoltat se bazează pe recunoașterea gesturilor și mișcărilor utilizatorului, folosind senzorul Microsoft Kinect. În mediul virtual utilizatorul va activa modul de modelare directă, va selecta o față a modelului și apoi va transla cea față prin deplasarea mâinii cu valoarea cu care se dorește a se modifica modelul CAD. Pentru o editare cu precizie ridicată se va transmite valoarea numerică prin intermediul comenzilor vocale numerice. Pentru explorarea modelului CAD în mediul virtual (operații de zoom, pan) au fost implementate gesturi utilizând pozițiile mâinii identificate de la senzorul Microsoft Kinect. Pentru operație de zoom utilizatorul va ține ambele mâini apropiate în față, iar apoi va deplasa mâinile pentru a „mări” imaginea percepută pe ecranul autostereoscopic. Pentru operația de „pan” utilizatorul va ține mâna dreaptă ridicată și va deplasa mâna la dreapta sau la ștanga.

## EXPERIMENT

Pentru evaluarea funcționalității interfeței VRAD dezvoltate, s-a realizat un experiment care a avut ca scop editarea unui model 3D realizat anterior în cadrul sistemului CAD Solidworks (fig. 5). În mediul virtual utilizatorul va activa modul de modelare directă, va selecta o față a modelului și apoi va transla cea față prin deplasarea mâinii cu valoarea cu care dorește să modifice modelul CAD. Actualizarea modelului se face instant bidirecțional, atât în mediul virtual cât și în programul SolidWorks. Programul implementat s-a dovedit a fi un instrument intuitiv pentru editarea modelelor CAD. Principalul avantaj al sistemului VRAD dezvoltat îl reprezintă posibilitatea de a fi folosit de către utilizatorii care nu au experiență în modelarea CAD. Un exemplu concludent ar fi posibilitatea de editare a modelului CAD

chiar de către clientul căruia îi va fi livrat produsul, într-un mod natural care nu necesită o pregătire anterioară referitoare la comenzile programului Solidworks. Astfel, clientul va putea să pună în practică modul în care dorește să modifice un model existent fără să fie necesar să navigheze prin meniuri sau să modifice parametrii din structura arborescentă asociată unui model. În acest mod sistemul implementat oferă posibilitatea mai multor categorii de utilizatori de a accesa și modifica datele unui model CAD în modul natural în care ei gândesc și doresc să modeleze o piesă CAD.

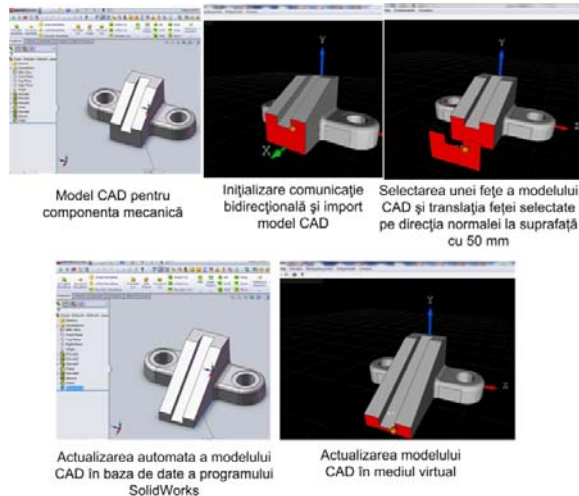


Figura 5 Editarea directă a unei piese utilizând interfața VRAD

Comparativ cu sistemul VRAD prezentat anterior în [5], avantajul sistemului VRAD bazat pe interfețe naturale constă în utilizarea mult mai facilă de către utilizatori, deoarece nu necesită realizarea unei calibrări pentru sistemul de urmărire a mișcării precum și antrenarea modului software pentru recunoașterea comenzilor vocale pentru fiecare utilizator. De asemenea, sistemul de vizualizare autostereoscopică nu necesită utilizarea unor ochelari pentru percepția 3D. Dezavantajele sistemului VRAD dezvoltat sunt în principal datorate preciziei scăzute a senzorului Kinect (corectată prin posibilitatea transmiterii valorilor numerice prin intermediul comenzilor vocale) precum și existența a doar șase puncte de percepție corectă a imaginilor 3D, utilizând sistemul de vizualizare autostereoscopică lenticular.

## CONCLUZII

Utilizarea interfeței VRAD prezentată în această lucrare oferă o modalitate intuitivă de editare a modelelor CAD datorită utilizării tehnologiilor NUI ce permit interacțiunea și percepția naturală a mediului virtual. Principalul avantaj al interfeței VRAD dezvoltate este posibilitatea de editare a unui model CAD de către utilizatori neexperimentați în domeniul modelării CAD în modul în care gândesc datorită utilizării comenzilor vocale, deplasărilor mâinilor și recunoașterii de gesturi, percepției tridimensionale autostereoscopice, modalități care coincid cu modul în care o persoană își comunică ideile unei alte persoane.

Realizarea unui studiu extins de evaluare a interfeței dezvoltate precum și implementarea unor metode de asamblare a pieselor CAD utilizând tehnologiile RV NUI reprezintă următoarele obiective de cercetare.

## Confirmare (Mulțumiri)

Cercetările prezentate în cadrul acestei lucrări au fost parțial susținute de grantul strategic POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) din cadrul Ministerului Educației Naționale, România, co-finanțat de Fondul Social European - Investește în oameni, în cadrul Programului Operațional Sectorial de Dezvoltare a Resurselor Umane 2007-2013.

## REFERINȚE

1. Bourdot, P. et al., „VR-CAD integration: Multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models”. *Computer-Aided Design* 42, 445, 2010.
2. Chamaret, D., Richard P. Multimodal prop-based interaction with virtual mock-up: CAD model integration and human performance evaluation, *Proc. Virtual reality software and technology*, 259-260, 2008.
3. Fiorentino, M., Radkowski, R., Stritzke, C., Uva, A., Monno, G., Design review of CAD assemblies using bimanual natural interface. *Intl Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 7, p. 249, 2013.
4. Gironimo, G., Lanzotti, A., „Designing in VR”, *Int J Interact Des Manuf*, 3, 51-53, Springer, 2009.
5. Gîrbacia, F., Virtual Reality technologies applied in Computer Aided Design, *RoCHI*, 47-50, 2007.
6. Raposo, A., Corseuil, E., Wagner, G., Santos, I., Gatass, M., Towards the use of CAD models in VR applications, *Proc. Virtual reality continuum and its applications*, Hong Kong, China, 67- 74, 2006.
7. Paillot, D., Merienne, F., Thivent, S., Cad/Cae visualization in virtual environment for automotive industry. *Proc. EGVE '03*, 315-316, 2003.
8. Sivanathan, A., "The application of ubiquitous multimodal synchronous data capture in CAD", *Computer-Aided Design*, In Press, 2014.
9. Shen, Y et al. Augmented reality for collaborative product design and development, *Design Studies* (2009), doi:10.1016/j.destud.2009.11.001.
10. SolidWorks Corporation. [www.solidworks.com](http://www.solidworks.com).
11. Specification of VRML2.0. <http://www.web3d.org/>, ultima accesare 18.06.2014.
12. Talaba, D., Horváth, I., Lee, K. H., Computer-Aided Design on virtual and augmented reality technologies, *Computer-Aided Design* 42, p. 361, 2010.
13. Wang, Q.-H., Li, J.-R., Wu, B.-L., Zhang, X.-M., "Live parametric design modifications in CAD-linked virtual environment". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 50, p. 859, 2010.
14. Weidlich, D., Cser, L., Polzin, T., Cristiano, D., "Virtual Reality Approaches for Immersive Design". *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 56, p. 139, 2007.