



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

RECONSTITUIREA GEOMETRIEI UNUI IMPLANT DE GENUNCHI

Dorian NEDELICU, Vasile COJOCARU

REVERSE ENGINEERING OF A KNEE IMPLANT

The objective of the application is to describe the reverse engineering stages to transform a real knee implant into a virtual geometry, using the Noomeo Optinum 3D scanner, Numisoft and Rapidform XOR3 software.

Cuvinte cheie: inginerie inversă, scanner 3D, implant
Keywords: Reverse Engineering, 3D scanner, implant

1. Introducere

Reverse Engineering este un proces prin care se reproduce numeric un obiect fizic, prin scanare 3D. În urma scanării rezultă un „nor de puncte”, format din coordonatele tridimensionale ale acestora. Norul de puncte se poate transforma, prin aplicații specifice, într-o rețea poligonală (mesh) și ulterior în suprafețe de tip NURBS respectiv solide. În final se obține un fișier care poate fi prelucrat de programe CAD. Echipamentul care realizează scanarea este denumit scanner 3D. Figurile 1...4 exemplifică acest proces, prin care geometria piesei reale, figura 1, este transformată într-o geometrie virtuală (model 3D), figura 4; transformarea norului de puncte obținut în urma scanării, figura 2, în rețea poligonală, figura 3, sau solid 3D, figura 4, se realizează prin aplicații specializate, cum ar fi: Geomagic sau Rapidform.

Dimensional Control este un proces care realizează comparația unui obiect teoretic 3D generat într-o aplicație CAD cu

obiectul real reconstituit prin scanare 3D. Comparația se poate realiza și pentru același obiect, dar la diferite momente de timp, pentru a evidenția evoluția dimensională a acestuia în timp. Prin intermediul unei aplicații specializate, norul de puncte generat prin scanare se aliniaza cu modelul teoretic CAD; aplicația furnizează – sub forma unor hărți de culori – distribuția diferențelor dimensionale între modelul teoretic și cel real, la nivel de suprafețe, figura 5 sau secțiuni, figura 6.



Fig. 1 Piesa scanată

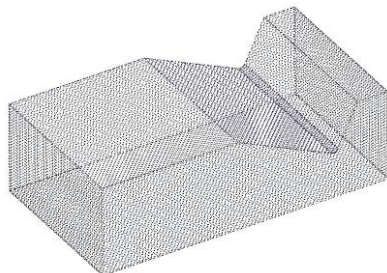


Fig. 2 Nor de puncte

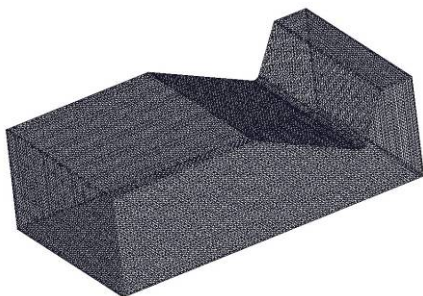


Fig. 3 Rețea poligonală 3D (Mesh)

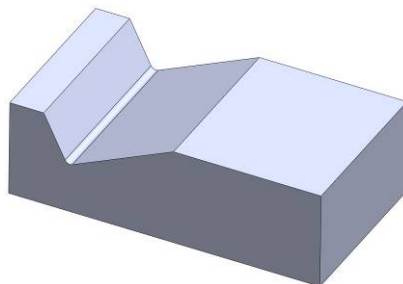


Fig. 4 Model 3D

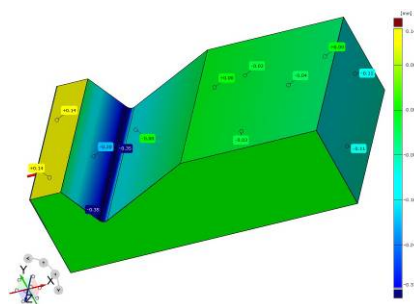


Fig. 5 Inspecție pe suprafețe

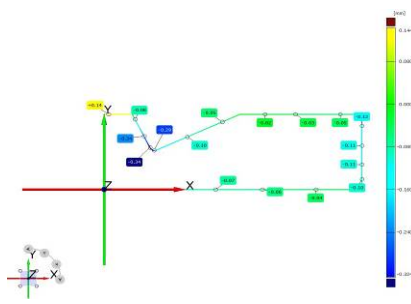


Fig. 6 Inspecție pe secțiuni

2. Scanerul 3D

Scannerul 3D Noomeo Optinum [1], figura 7, din dotarea Centrului pentru Simulări Numerice și Prototipare [2] din cadrul Universității „Eftimie Murgu” Reșița, este un scanner portabil, care se conectează la sistemul de achiziție prin conexiune USB 2.0, cu autonomie la nivel de ore oferită de acumulatorul inclus în configurație. Scannerul utilizează tehnologia „*Vision based self positioning*” și realizează achiziția norului de puncte prin imagini fotografice multiple succesive, prin intermediul unui senzor CCD cu rezoluția 1024x768 px, care poate prelua până la 500.000 de puncte/imagini. Acuratețea scannerului este de +/- 100 μm, rezoluția spațială 300 μm, distanța de achiziție 400 mm, DOF 150 mm (DOF - distanța dintre obiectele cel mai apropiate și cele mai îndepărtate dintr-o scenă care apar acceptabil de clar într-o imagine), FOV A4 (FOV - extinderea spațiului observabil la un moment dat). Volumul obiectelor care pot fi scanate se încadrează în domeniul $10 \text{ cm}^3 \div 1 \text{ m}^3$, dimensiunea limită minimală achiziționabilă fiind de 1 cm. Dimensiunile scannerului sunt 230 mm x 230 mm x 80 mm, iar greutatea este sub 2 kg.

Scannerul Noomeo Optinum combină tehnologia luminii structurate, care permite captarea instantanee a geometriei prin analiza deformării unor repere luminoase repetitive proiectate pe obiect, cu procesarea imaginii 2D, care permite obținerea poziției scannerului față de obiectul vizat și capturarea texturii acestuia.

Astfel, prin procesarea imaginii 2D, se obține autopoziționarea, care elimină necesitatea utilizării markerilor, iar fluxul de lumină oferă informațiile suplimentare necesare preluării geometriei sub forma unui nor de puncte.

3. Aplicații software

Scannerul Noomeo Optinum este însoțit de software-ul dedicat **NumiSoft**, care intermediază întreg procesul de achiziție și realizează achiziția modelului 3D la nivel de nor de puncte.

În același timp, NumiSoft constituie driverul de comunicare cu partea hardware și conține algoritmi specifici pentru procesarea norului de puncte: aliniere 3D a norului de puncte, reconstrucție automată a modelului 3D, capabilități de curățare a norului de puncte, rafinarea muchiilor ascuțite, optimizări punctuale, export nor de puncte în format ASCII și XYZ, comparație cu geometrie STL-CAD la nivel de puncte, strategii de aliniere de tip geometrie și/sau textură.



Fig. 7 Scannerul 3D Noomeo Optimum

Aplicația **Geomagic Wrap** [3] este un instrument software dedicat transformării norului de puncte rezultat din scanare într-o rețea poligonală 3D (*mesh*), care poate fi utilizată în proiectare, analiză sau fabricație. Geomagic Wrap poate procesa seturi largi de date, preluate de la diferite variante de scanere, oferă posibilități de optimizare a datelor scanate (eliminarea punctelor aberante, reducerea zgomotului punctual perturbator etc.), de aliniere a seturilor multiple de date punctuale, generarea rețelei poligonale, modificarea, editarea și curățarea rețelei, detectarea erorilor din rețea, detectarea și generarea entităților specifice unui model, repararea și ascuțirea muchiilor, exportul modelului 3D în diferite formate: STL, OBJ, VRML1, VRML2, DXF, PLY și 3DS.

Aplicația **Rapidform XOR3** [4], [5] este un puternic instrument software de tip „*reverse engineering*” care combină tehnologia CAD cu

algoritmi de procesare a datelor scanate 3D, pentru a genera modele solide parametrice direct din setul de date scanate. Deoarece este construit pe nucleul CAD Parasolid, Rapidform XOR3 permite generarea de modele solide 3D direct în acest mediu sau transformarea datelor scanate în modele solide 3D, cu salvarea istoricului modelării componente, prin înregistrarea succesivă a operațiilor într-un arbore, așa cum se întâmplă în programele CAD clasice. Datorită acestei posibilități Rapidform XOR3 permite exportul geometriei în formate native SolidWorks, Pro/E, AutoCAD, CATIA și altele. Pentru procesarea datelor scanate, Rapidform XOR3 oferă trei variante de operare:

- | | |
|------------------|---|
| Scan-to-Mesh | <ul style="list-style-type: none"> ○ setul/seturile de date scanate sunt aliniat și reunite într-un singur set; ○ pregătire mesh prin operații de umplere găuri, generarea de curburi continue, eliminare erori punctuale, reducere mărime/optimizare mesh; ○ modelare mesh prin operații de deformare, offset-are, aplicare de culori și/sau texturi; ○ export în format mesh: STL, OBJ etc. |
| Scan-to-Surfaces | <ul style="list-style-type: none"> ○ setul/seturile de date scanate sunt aliniat și reunite într-un singur set; ○ pregătire mesh prin operații de umplere găuri, generarea de curburi continue, eliminare erori punctuale, optimizare/reducere mărime mesh; ○ generare suprafețe în mod automat sau interactiv; ○ export în formate neparametrice: IGES, STEP; |
| Scan-to-CAD | <ul style="list-style-type: none"> ○ setul/seturile de date scanate sunt aliniat și reunite într-un singur set; ○ modelare solidă prin extragerea entităților specifice CAD, construirea modelului parametric solid și verificarea acurateții; ○ export în formate parametrice: SolidWorks, Pro/E, AutoCAD, CATIA etc. |

Aplicația **Rapidform Explorer** [4] este o aplicație „free” care permite vizualizarea de modele 3D și fișiere specifice generate de scanere, în circa 40 de formate, oferă posibilitatea de măsurare a geometriei și de generare de rapoarte. De asemenea se pot deschide fișiere native Rapidform (xrl, xdl, mdl), care includ entități de tip: nor de puncte, rețele poligonale (mesh), curbe, suprafețe, solide, note,

adnotări, geometrii referință, toleranțe, hărți de comparație Scan-to-CAD. Sunt disponibile instrumente de măsurare pentru distanțe, unghiuri, secțiuni, arii, volume și abateri de mesh pe modele 3D și se pot genera rapoarte în formate PowerPoint, Excel, PDF sau TXT.

Aplicația **GOM-Inspect** [6] este o aplicație „free” care permite inspecția 3D și procesarea rețelelor poligonale pentru analiza dimensională a seturilor de date de tip nor de puncte. Capabilități ale aplicației: import de modele CAD (IGES, STEP etc.) și a datelor scanate sub formă de nor de puncte (STL, ASCII), aliniere (automatic, 3-2-1, best-fit), procesare mesh (generare mesh, umplerea găurilor, rafinare mesh, extragerea curburii, export STL, ASCII), comparații CAD (suprafețe, secțiuni, puncte), generare de primitive CAD (linii, plane, cercuri, cilindrii, con etc.), instrumente de inspecție 3D și analiză 2D (dimensiuni, unghiuri, diametre), generarea de rapoarte (tabele, imagini, PDF) și export de date.

4. Implantul de genunchi

Imaginea implantului supus scanării 3D este prezentată în figura 8. Dimensiunile de gabarit ale piesei sunt 64 x 64 x 63 mm.



Fig. 8 Geometrie implant

5. Reconstituire geometrie implant

Prin scanare a rezultat un nor de puncte care conține 1.729.003 puncte, figura 9. Acest nor de puncte s-a importat în aplicația Rapidform XOR3, figura 10, pentru generarea rețelei poligonale (mesh), figura 11, precum și a geometriei de tip solid, figura 12.

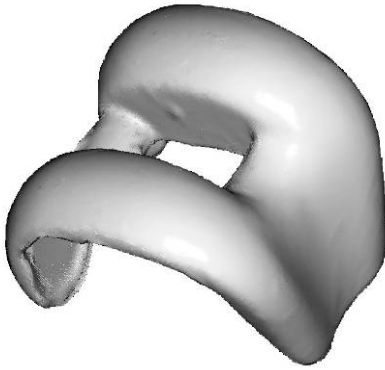


Fig. 9 Nor de puncte (1.729.003 puncte) generat prin scenerul Noomeo și aplicația Numisoft 2011

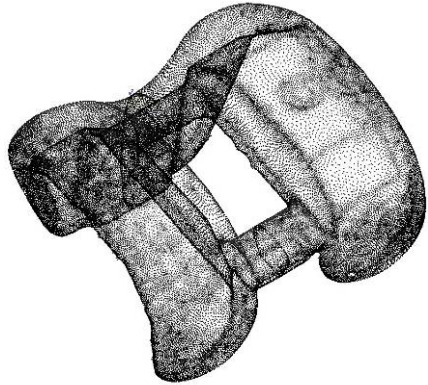


Fig. 10 Nor de puncte încărcat în aplicația Rapidform XOR3

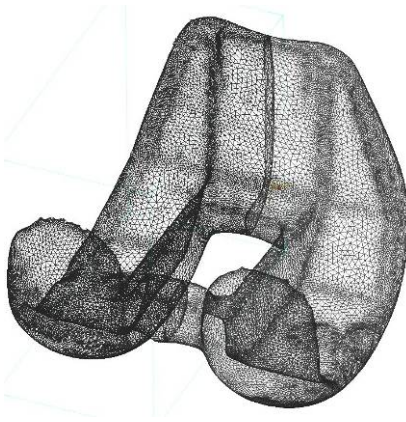


Fig. 11 Rețea poligonală (Mesh) creată în aplicația Rapidform XOR3



Fig. 12 Geometrie implant reconstituită în aplicația Rapidform XOR3

6. Concluzii

■ Utilizând scannerul 3D Noomeo Optimum a fost scanată geometria unui implant de genunchi. Norul de puncte, rezultat în urma scanării, a fost prelucrat prin aplicații specifice, obținându-se rețeaua poligonală (mesh-ul), respectiv modelul solid al implantului.

■ Lucrarea demonstrează posibilitățile de utilizare ale scannerului 3D din dotarea Centrului pentru Simulări Numerice și Prototipare din cadrul Universității „Eftimie Murgu” din Reșița, pentru aplicații de tip *Reverse Engineering*.

■ Folosirea tehnologiilor de scanare și imprimare 3D pentru reconstituirea unor părți ale sistemului osos uman, poate conduce la scurtarea timpilor de realizare a implanturilor, la precizie ridicată și la costuri de producție mai mici față de reproducerea prin măsurători și mulaje.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * www.noomeo.eu

[2] * * * www.csnp.roedu.ro

[3] * * * www.geomagic.com

[4] * * * www.rapidform.com

[5] Kuang-Hua Chang, Chienchih, Chen, *3D Shape Engineering and Design Parameterization*, Computer-Aided Design & Applications, 8(5), 2011, 681-692, <http://www.rapidform.com/products/xor/reverse-engineering-study/>

[6] * * * www.gom.com

Prof. Dr. Ing. Dorian NEDELUCU
Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița, membru AGIR
e-mail: d.nedelcu@uem.ro

Asist. Drd.Ing. Vasile COJOCARU
Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița,
e-mail: v.cojocar@uem.ro