



A XIII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2013

APLICAREA INGINERIEI INVERSE PENTRU RECONSTRUCȚIA GEOMETRIEI UNUI ROTOR

Dorian NEDELCU, Raoul AVASILOAIE, Dănuț FLOREA

THE REVERSE ENGINEERING OF A RUNNER

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

Cuvinte cheie: Inginerie inversă, scanner 3D, rotor

Keywords: Reverse Engineering, 3D scanner, runner

1. Introducere

Utilizând scannerul 3D Noomeo Optinum [1] a fost scanată geometria rotorului din figura 1. Norul de puncte, rezultat în urma scanării, a fost prelucrat prin aplicația Rapidform XOR3, obținându-se rețeaua poligonală triunghiulară (*mesh*), iar în final modelul solid al rotorului. Caracteristicile scannerului Noomeo Optinum și o scurtă descriere a aplicației Rapidform XOR3 au fost prezentate în [2].



Fig. 1 Rotor scanat

2. Etape ale reconstrucției geometriei unui rotor

- **Scanare rotor:** scanarea s-a realizat cu scannerul 3D Noomeo Optinum, utilizând aplicația dedicată Numisoft RE [1]. În urma scanării rezultă unul sau mai mulți „*nori de puncte*”, formați din coordonatele tridimensionale ale punctelor scanate. În cazul rotorului, au rezultat 65 de nori de puncte, care conțin în total 2.882.215 puncte, figura 2. Din figură se poate observa că există și puncte suplimentare care nu aparțin geometriei rotorului, acestea fiind puncte de tip „*zgomoț*”, care se pot elimina în aplicația Numisoft prin comenzile **Segmentation Filter** și **Conservative Filters** sau în alte aplicații specializate în prelucrarea norilor de puncte, cum ar fi Rapidform XOR3.

- **Creare nor de puncte unic:** prin comanda **Merge Cloud** se creează un singur nor de puncte, care conține cele mai reprezentative puncte dintre cele scanate inițial. Prin această comandă, se elimină puncte dintre cele scanate, nivelul de eliminare fiind impus de către utilizator, rezultând în final cele mai bune și semnificative puncte ale geometriei scanate. În cazul rotorului a rezultat un singur nor de puncte care conține 333.588 puncte, figura 3.

- **Export nor de puncte:** norul de puncte se va exporta într-un fișier de tip XYZ, care este de tip text și care conține coordonatele punctelor norului.

- **Import nor de puncte în Rapidform:** norul de puncte s-a importat în aplicația Rapidform XOR3, figura 4.

- **Generarea rețelei poligonale (mesh):** pentru orice set de puncte se poate crea o rețea poligonală de tip triunghiular, triangularizarea Delaunay fiind unul dintre cei mai răspândiți algoritmi utilizați pentru această operație; în Rapidform comanda **Mesh Buildup Wizard** creează rețeaua poligonală de tip triunghiular, figura 4; comanda include opțiuni pentru selecția tipului de scaner și a domeniului posibil de scanare (mic, mediu, mare sau necunoscut), eliminarea punctelor „*zgomoț*”, alinierea norilor de puncte (dacă au fost importați mai mulți nori), opțiune pentru umplerea golurilor rezultate în urma scanării.

- **Crearea regiunilor:** prin regionalizare rețeaua poligonală este descompusă în subregiuni, astfel încât fiecare subregiune să aparțină unei singure suprafețe primitive. Pentru segmentare în regiuni, Rapidform oferă comanda **Region Group**, care clasifică și descompune zonele rețelei poligonale în suprafețe primitive funcție de geometrie, cum ar fi: plane, cilindrii, conuri, suprafețe. Figura 5 exemplifică aceste regiuni pentru rotorul analizat, regiuni care vor fi

utilizate în continuare pentru generarea elementelor necesare reconstituirii geometriei rotorului.

- **Creare Vector1:** vectorul 1 se va crea ca o geometrie de referință, prin comanda **Add Reference Vector**, prin metoda **Find Cylinder Axis**, care identifică axa regiunii de tip cilindru **Cylinder A**, figura 6.

- **Creare Plane1:** planul 1 se va crea ca o geometrie de referință, prin comanda **Add Reference Plane**, prin metoda **Extract**, care generează planul median dintre regiunile de tip plan **PlaneA** și **PlaneB**, cu constrângerea suplimentară de perpendicularitate pe axa de referință **Vector 1**, figura 7.

- **Aliniere geometrie cu sistemul de referință global:** elementele create până în această etapă (rețeaua poligonală triunghiulară, **Vector1** și **Plane1**) vor fi aliniate cu sistemul de referință global, prin comanda **Align Wizard**, astfel ca **Plane1** să coincidă cu planul **Front**, **Vector1** să fie aliniat cu axa sistemului de referință global aflată la intersecția planelor **Top** și **Right**, iar originea sistemului să aparțină planului **Plane1**, figura 8.

- **Creare Plane2:** planul 2 se va crea ca o geometrie de referință, prin comanda **Add Reference Plane**, prin metoda **Offset**, care generează planul paralel cu planul **Front** la distanța 30 mm spre direcția opusă paletelor, figura 8.

- **Schițare contur paletă:** în planul planul 2 se va schița conturul paletei, folosind comanda **Sketch**, figura 9. Conturul se obține prin proiecția conturului spațial al paletei în planul **Plane2**.

- **Generare suprafață superioară:** prin comanda **Mesh Fit** se va genera suprafața superioară a paletei **MeshFit1**; suprafața se va genera printr-un algoritm astfel să aproximeze cât mai bine suprafața paletei pe baza rețelei poligonale triunghiulare și a regiunii de tip **Revolution**, figura 10.

- **Generare suprafață inferioară:** prin comanda **Mesh Fit** se va genera suprafața inferioară a paletei **MeshFit2**; suprafețele **MeshFit1** și **MeshFit2** limitează superior respectiv inferior lama paletei, figura 11.

- **Extrudare contur paletă:** conturul paletei din planul planul 2 se va extruda prin comanda **Extrude** pentru a genera volumul cuprins între contur și suprafața superioară a paletei, figura 12.

- **Generare lamă paletă:** conturul paletei din planul planul 2 se va extruda prin comanda **Cut**, pentru a genera lama paletei, prin scăderea volumului cuprins între contur și suprafața inferioară a paletei din volumul anterior creat, figura 13.

- **Multiplicare lamă paletă:** lama paletelor se va multiplica de 3 ori prin comanda **Circular Pattern**, în jurul axei Vector 1, figura 14.
- **Schițare contururi butuc:** pentru a genera butucul rotorului, în planul **Plane1**, se vor schița 2 cercuri $\Phi 7.5 / \Phi 14$, figura 15.
- **Generare butuc rotor:** cercurile din planul **Plane1** se vor extruda prin comanda **Extrude** pentru a se genera butucul rotorului; extrudarea se va realiza pe două direcții, până la planele **PlaneA** respectiv **PlaneB**, figura 16.
- **Generare racordări și teșiri:** ultimele operații sunt aplicarea de racordări pe muchiile paletelor și a butucului prin comanda **Fillet**, respectiv teșirea interiorului butucului prin comanda **Chamfer**. Rotorul în varianta finală este prezentat în figura 17.
- **Export rotor spre SolidWorks:** geometria rotorului se exportă în SolidWorks [3] prin comanda **Live Transfer to SolidWorks**, figura 18; în SolidWorks se va transmite geometria rotorului în format solid, precum și istoria creării acestuia, figura 19.

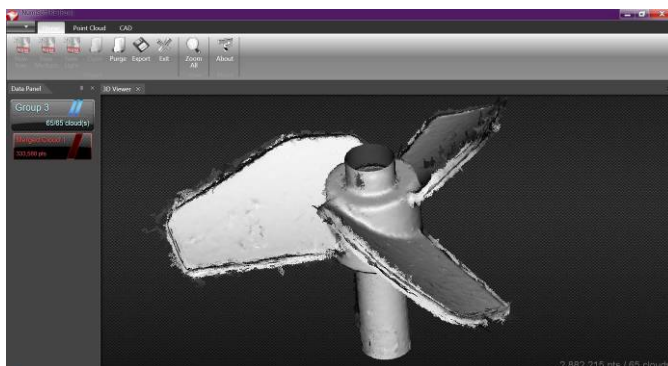


Fig. 2
65 nori
de puncte
scanate

(2.882.215
puncte)

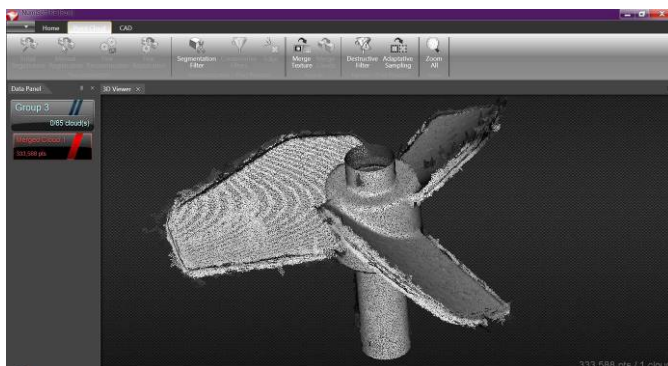


Fig. 3
Nor unic de
puncte
(333.588
puncte)

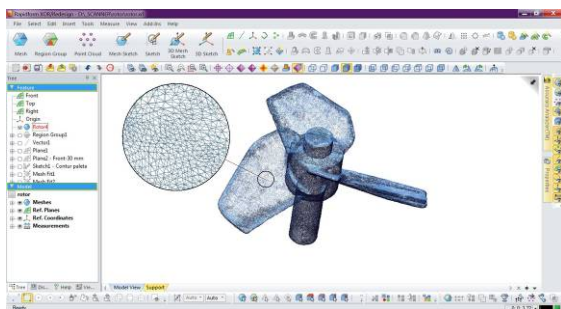


Fig. 4
Nor de puncte
încărcat în aplicația
Rapidform XOR3 și
discretizat într-o
rețea poligonală
triunghiulară

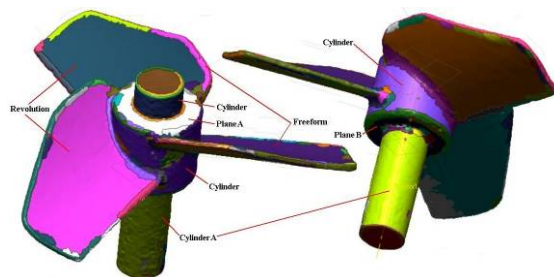


Fig. 5
Descompunere
rețea poligonală în
regiuni

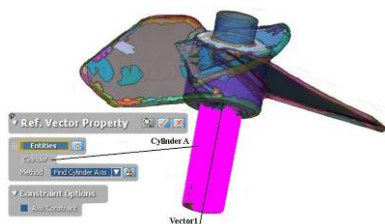


Fig. 6 Creare **Vector1**

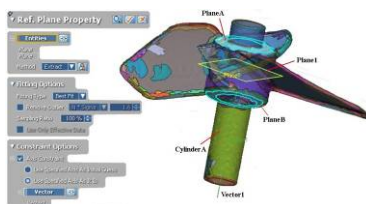


Fig. 7 Creare **Plane1**

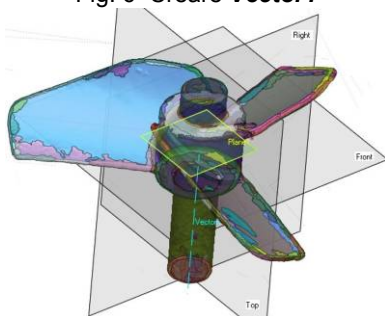


Fig. 8 Aliniere geometrie; creare **Plane2**

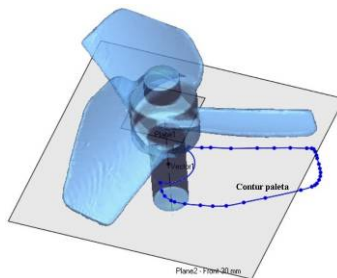


Fig. 9 Schițare contur paletă

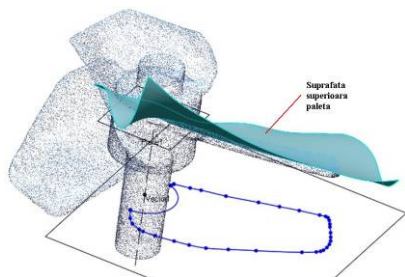


Fig. 10 Generare suprafață superioară

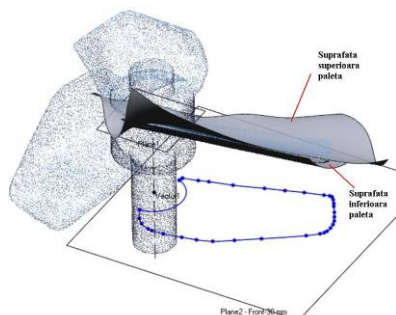


Fig. 11 Generare suprafață inferioară

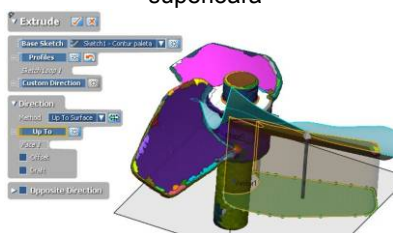


Fig. 12 Extrudare contur paletă

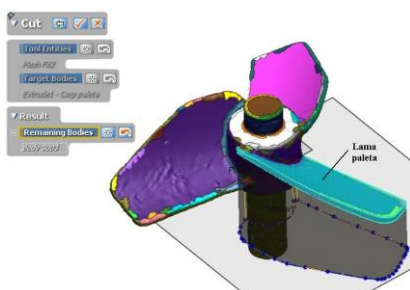


Fig. 13 Generare lamă paletă

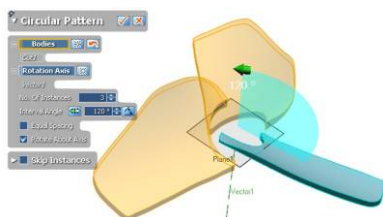


Fig. 14 Multiplicare lamă paletă

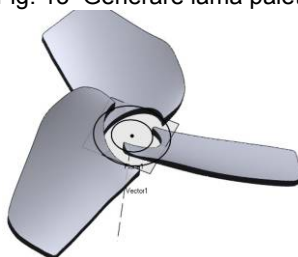


Fig. 15 Schițare contururi butuc

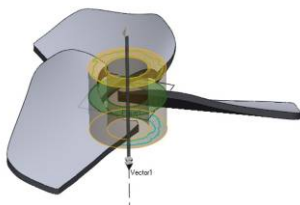


Fig. 16 Generare butuc rotor



Fig. 17 Geometrie finală rotor

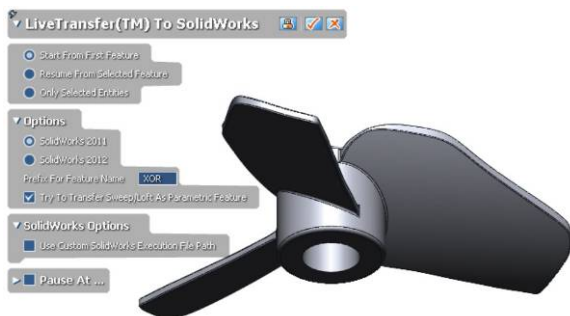


Fig. 18 Export geometrie rotor spre SolidWorks

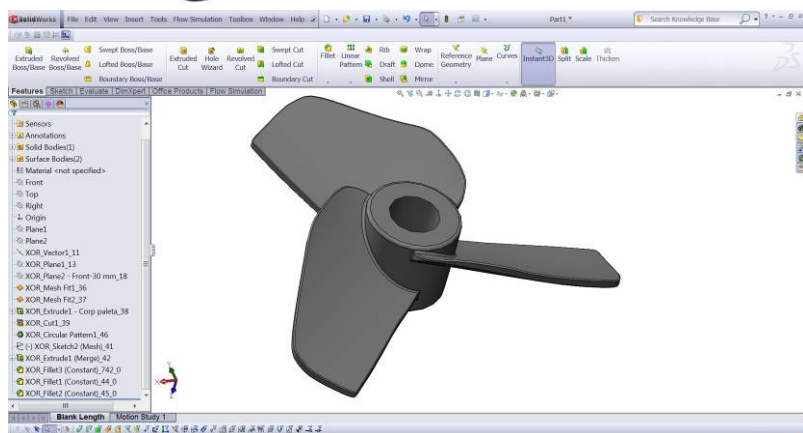


Fig. 19 Geometrie rotorul și istoria creării acestuia importate în SolidWorks

3. Concluzii

■ Lucrarea exemplifică 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* [4], cu aplicație la reconstrucția geometriei unui rotor în format solid și exportul acesteia în SolidWorks.

■ Scanarea unei geometrii este o operație laborioasă, necesară, dar nu și suficientă. Rezultatul scanării este un nor de puncte, care reprezintă coordonatele tridimensionale ale acesteia. Pentru utilizarea geometriei în aplicații CAD este necesară trecerea la un nivel superior, adică transformarea norului de puncte în geometrie de tip suprafață sau solid. Aceasta se poate realiza numai prin aplicații specializate.

■ Dintre aplicațiile specializate existente pentru transformarea norului de puncte în geometrie de tip suprafață sau solid, în [5] se prezintă o comparație între aplicațiile Geomagic [6] și Rapidform [7].

■ Din punct de vedere al modelării solide, Geomagic se limitează numai la a crea suprafețe primitive: plane, cilindri, sfere, din regiunile generate pe baza *mesh*-ului.

■ Aplicația Rapidform este superioară din punct de vedere al modelării solide (incluzând și excelente instrumente de generare de suprafețe), deoarece depășește stadiul suprafețelor primitive. Rapidform oferă capacități de schițare pe care se bazează modelarea pe bază de entități „*feature-based modeling*”. Exportul geometriei în format solid către aplicații CAD (SolidWorks, Catia, Inventor, PTC Creo) este de asemenea o facilitare foarte utilă pentru utilizarea geometriei scanate în aceste aplicații.

Mulțumiri

Autorii mulțumesc pentru sprijinul acordat de Fondul Social European Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane (FSE POSDRU), prin Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin cofinanțarea proiectului (ProDOC) POSDRU/88/1.5/S/ 61178 și (DocInvest) POSDRU/107/1.5/S/76813.

BIBLIOGRAFIE

[1] *** www.noomeo.eu

[2] Nedelcu, D., Cojocaru, V., *Reconstituirea geometriei unui implant de genunchi*, Știință și Inginerie, An XII, Vol. 21, Editura AGIR, București, 2012, ISSN 2067-7138.

[3] Nedelcu, D., *Proiectare și simulare numerică cu SOLIDWORKS*, Septembrie 2011, Editura Eurostampa, Timișoara, ISBN 978-606-569-276-3.

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

[5] Kuang-Hua Chang, Chienchih, Chen, *3D Shape Engineering and Design Parameterization*, Computer-Aided Design & Applications, 8(5), 2011, 681-692.

[6] *** www.geomagic.com

[7] *** www.rapidform.com

Prof.Dr.Ing. Dorian NEDELICU

e-mail: d.nedelcu@uem.ro

Drd.Ing. Raoul AVASILOAIE

e-mail: raulynox@yahoo.com

Drd.Ing. Dănuț FLOREA

e-mail: danut.florea@petrom.com

Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița