



## **RECONSTITUIREA GEOMETRIEI COMPONENTELOR MECANICE PRIN FOTOGRAMETRIE PARTEA A II-A**

Dorian NEDELCU

### **3D RECONSTRUCTION OF THE MECHANICAL PARTS GEOMETRY THROUGH PHOTOGRAMMETRY - PART II**

The paper has the following objectives: to describe the Photogrammetry technique, to present its principles and results, to review photogrammetry software and to exemplify some applications in the field of mechanical parts that were made with said software.

Keywords: photogrammetry, part, mechanical

Cuvinte cheie: fotogrametrie, componente, mecanice

#### **6. Exemple de reconstituire a geometriei prin fotogrametrie**

În articolul [24] Paul Koppel analizează precizia oferită de programul Agisoft PhotoScan, pentru un con cu diametru de 10 m, care are o geometrie simplă și permite evidențierea diferențelor în raport cu obiectul referință din figura 8. Fotografieră s-a executat de pe o platformă pe trei nivele diferite, pe ambele părți, figura 9, distanța medie față de obiect fiind de cca. 4 m. S-a utilizat o cameră CANON EOS 60 cu senzor full-frame și lentile fixate la 24 mm distanță focală. Datorită iluminării insuficiente s-a folosit o lampă suplimentară. Valoarea ISO medie a pozelor a fost 1600 la timp de expunere 1/60. În paralel s-au făcut 800 măsurători cu o stație laser, pentru a compara rezultatele cu cele calculate de PhotoScan (nor dens 60,000,000

puncte calculate la calitatea „High”). Comparația s-a efectuat cu programul free – OpenSource CloudCompare [25] și s-a obținut harta spațială a diferențelor, figura 10.

Concluziile finale au fost următoarele:

- precizia modelului scade în regiunile extreme inaccesibile, datorită iluminării slabe a acestora, ceea ce a condus la insuficiența informațiilor posibile de extras din poze;
- în restul regiunilor, devierea totală a ajuns la 1,3 mm;
- comparativ cu rezultatele oferite de un scanner 3D (care implică costuri mari ale aparatului și ale programului asociat acestuia) este posibil să se atingă o acuratețe similară utilizând fotogrametria prin intermediul aplicației PhotoScan, la un cost incomparabil mai redus.

Prima aplicație a autorului acestei lucrări, efectuată cu versiunea (demo) a programului Agisoft PhotoScan, a avut scop reconstituirea calitativă a suprafeței unei capote de mașină, figura 11, cu scopul de a testa modul de lucru și capabilitățile programului, fără pretenții de investigare a preciziei.

Figurile 12 și 13 prezintă norul de puncte rar (1,488 puncte) respectiv norul de puncte dens (1,071,445 puncte) obținute, iar figura 14 prezintă rețeaua de discretizare a capotei (312,073 triunghiuri) importată în aplicația Rapidform XOR3. Cele 7 poze sursă au fost efectuate cu telefonul mobil X1 Soul.



Fig. 8 Geometria reală a obiectului referință [24]

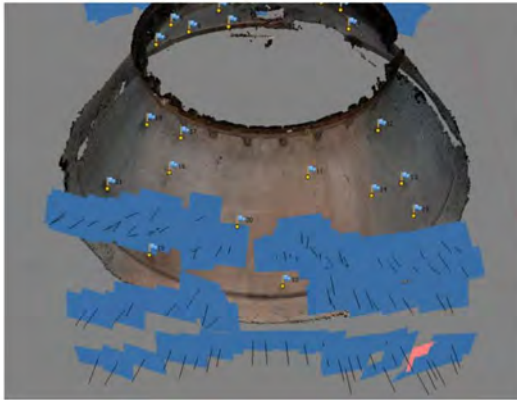


Fig. 9 Pozițiile din care s-au preluat fotografiile [24]

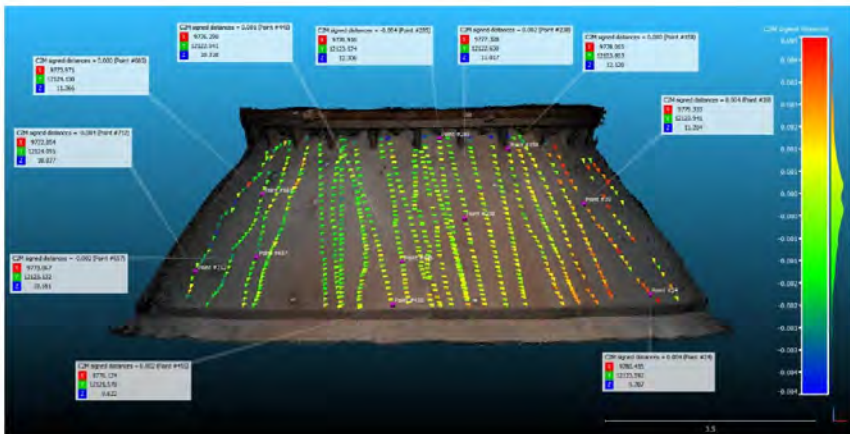


Fig. 10 Harta diferențelor [24]



Fig. 11 Capota de mașină

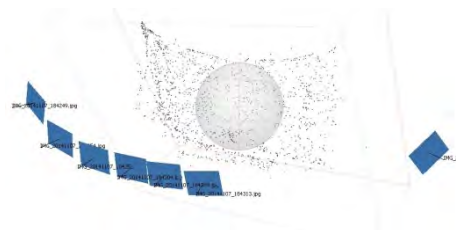


Fig. 12 Pozițiile de fotografiere și norul de puncte rar (1,488 puncte) al capotei de mașină obținut cu Agisoft PhotoScan

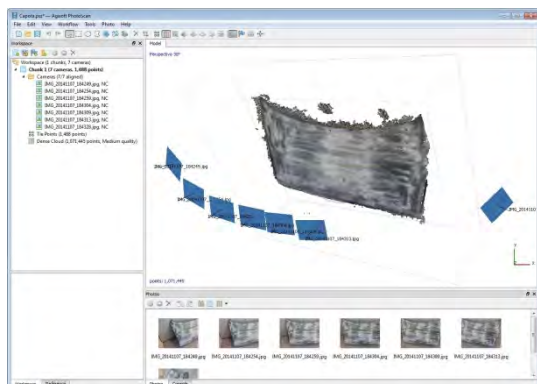


Fig. 13 Pozițiile de fotografiere și norul de puncte dens (1,071,445 puncte) al capetei de mașină obținut cu Agisoft PhotoScan

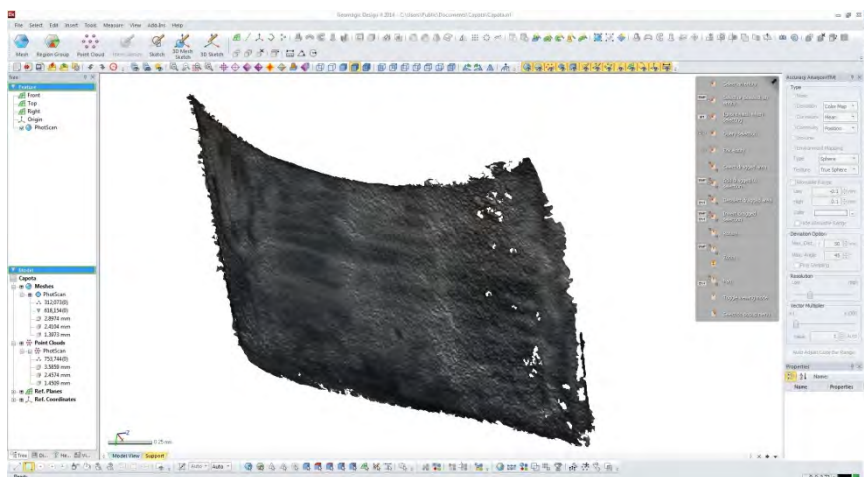


Fig. 14 Discretizarea capetei importată în aplicația Rapidform XOR3

Următoarea aplicație a autorului acestei lucrări a avut scop reconstituirea geometriei unei paleti Kaplan, cu diametrul de 5400 mm, figura 15. Fotografierea s-a executat de pe platforma pe care a fost plasată paleta, distanța medie față de obiect fiind de cca. 4,5 m. S-a utilizat o cameră CANON EOS 500D cu lentile fixate la 28 mm distanță focală. Valoarea ISO medie a pozelor a fost 400 la timp de expunere 1/30. În spațiul de fotografiere au fost plasați markeri, cu distanțe măsurate pentru realizarea scalării corecte a norului de puncte respectiv a paletii. Cele 43 de poze au fost încărcate în aplicația Agisoft, în urma prelucrărilor numerice rezultând un nor rar de 3491

puncte, un nor dens de 15,023,820 puncte, figura 16, respectiv rețeaua poligonală 3D cu 2,193,007 triunghiuri. Prelucrările au fost efectuate pe un laptop cu sistem de operare Windows 7/64 biți, procesor i7-2630QM CPU 2 GHz, 8 GB memorie RAM și au durat câteva ore.

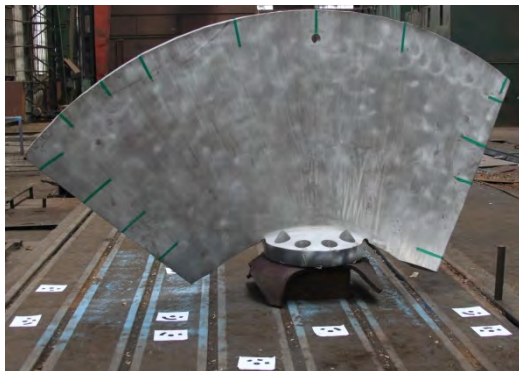


Fig. 15  
Paleta Kaplan

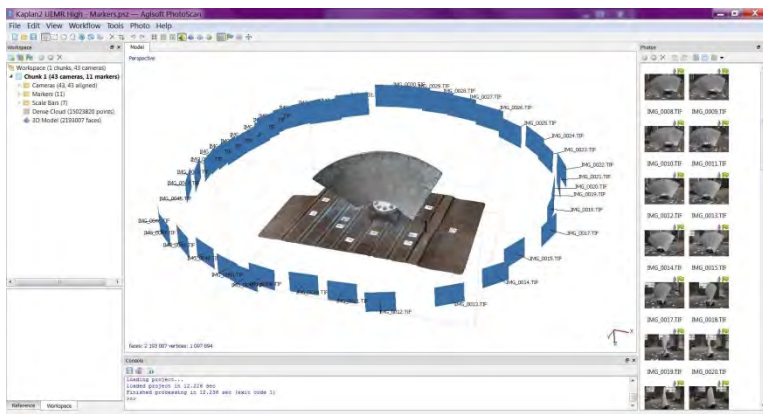


Fig. 16 Pozițiile de fotografiere și norul de puncte dens (15,023,820 puncte) al paletei Kaplan obținut cu Agisoft PhotoScan

Prin această aplicație s-a urmărit investigarea preciziei care se obține cu versiunea (demo) a programului Agisoft PhotoScan, prin comparație cu paleta proiectată într-un mediu CAD, figura 17. Comparația s-a efectuat în aplicația free GOM Inspect [26], între geometria CAD de referință salvată din mediul CAD în format STL și rețeaua poligonală generată de Agisoft PhotoScan. După importul celor 2 geometrii, prima operație în aplicația CAD a fost alinierea acestora. Diferențele pe intradosul, extradadosul și pe profilul median al paletei sunt prezentate în figurile 18, 19 respectiv 20.

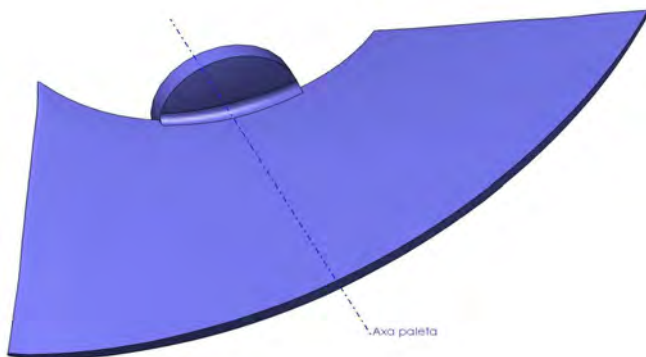


Fig. 17  
Geometria 3D  
a paletei  
Kaplan

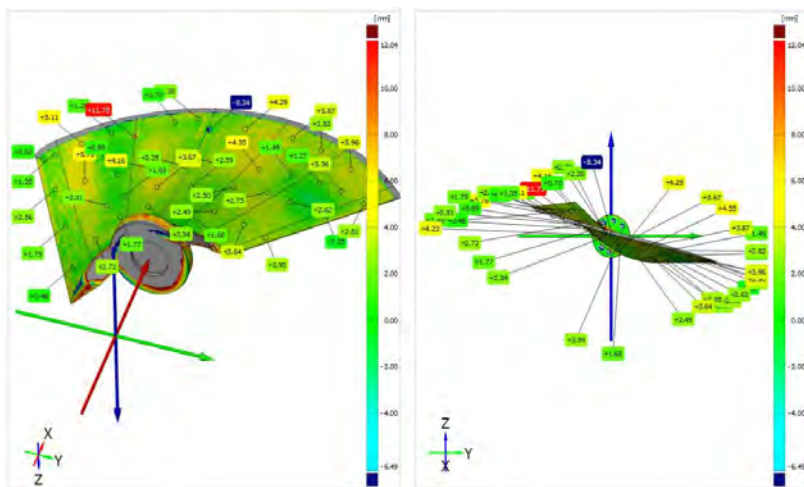


Fig. 18 Diferențe pe extradosul paletei Kaplan

Conform recomandărilor din codul internațional, abaterile trebuie să se încadreze între  $\pm 1\%$  din diametrul paletei, adică  $\pm 5,4$  mm.

Din cele 82 puncte măsurate, 16 puncte reprezentând 19,51 % au fost în afara acestui domeniu, abaterile fiind totuși la limitele toleranței impuse, iar restul de 66 puncte reprezentând 80,49 % fiind în interiorul domeniului.

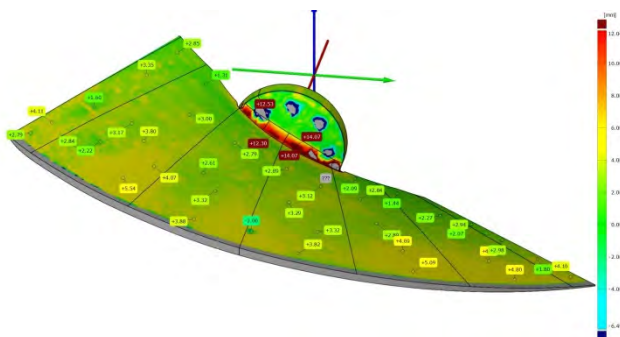


Fig. 19  
Diferențe pe  
intradosul  
paletii Kaplan

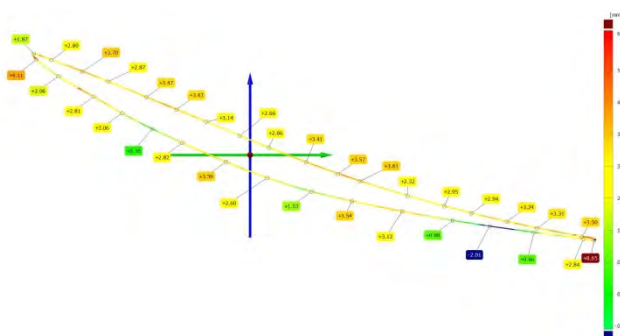


Fig. 20  
Diferențe pe  
profilul  
median al  
paletii Kaplan

Trebuie menționat că la aceste diferențe contribuie mai multe elemente: calitatea camerei și setările impuse pentru fotografiere, numărul și calitatea pozelor, setările impuse aplicației Agisoft PhotoScan, corectitudinea aliniamentului geometriilor realizat pentru comparație în aplicația GOM Inspect. Reducerea diferențelor se poate face prin îmbogățirea experienței în utilizarea tehnicii fotogrametriei, precum și a programelor de prelucrare a informațiilor asociate acesteia.

## 7. Concluzii

■ Prezenta lucrare și-a propus investigarea literaturii de specialitate a tehnicii fotogrametriei, cu scopul de a răspunde la întrebarea dacă aceasta poate fi utilizată pentru reconstrucția de geometrii ale componentelor mecanice. Rezultatele prezentate au convins autorul lucrării că această metodă poate fi utilizată cu succes în domeniul mecanic, la un cost incomparabil mai redus comparativ cu cel corespunzător tehnologiilor de scanare 3D.



## BIBLIOGRAFIE

- [1] Adam Barnes, Katie Simon, Adam Wiewel, *From Photos to Models, Strategies for using digital photogrammetry in your project*, University of Arkansas.
- [2] \* \* \* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, <http://www.asprs.org/>, 1980.
- [3] \* \* \* <http://www.forensicdjs.com/services/animations-demonstrative-exhibits/photogrammetry.html>.
- [4] \* \* \* *Comparison of photogrammetry software*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_photogrammetry\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_photogrammetry_software).
- [5] \* \* \* Austin Mason - *Making 3D Models with Photogrammetry*, Carleton College.
- [6] \* \* \* Agisoft PhotoScan User Manual, Professional Edition.
- [7] \* \* \* <http://www.photomodeler.com/index.html>
- [8] \* \* \* <http://www.3dflow.net/>
- [9] \* \* \* <http://ccwu.me/vsfm/>
- [10] Eugene Liscio, *Open Source Tools for 3D Forensic reconstructions – Part 3*, November, 2011.
- [11] Pierre Moulon, Alessandro Bezzi, *Python Photogrammetry Toolbox: A free solution for Three-Dimensional Documentation*.
- [12] \* \* \* <http://www.agisoft.com>
- [13] \* \* \* *PhotoScan. Fully automated professional photogrammetric kit*, <http://www.agisoft.com/about/>
- [14] \* \* \* <http://insight-3d.en.uptodown.com/>
- [15] \* \* \* <http://triayaam.com/>
- [16] \* \* \* <https://www.acute3d.com/>
- [17] \* \* \* <https://www.pix4d.com/>
- [18] \* \* \* <https://recap.autodesk.com/>
- [19] \* \* \* <http://www.tgi3d.com/>
- [20] \* \* \* <http://www.123dapp.com/catch>
- [21] \* \* \* <http://www.arc3d.be/>
- [22] \* \* \* <https://photosynth.net/default.aspx>
- [23] \* \* \* [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_photogrammetry\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_photogrammetry_software)
- [24] Paul Koppel, *Agisoft PhotoScan: Point Cloud accuracy in close range configuration*.
- [25] \* \* \* <http://www.cloudcompare.org/>
- [26] \* \* \* <http://www.gom.com/de/3d-software/gom-inspect.html>

Prof. Dr. Ing. Dorian NEDELUCU  
e-mail: [d.nedelcu@uem.ro](mailto:d.nedelcu@uem.ro)  
Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița