

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

Creating the digital terrain model by means of terrestrial laser scanning – Case study “The approach road between Orșova municipality and Topleț plateau, Dranic peak, Mehedinți County”

Clara – Beatrice Vîlceanu¹, Alina Corina Bălă²

^{1,2}Universitatea „Politehnica” din Timișoara

Facultatea de Construcții din Timișoara, Str. Traian Lalescu, nr. 2, Timișoara, 300223, România

E-mail: beatrice.vilceanu@ct.upt.ro

Rezumat. Această lucrare își propune să prezinte avantajele utilizării tehnologiei de scanare laser terestră ca metodologie de urmărire în timp a unei alunecări de teren produsă în județul Mehedinți, ce a afectat drumul de acces către 2 centrale eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic.

Tehnologia utilizată reprezintă ultima inovație în domeniul metodelor moderne din topografia inginerească folosită pentru urmărirea atentă a evoluției anumitor fenomene prezentând caracteristica obținerii unui volum mare de date, într-un timp relativ scurt. Necesitatea monitorizării evoluției fenomenului menționat a fost impusă de re tehnologizarea centralelor respective. Tehnologia descrisă precum și rezultatul final, materializat în modelul digital al terenului, subliniază importanța și aplicabilitatea topografiei în găsirea unor soluții pro active problemelor inginerești.

Cuvinte cheie: alunecare de teren, scanare laser terestră, monitorizare, model digital al terenului

Abstract. This paper aims at presenting the advantages of using terrestrial laser scanning for monitoring the behaviour in time of a landslide that has occurred in Mehedinți County and has affected the approach road to 2 wind-driven electrical power stations of 3 MW located on Dranic peak.

The terrestrial laser scanner used in this case study represents state of the art technology in the field of modern methods specific to engineering topography. It is used for monitoring the evolution in time of certain phenomena because of its characteristic of measuring a large amount of data in a relatively short time. The necessity of the study emerged from the requirement of reengineering works. The described technology and the final deliverable, materialized as the digital terrain model of the terrain, emphasises the importance and the applicability of geodesy in giving proactive solutions to engineering problems.

Key words: landslide, terrestrial laser scanning, monitoring, digital terrain model

1. Introducere

Condițiile geologice și fizico-geografice situează România în categoria țărilor cu potențial ridicat de producere a unor fenomene de instabilitate, în special, a alunecărilor de teren (Fig. 1). Ariile cu potențial ridicat în ceea ce privește probabilitatea de declanșare a unor alunecări de teren sunt legate de condițiile de relief, fiind situate în cea mai mare parte în zonele subcarpatice ale țării noastre și de abundența precipitațiilor căzute în ultimii ani, care a favorizat declanșarea și extinderea alunecărilor pe mari suprafețe de teren agricol. [1] Prin procesul de alunecare a terenului, au avut de suferit nu numai suprafețele agricole, ci au fost avariate și distruse construcții (în vetre de sat sau orașe), s-au produs numeroase degradări de căi de comunicație, au fost afectate obiective industriale și construcții hidrotehnice. [2]

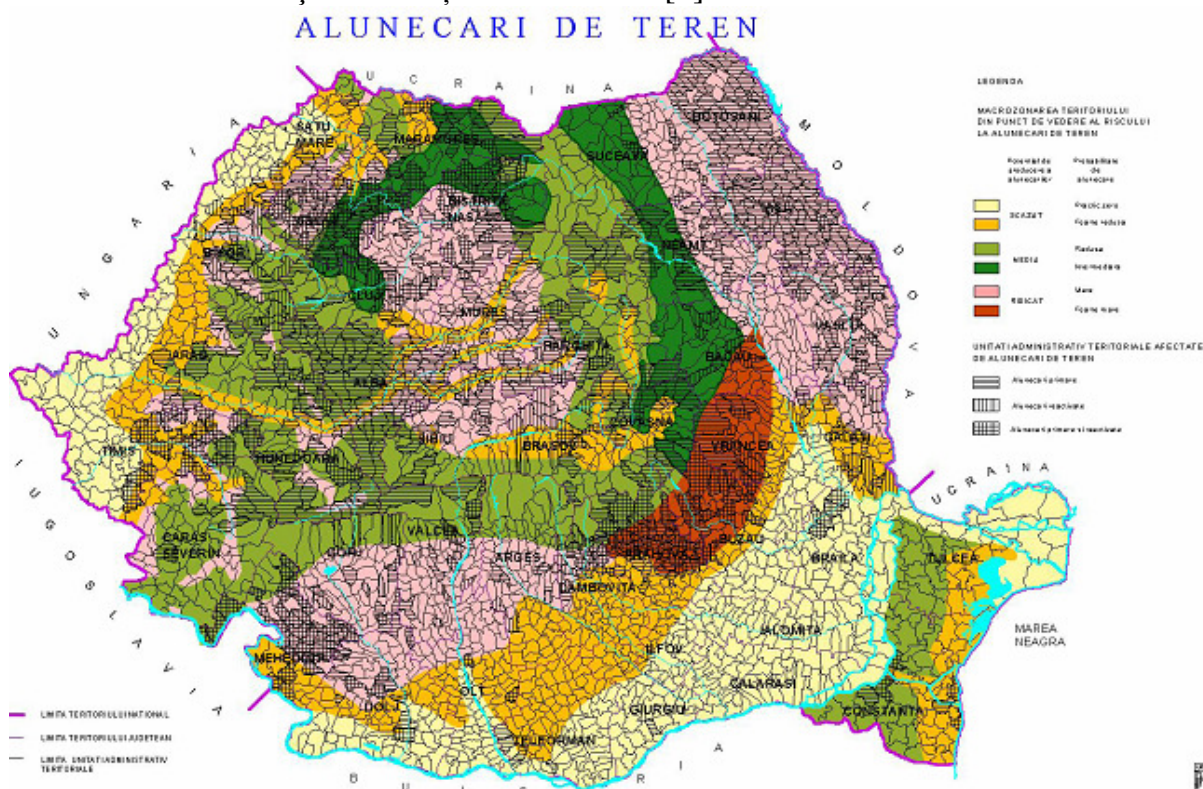


Fig. 1. România – țară cu potențial de producere a alunecărilor de teren [2]

Ca o continuare la studiul derulat de către unul din autori în vederea monitorizării fenomenului de instabilitate ce a afectat drumul de acces către 2 centrale eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic în județul Mehedinți folosind metode topogeodezice moderne, în această lucrare am folosit informații referitoare la fenomenul de instabilitate, la geologia zonei și la măsurătorile topografice anterioare în scopul stabilirii direcțiilor viitoare de acțiune.

Stadiul actual al lucrărilor constă în procesarea primei tranșe de măsurători realizate cu scanerul laser Leica C10 și compararea modelului digital al terenului rezultat cu acela obținut prin măsurători topografice tradiționale realizate cu stația totală Leica TCRA 1205+, urmând să fie efectuate alte sesiuni de măsurători pentru a putea caracteriza comportamentul în timp al versantului.

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

2. Materiale și metode

Amplasamentul studiat este reprezentat de traseul drumului care face legătura între localitatea Orșova și Platoul Topleț (Fig. 2), fiind situat în Podișul Mehedinți.

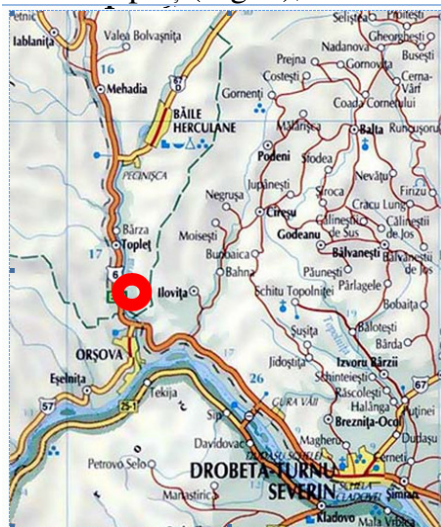


Fig. 2. Localizarea geografică a amplasamentului studiat

Efectuarea măsurătorilor folosind scannerul laser terestru Leica ScanStation C 10 poate fi schematizată în trei etape, și anume: planificarea, scanarea propriu – zisă și georeferențierea, denumită de programele specializate de prelucrare a acestor date „înregistrare”. În această ultimă etapă se are în vedere asigurarea calității măsurătorilor și controlul acestora.

2.1. Etapa de planificare

În faza de planificare a unei sesiuni de măsurători folosind tehnica de scanare laser terestră se au în vedere:

➤ **cerințele proiectului:**

- monitorizarea unei suprafețe de teren în loc de măsurători punctuale,
- livrabile 3D,
- structura unei suprafețe complexe,
- rezultate care să poată fi utilizate de specialiști din domenii diferite în anumite scopuri, scoțând astfel în evidență caracterul interdisciplinar al cercetării,

➤ **scopul lucrării:** pregătirea modelului digital al terenului din zona afectată de alunecarea de teren, pentru a putea determina:

- numărul de stații necesare – 2, pentru a garanta atât o acoperire maximă a zonei cât și o precizie bună concomitent cu minimizarea numărului de puncte de stație și probabilității de a avea zone nescanate datorită fenomenului de umbră,
- locațiile optime ale punctelor de stație,
- numărul țintelor artificiale (3),

- tipul țintelor artificiale folosite (ținte HDS de 3") (Fig. 3),
- locațiile optime ale țintelor artificiale (să fie vizibile din ambele puncte de stație).



Fig. 3. Ținta de 3" folosită la scanare

În momentul planificării numărului și locațiilor punctelor de stație (Fig. 4), am luat în considerare câmpul de vedere al instrumentului (270 x 360 grade), distanța de măsurare a instrumentului cuprinsă între 130 – 300 m, impedimentele în linia de vizare înspre ținte sau corpul alunecării de teren datorate vegetației și prognoza timpului.

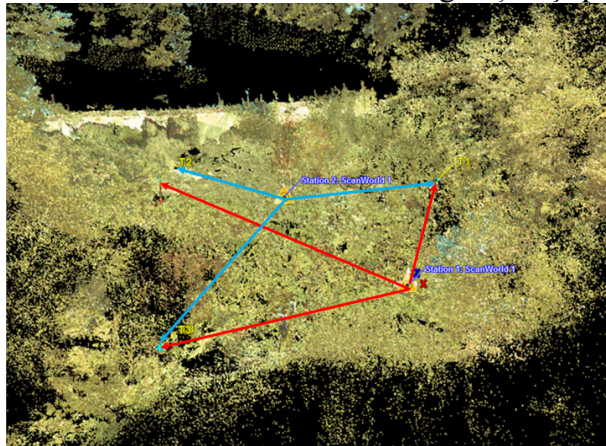


Fig. 4. Schiță cu amplasarea stațiilor de scanare

2.2. Etapa de scanare a obiectivului

Etapa de scanare a cuprins punerea în cele 2 stații a scannerului (Fig. 5). Activitatea de teren s-a desfășurat în data de 12.07.2012, a început la ora 09.00 și a luat sfârșit la ora 18.00, concomitent cu măsurători topografice realizate cu stația totală descrise într-o altă lucrare.



Fig. 5. Prima stație de scanare

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

Principalele operațiuni realizate în această etapă au constat în marcarea punctelor de stație pentru scanner și ținte cu țărnuși de lemn, punerea în stație a scannerului, conectarea scannerului - înainte de a porni scannerul, însuși aparatul de scanat trebuie să fie conectat la un laptop care poate primi și stoca toate punctele care vin de la scanner și să controleze proprietățile scannerului, se scanează aria de interes (Fig. 6) precum și țintele.

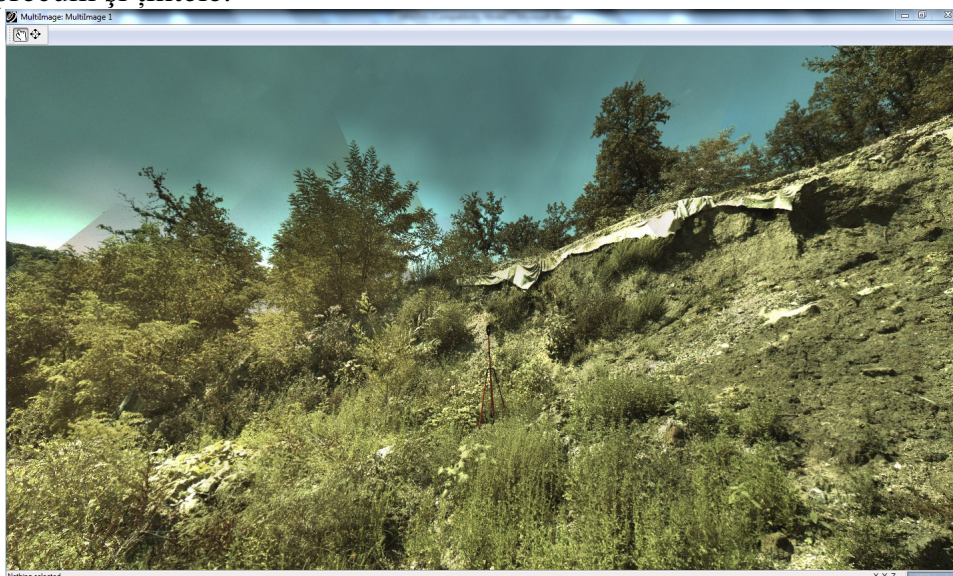


Fig. 6. Fotografie panoramică realizată de scanner

2.3. Etapa „înregistrare”

În majoritatea cazurilor, obiectul care urmează să fie scanat este prea mare pentru a fi scanat dintr-o singură poziție. De aceea, este necesară scanarea din multiple poziții. Poziția fiecărei scanări este definită în sistemele de coordonate ale scannerului. Pentru a putea alinia diferite poziții de scanare (Fig. 7), este necesar să se cunoască poziția și orientarea exactă a acestor sisteme de coordonate ale scannerului conform cu un sistem de coordonate local/global al terenului. [3]

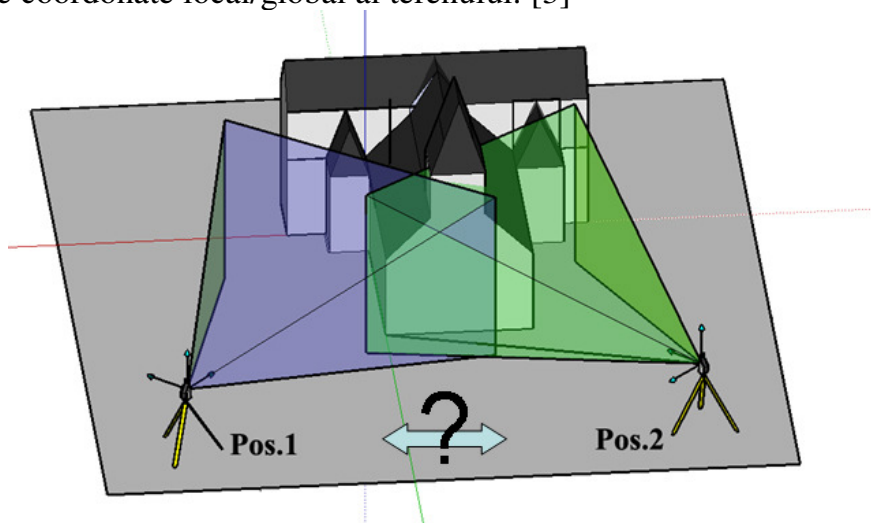


Fig. 7. Scanarea unui obiect din două puncte de stație diferite [3]

Aducerea scanărilor din diferite stații într-o stație comună, etapă ce poartă diferite denumiri în literatura de specialitate, și anume „georeferențiere”, „înregistrare”, „registrație”, se poate face în mai multe moduri (Fig. 8).

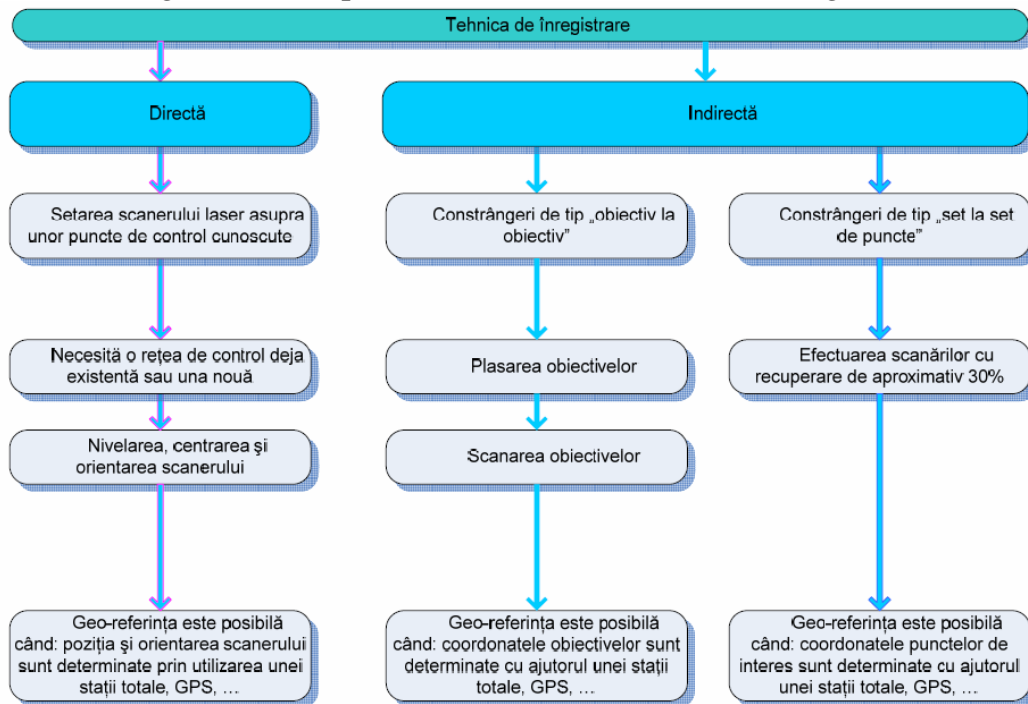


Fig. 8. Tipurile de înregistrări [3]

Prelucrarea măsurătorilor realizate cu tehnica de scanare laser terestră s-a realizat cu ajutorul programului specializat Cyclone.

Înregistrare („registration”) pentru „nori de puncte” care provin din puncte de stație diferite constă în introducerea scanărilor denumite „ScanWorld-uri” corespunzând punctelor de stație într-o singură înregistrare (Fig. 9) și adăugarea unor constrângeri automate. Pentru ca aceste constrângeri să furnizeze o precizie de înregistrare bună trebuie să existe cel puțin trei ținte comune între puncte de stație consecutive și să nu existe greșeli în denumirea țăintelor.

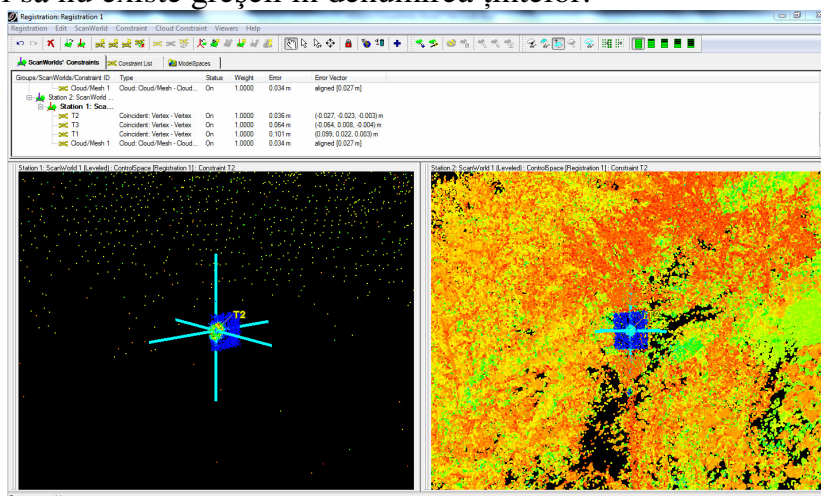


Fig. 9. Vizualizarea țintei T2 din două puncte de stație diferite

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleş, culmea Dranic, județul Mehedinți

„Norii de puncte” din stații diferite vor fi incluși în același spațiu de lucru pe baza constrângerilor (Fig. 10, 11).

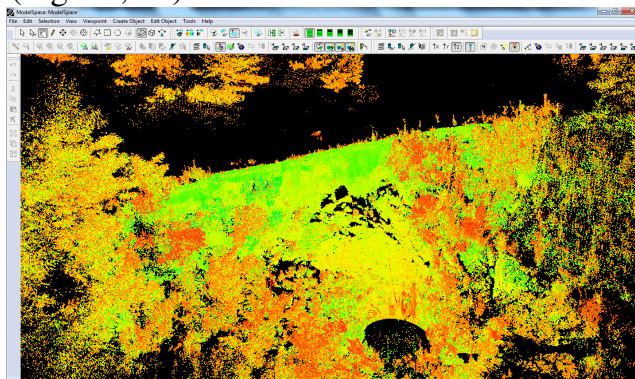


Fig. 10. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – culori folosite de scanner

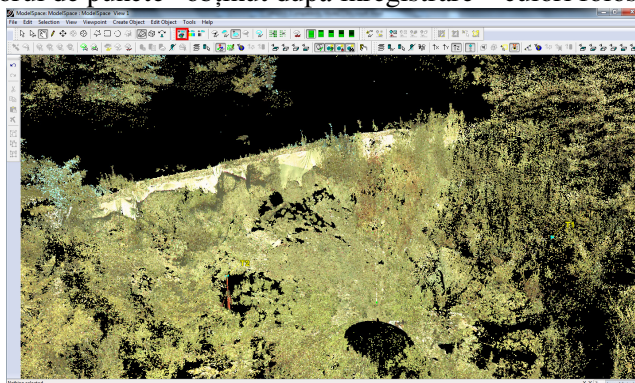


Fig. 11. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – reprezentare prin culori realiste determinate pe baza fotografiei panoramice realizate de scanner

La achiziția datelor se creează atâtea nori de puncte de câte ori se apasă butonul „Scan”. Unificarea datelor are rolul de a facilita lucrul cu norii de puncte și de a ușura vizualizarea lor, prin aducerea tuturor norilor de puncte în cadrul unui singur nor, pe care calculatorul îl poate gestiona mai ușor din punct de vedere al memoriei necesare.

După ce datele au fost unificate, se urmărește reducerea norului de puncte pentru eliminarea punctelor nedorite (zgomotul de măsurare). Se pot folosi funcții automatizate, care să segmenteze norul de puncte în funcție de intensitate – însemnând că vor fi selectate și izolate regiunile din zonele în care densitatea punctelor este mică (spre extremitățile zonei scanate) (Fig. 12).

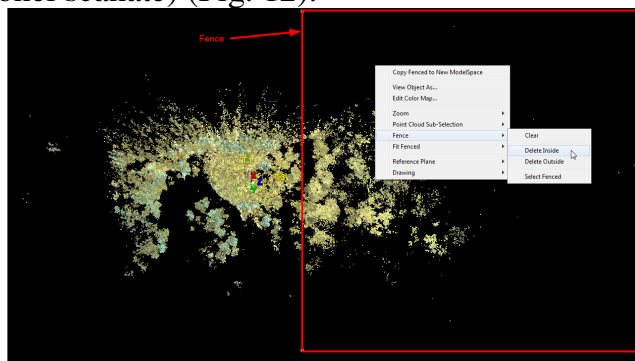


Fig. 12. Eliminarea zgomotului de măsurare în mod manual

Exportarea datelor pentru utilizare în AutoCAD Civil 3D 2012. Datele vor fi exportate într-un format text (*.pts) și apoi încărcate în programul AutoCAD (Fig. 14).

Coloanele din fișierul text corespund la: X, Y, Z, I (intensitate), R (red), G (green), B (blue). Coordonatele sunt în sistem local, cu originea în primul punct de stație (X=0, Y=0) și Z=0 la nivelul punctului din construcția scanner-ului față de care se măsoară înălțimea acestuia (Fig. 13).

```
67.243240 67.286392 44.112656 -1396 84 77 61
67.878433 67.608139 44.199326 -1467 55 54 24
67.523483 67.540817 44.183914 -1463 42 41 36
67.919876 67.900742 44.331772 -1486 52 53 45
67.907150 67.377487 44.979538 -1521 127 161 134
67.949509 67.289810 44.959274 -1416 64 70 42
67.948196 67.671219 44.719650 -1506 94 139 136
67.935898 67.529404 44.583817 -1652 84 107 89
67.817947 67.678391 44.914108 -1359 50 54 39
69.734451 66.201370 45.170700 -1447 45 42 25
68.065201 64.454971 45.835220 -1424 119 127 88
69.640335 65.872238 44.281448 -1614 68 63 34
69.400681 65.667435 44.007614 -1630 91 88 55
69.275284 65.936539 44.554611 -1609 72 75 56
69.377090 65.895737 44.575760 -1434 90 102 66
69.769272 65.605972 44.737015 -1576 125 127 80
69.951279 65.512131 44.772263 -1370 112 117 76
69.772324 66.362656 45.002090 -1550 30 33 22
68.140030 66.362473 44.180161 -1508 77 71 39
68.033707 66.609268 44.412003 -1370 77 71 49
68.818863 66.290817 44.836349 -1627 36 34 21
68.035721 66.732559 44.669449 -1483 89 90 50
68.419357 66.950729 44.906509 -1629 87 83 48
69.606216 66.092453 44.370590 -1539 54 60 32
69.594925 66.965744 44.635788 -1429 67 70 41
68.978043 67.188187 44.209396 -1593 98 92 58
68.006241 67.212509 44.339218 -1496 70 92 45
68.102768 67.427383 44.944260 -1431 76 103 84
68.001511 67.588181 44.865158 -1511 157 207 158
68.473862 67.246933 45.131424 -1442 171 188 178
68.742386 67.744308 45.019547 -1372 114 122 85
68.658920 67.797012 45.014053 -1447 121 153 140
77.141800 64.714737 46.486496 -1586 35 35 25
75.732376 65.412979 43.289169 -1530 47 41 27
74.373398 67.271011 45.284500 -1508 29 30 16
77.392258 64.901321 46.765701 -1475 41 38 23
67.636551 66.544601 49.462418 -1352 74 71 38
64.902512 64.111893 49.149399 -1373 52 54 40
-47.152725 -26.426804 137.254074 -1665 255 255 240
```

Fig. 13. Coordonate din „norul de puncte” măsurat de scanner (fișier generat)

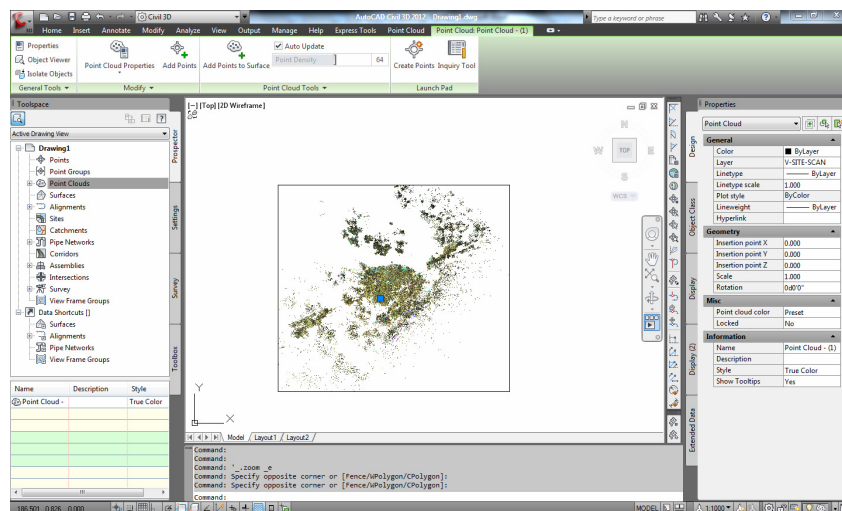


Fig. 14. Norul de puncte încărcat în AutoCAD

3. Rezultate

Modelul digital al terenului scanat (Fig. 15, 16) a fost obținut după utilizarea unui algoritm de filtrare a datelor. Acesta asigură filtrarea norului de puncte de acele puncte care nu sunt relevante pentru crearea suprafeței dorite. Se realizează prin setarea unei rețele rectangulare, la echidistanța specificată de utilizator. În jurul punctelor de intersecție a liniilor rețelei rectangulare (grid-ului) se vor dezvolta (automat, prin funcție a programului) cilindrii în interiorul cărora se va face o căutare a punctelor cu cota cea mai mică. Toate punctele cu cota cea mai mică, găsite în interiorul cilindrilor, vor fi adăugate într-o suprafață (Surface) în Civil 3D care reprezintă de fapt modelul digital al terenului.

Acest algoritm are rolul de a furniza pentru modelul digital al terenului cele mai probabile puncte, care, evident, se găsesc la nivelul cel mai de jos al suprafeței scanate (se evită, de exemplu, luarea în calcul pentru modelul digital al terenului a punctelor aflate pe coroanele copacilor etc.).

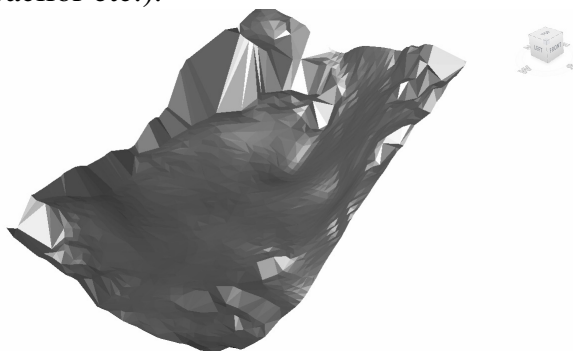


Fig. 15. Modelul digital al terenului pe zona alunecată de la corpul de drum la km 1+642 (pe drumul de acces) între localitatea Orșova și Platoul Topleț, culmea Dranic

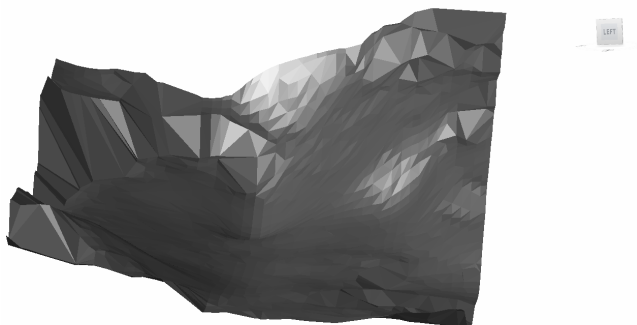


Fig. 16. Vizualizare a modelului digital al terenului creat

Crearea modelului digital al terenului prin măsurători planimetrice și altimetrice precise prezintă o importanță deosebită deoarece poate fi utilizat și la calculul:

- grosimii și volumului corpului alunecării de teren;
- lungimii și lățimii corpului alunecării de teren;
- partiționarea suprafeței zonei cu stabilirea direcțiilor de alunecare;
- determinarea secțiunilor longitudinale și transversale etc. [4]

4. Concluzii

Tehnologia de măsurare și de prelucrare a datelor s-a dezvoltat foarte mult în ultimii ani, ajungând astăzi la monitorizarea în timp real a deformațiilor și deplasărilor terenului, un fapt extraordinar, permițând astfel evitarea apariției unui dezastru. Astăzi scanarea laser terestră reprezintă o primă referință pentru analizarea 3D a modelelor și a datelor spațiale, fiind utilizată pentru studii din diverse domenii, cum ar fi: geofizica, mineritul, hidrologia, protecția mediului, construcții, arheologie, meteorologie etc. [5]

Astfel un număr semnificativ de oameni de știință au demonstrat valoarea acestei tehnologii pentru monitorizarea alunecărilor de teren și a altor hazarduri. Tehnologia de scanare laser terestră poate fi folosită cu succes ca metodă complementară sau care să înlocuiască metodele geodezice tradiționale de măsurare pentru caracterizarea atât a geometriei cât și a geologiei versanților instabili.

Pentru obținerea unor rezultate bune privind monitorizarea alunecărilor de teren folosind tehnologia de scanare laser terestră am realizat o analiză Swot. În categoria aspectelor favorabile intră beneficiile scanării laser terestre:

- minimizarea muncii de teren concomitent cu creșterea timpului de procesare a datelor,
- costuri mai mici decât în cazul tehnologiilor aeropurtate pentru zone de dimensiuni mici și mijlocii,
- minimizarea probabilității de apariție a zonelor nescanate datorată efectelor de umbrire,
- posibilitatea de a scana din unghiuri diferite și de a suprapune rezultatele,
- rezultate complexe de înaltă precizie,
- în loc de a măsura puncte dedicate, predefinite, întreaga structura a unui obiect poate fi capturată, permițând astfel investigații numeroase în faza de post – procesare (exemplu: mișcări ale cablurilor, deformații de piloni etc.).

Direcțiile viitoare de cercetare se vor axa pe calculul deformațiilor și deplasărilor pentru reperii amplasați pe corpul alunecării ce vor rezulta din viitoarele tranșe de măsurători.

6. Acknowledgment

¹“This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund – Investing in People.”

Referințe

- [1] Clara Beatrice Vilceanu, I.S. Herban, M.Marin, „The importance of landslide risk maps for the management of environmental issues”, International B.EN.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable Development, Alba – Iulia, România, 26 – 27 Mai, 2011.
- [2] Marilena Mărghițaș, M. Rusu, Tania Mihăiescu, C. Toader, „Reconstrucția ecologică a terenurilor agricole degradate prin alunecare (B)”, Jurnalul ProEnvironment/Promediu, nr. 2, pag. 105 – 106, 2008.
- [3] *** Inspectoratul Situațiilor de Urgență Mehedinți, 2011.

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

- [4] *** Grup multidisciplinar de experți, „Teoria și practica scanării terestre cu ajutorul laserului, Versiunea 2, Proiectul „Tehnicile de învățare pentru supraveghere tridimensională prezentată în cadrul programului de asumare a riscului (3DRiskMapping)”, 2006 – 2008, co-finanțată de Flemish Agency din cadrul programului European Leonardo Da Vinci.
- [5] I. Stoian, V. Olaru, N. Baroiu, „Making Landslides Risk Maps as Monitoring Systems of the Phenomenon Based on Precision Geodesic Measurements”, FIG Working Week – Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011.
- [6] Alina Corina Bălă, Floarea Maria Brebu, Anca-Maria Moscovici, „Using modern topo-geodetic technologies in the process of monitoring buildings deformations”, Surveying Geology and mining Ecology Management (SGEM), 12-th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Albena, Bulgaria, 17-23 June 2012.