

Mapping and Dating Planetary Surfaces Using GIS Techniques

Dr. Căpitan Radu Dan

Universitatea Alexandru Ioan Cuza Iași Departamentul
Interdisciplinar de Științe

Rezumat

- ▶ I. Cartografierea și datarea formelor de relief extraterestre- planeta Marte
 - Proiecte în lucru
 - Granturi de cercetare
 - Colaborări naționale și internaționale cu instituții și centre de cercetare
 - Dezvoltarea centrului de cartografiere planetară în cadrul Universității Alexandru Ioan Cuza Iași
 - Colaborări în cadrul Universității Alexandru Ioan Cuza Iași

Mapping and Dating Planetary Surfaces

De ce este important?

Cui îi foloseste?

Ce trebuie făcut?



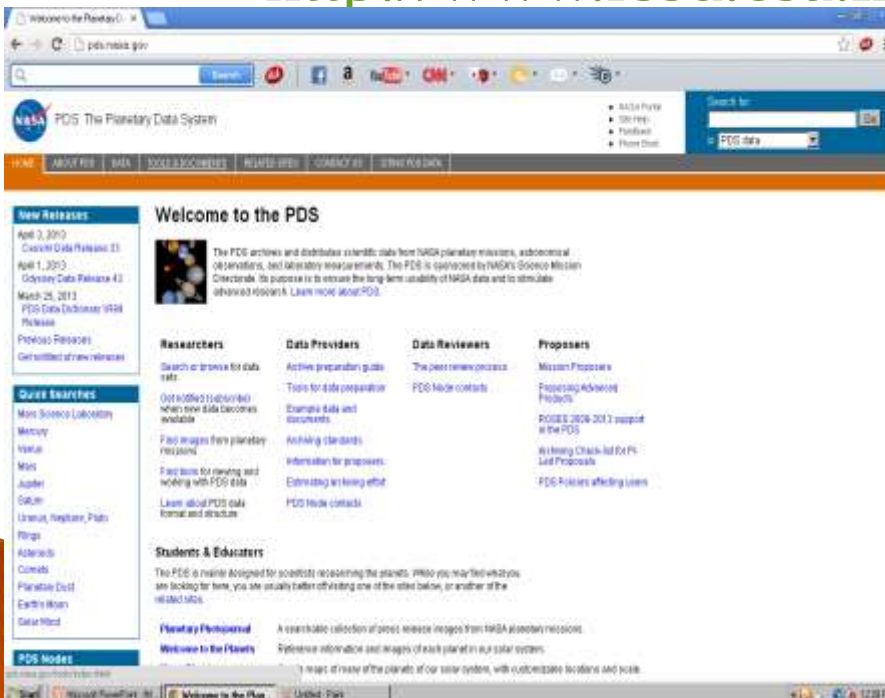
Mapping and Dating Planetary Surfaces

Surse de date planetologice NASA Geoscience Node

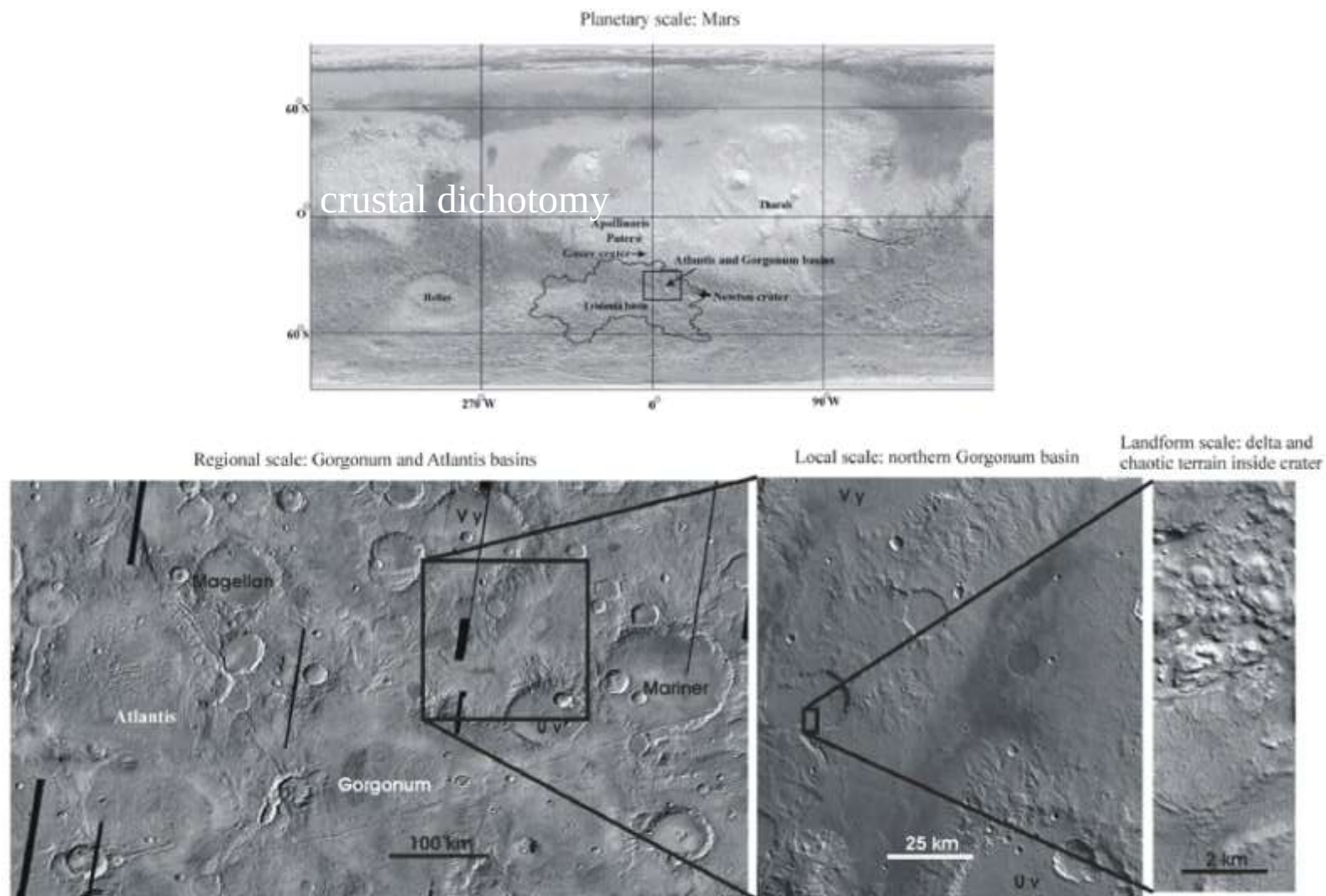
<http://pds.nasa.gov/>

ESA Planetary Data Portal

<http://www.rssd.esa.int/index.php?project=PSA>

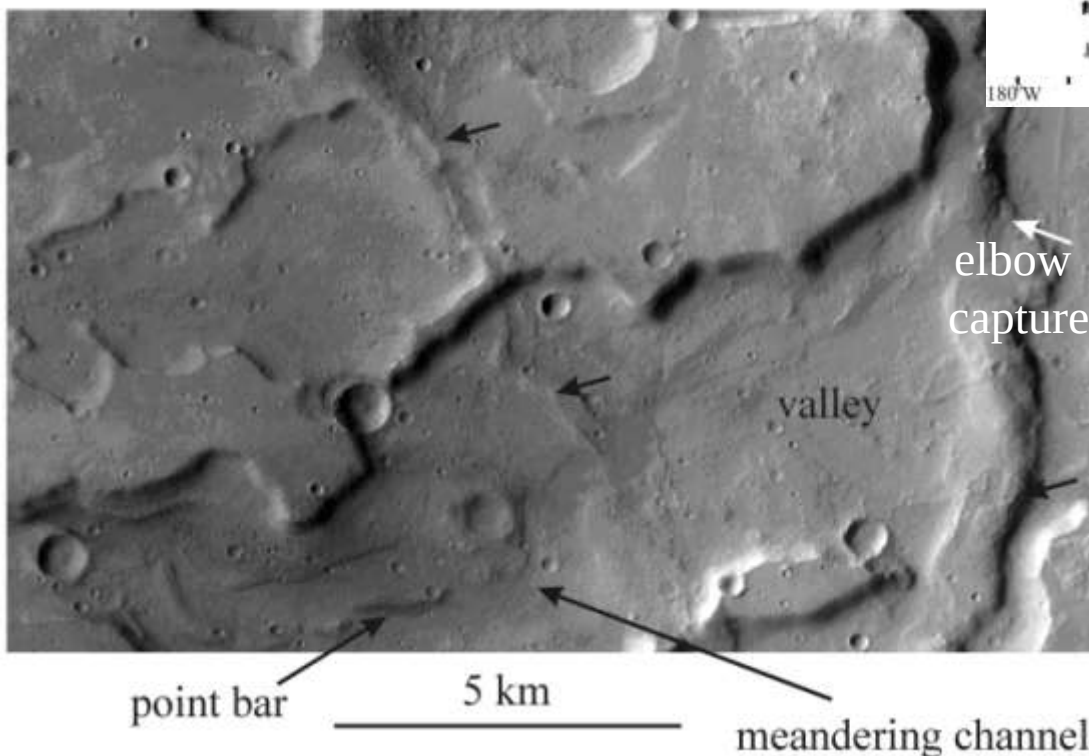
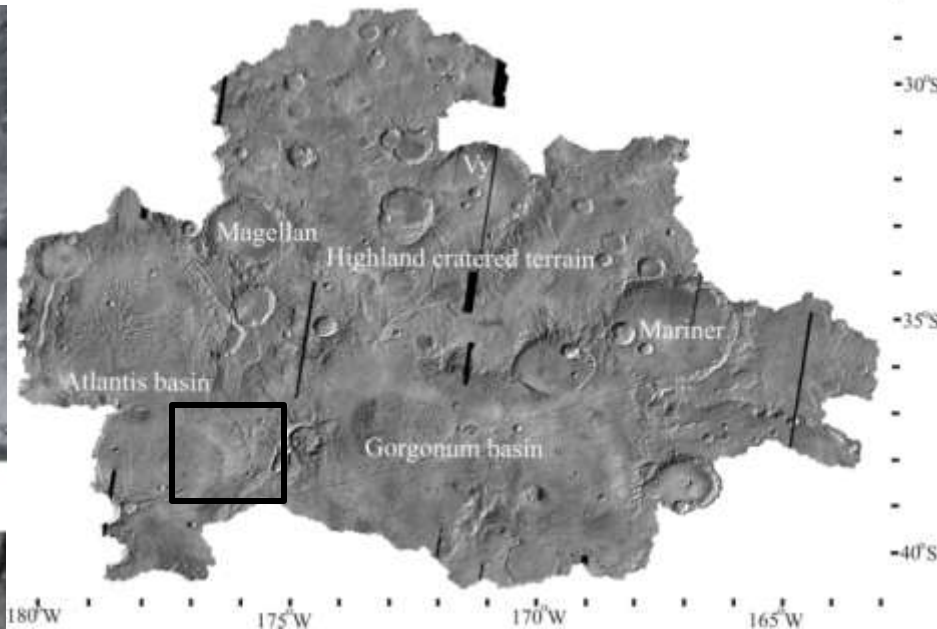
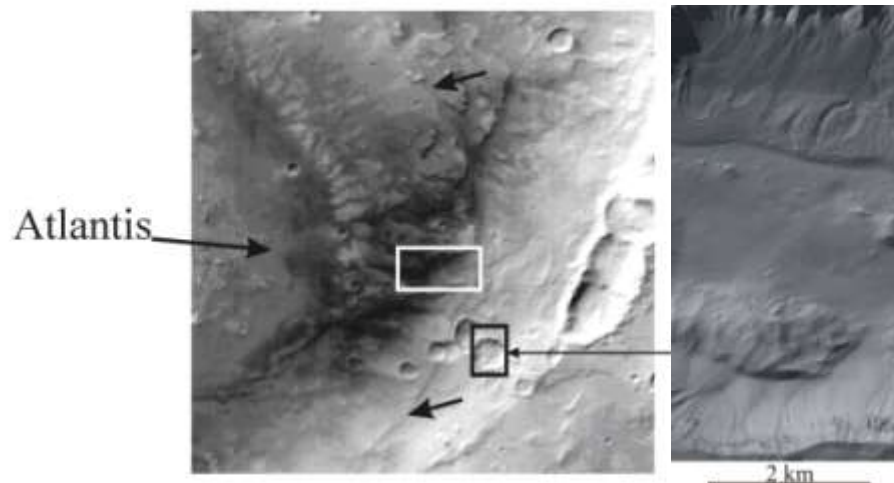


Efectul de scară în analiza formelor de relief și a structurilor geologice



În orice sistem morfologic, există o ierarhie și o funcționalitate a acesteia, în care se dispun structuri geologice și forme majore de relief la nivel planetar (bazine de impact, vulcani) și regional (cratere de impact, mari sisteme hidrografice), peste care se suprapun și subordonează cele locale, create sau favorizate de către agenții și factorii externi (relief fluvial, glaciari, eolian, ravene, alunecări).

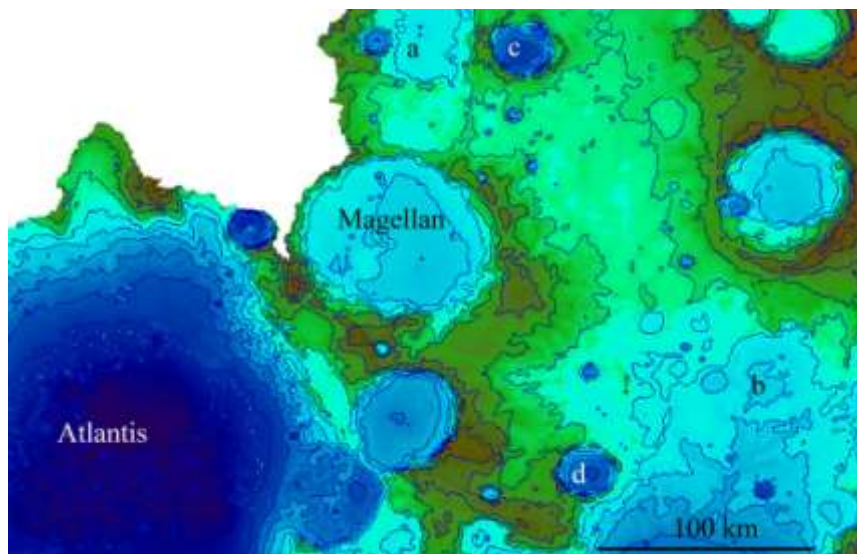
Descrierea geomorfologică a reliefului, ierarhizarea și funcționalitatea acestuia



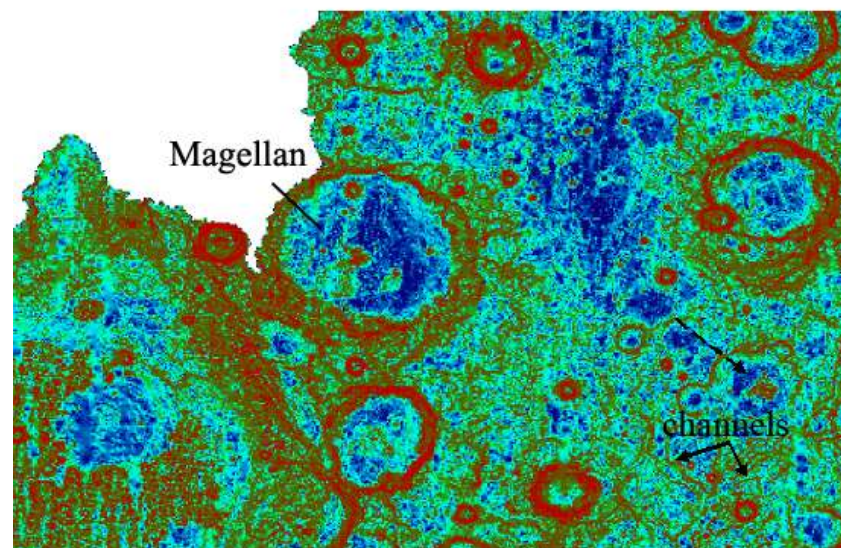
Formele de relief fluvial sau deplasările în masă sunt subordonate funcțional celor de rank ierarhic superior (ele se dezvoltă în lungul faliilor tectonice sau ale contactelor structurale, pot precede uneori reactivărilor proceselor de rang superior). Formele de relief și structurile geologice pot fi astfel analizate, și plasate în stadii succesive de evoluție.

Cartografierea morfometrică automată a formelor de relief și a structurilor geologice

Modelul numeric al reliefului

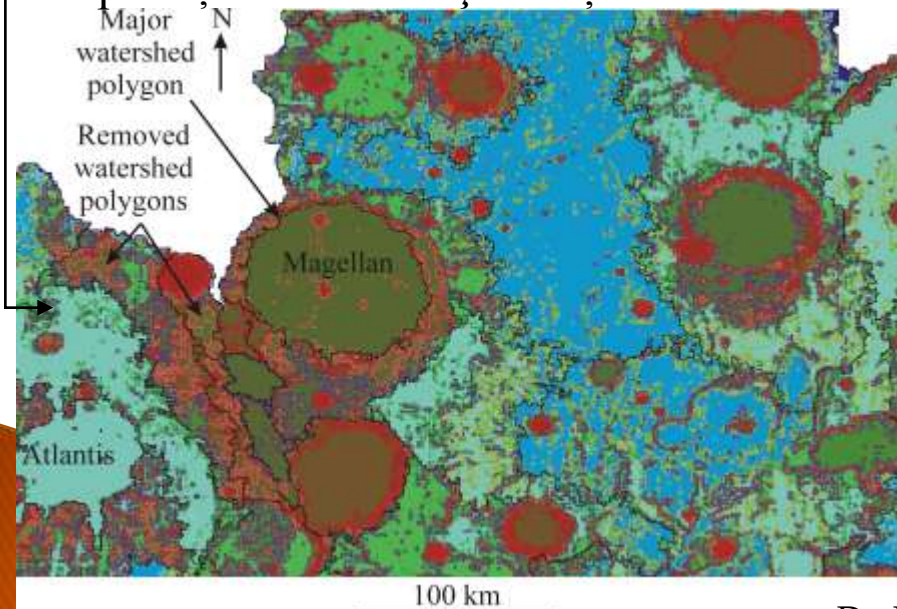


Altitudinea relativă a reliefului

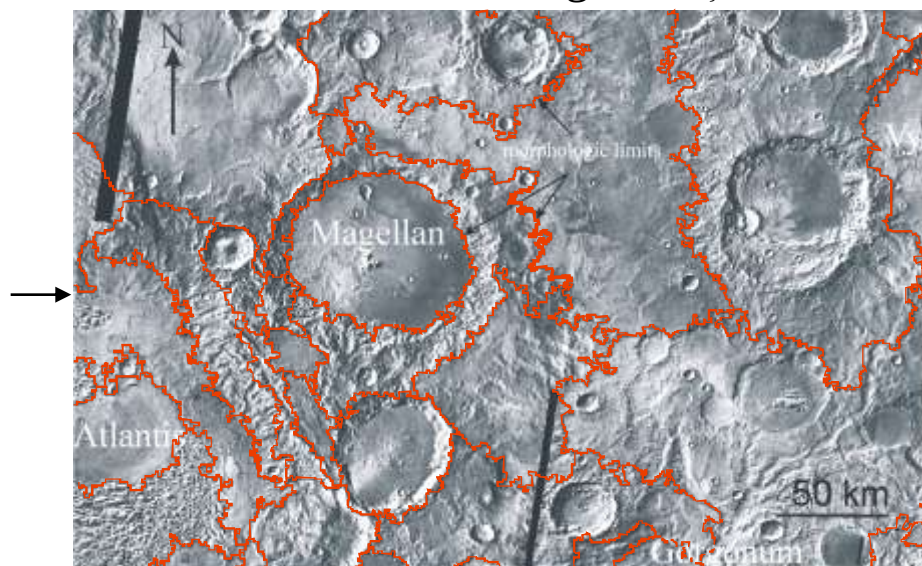


algoritmul de deliniere

Suprafețele deliniate și curățarea vectorilor

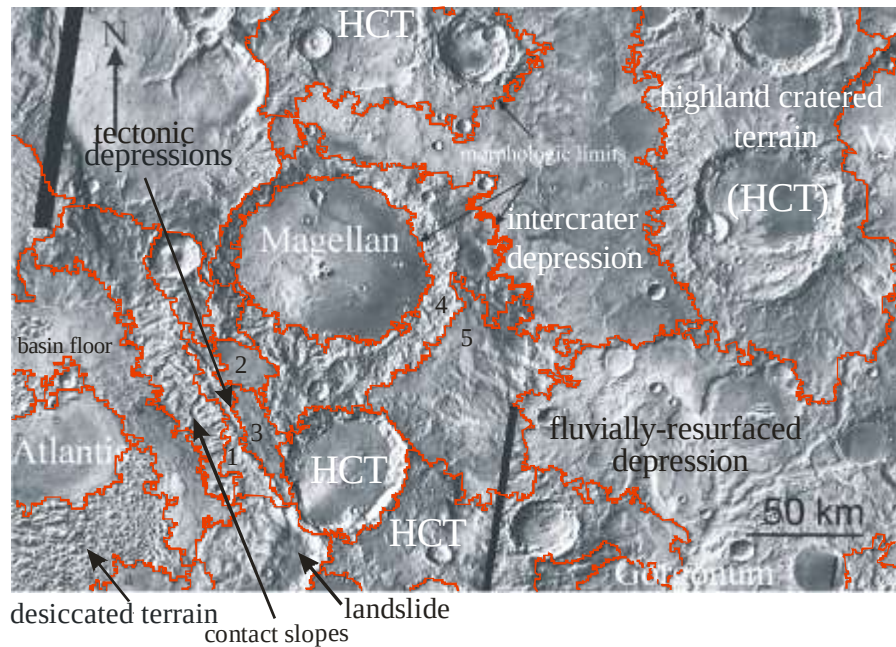


Limitele morfologice obținute



Comparație între delinierea automată a formelor de relief și procedura de deliniere existentă care utilizează relațiile de suprapunere a stratelor geologice

Sursa imaginilor: THEMIS mosaic



Sursa imaginilor: Viking mosaic



Npl -bazine de impact meteoritic;

Npl -depresiuni formate la periferia craterelor

Hcht –terenuri haotice

HCT suprafețe craterizate;

Depresiuni modelate de rețele fluviale (văi)

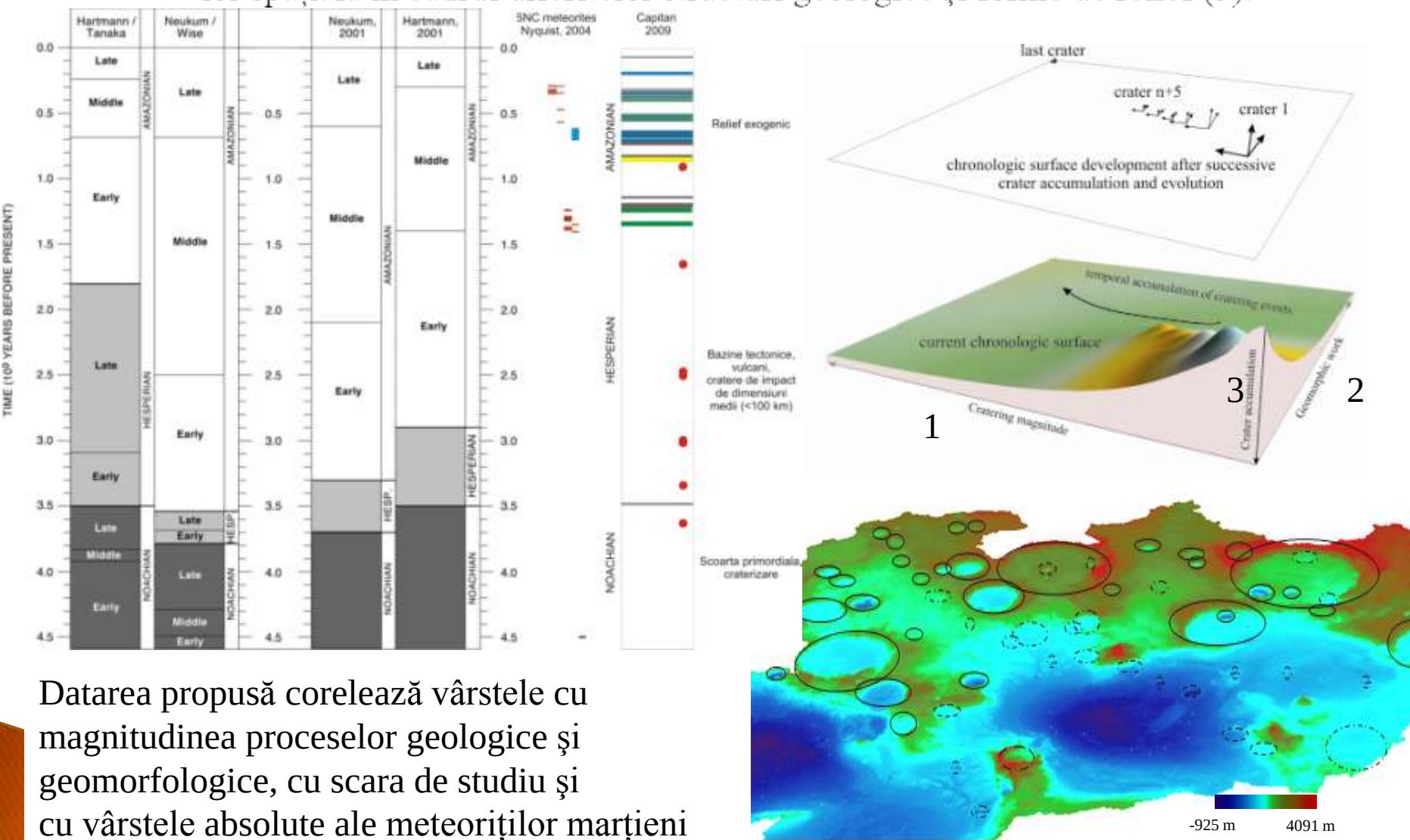
Depresiuni formate la periferia craterelor de impact

Depresiuni tectonice

Bazine tectono-structurale

Suprafața Ichim- un model de date relativă a formelor de relief și a structurilor geologice

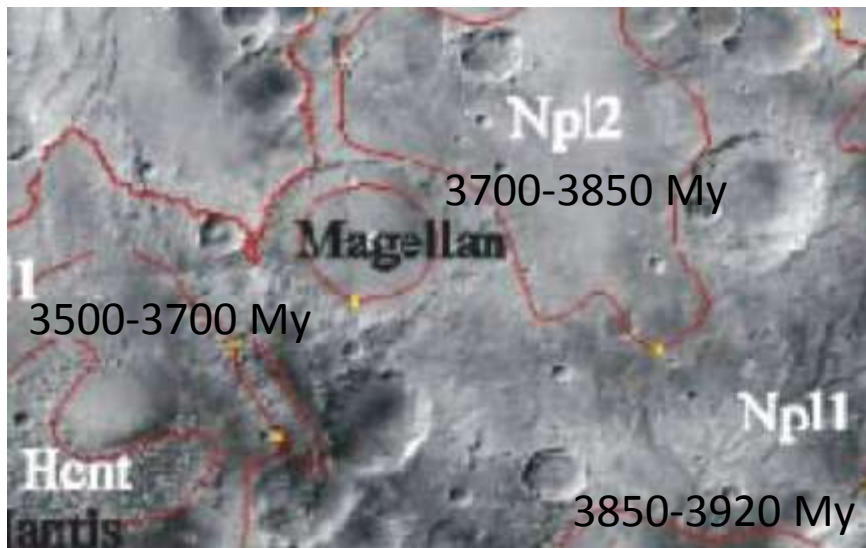
Procedura de datare dezvoltată în teza de doctorat utilizează trei elemente ce descriu dimensiunea (magnitudinea-1) craterelor de impact, adâncimea (evoluția-2) acestora și repartiția lor spațială în cadrul diferitelor structuri geologice și forme de relief (3).



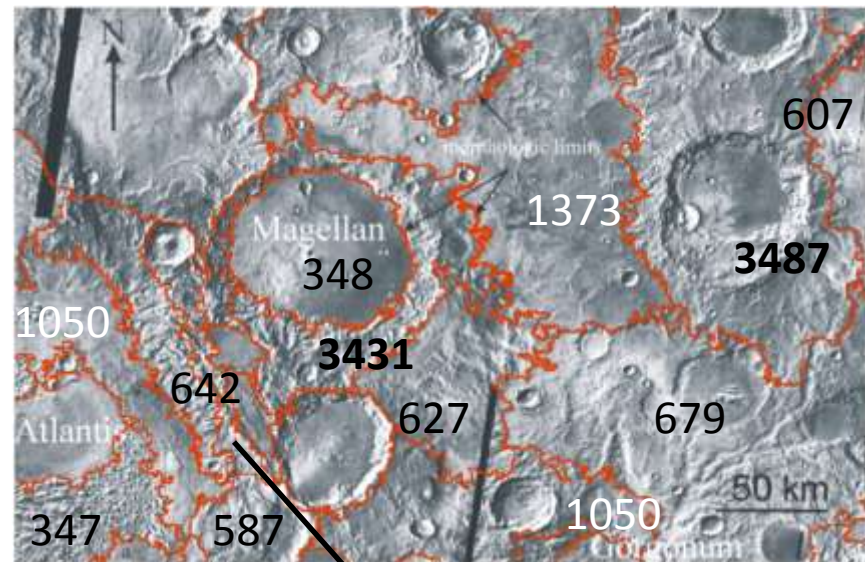
Datarea propusă corelează vârstele cu magnitudinea proceselor geologice și geomorfologice, cu scara de studiu și cu vârstele absolute ale meteoriților marțieni

Rezultate

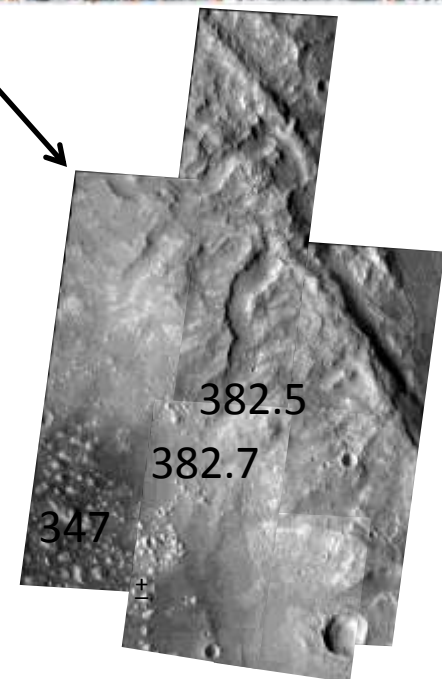
Metoda de datare a USGS



Metoda de datare propusă în teza de doctorat



Metoda de datare propusă descrie evoluția suprafețelor geologice și a formelor de relief cu mai mare acuratețe decât metoda existentă. Mai mult, corelația între vârstele formelor de relief aflate în continuitate de evoluție este foarte bună chiar și la nivelul regional, chiar și luându-se în considerare doar craterele mai mari de 2 km. Se îmbunătățește vizibil marja de eroare existentă în datarea actuală, se corelează vârstele în funcție de ierarhia proceselor de formare și se ajunge la o precizie a datării și la o corelare semnificativă a vârstelor formelor de relief sau a structurilor geologice primordiale.



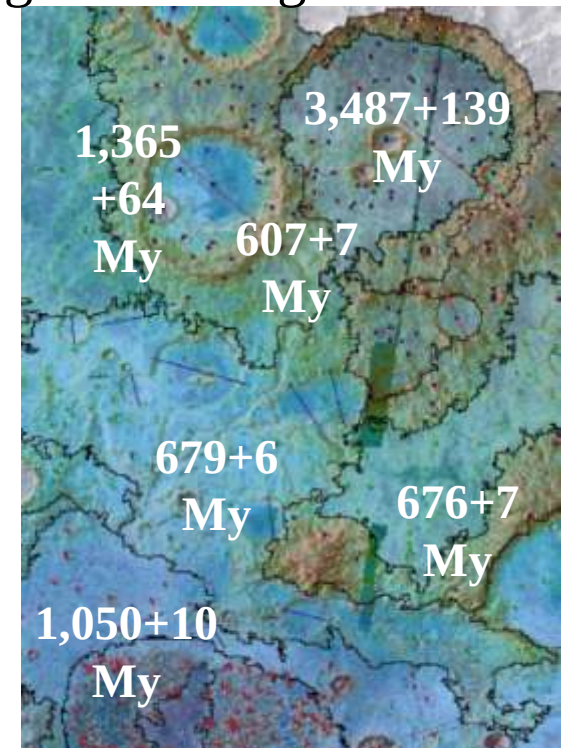
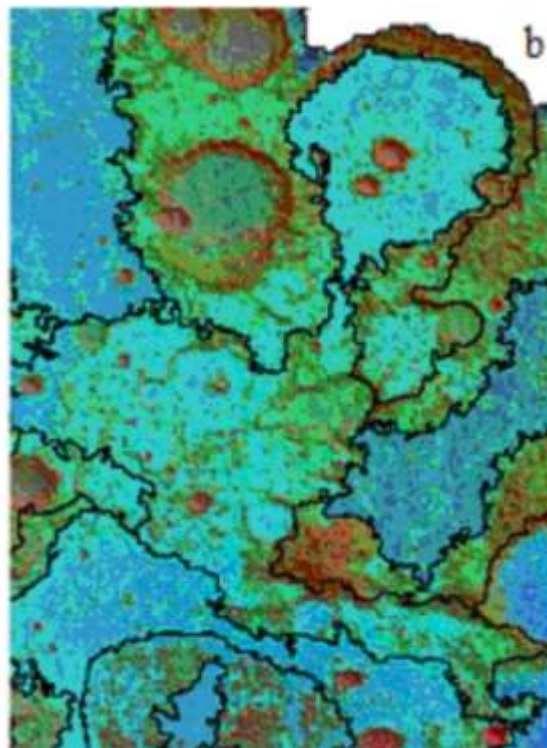
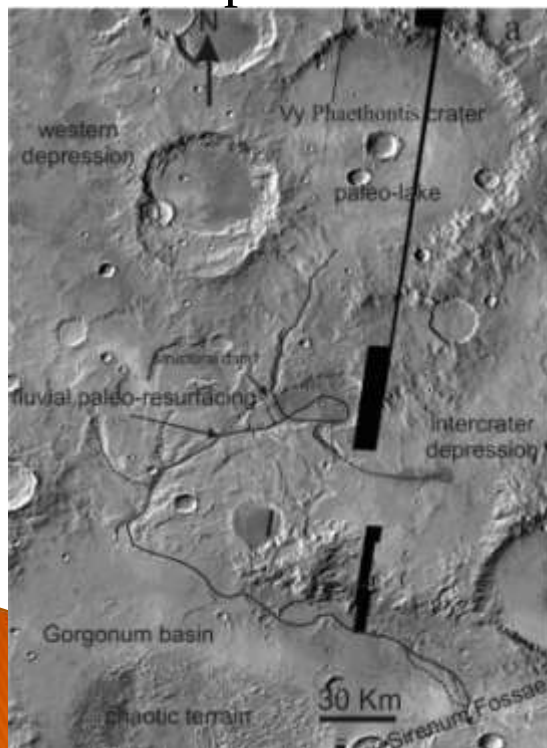
Semnificația acestei abordări:

Abordarea descrie evoluția formelor de relief folosind principii geomorfologice care vin în completarea celor stratigrafice

Metodele de cercetare sunt potrivite pentru o abordare regională, centrată pe distribuția formelor de relief, folosind imagini de înaltă rezoluție și prelucrarea modelului numeric al terenului

Trei etape de studiu integrează interpretarea morfologică, cu cartografierea morfometrică automată și cu stabilirea vârstelor într-o singură descriere a evoluției suprafeței Marțiene

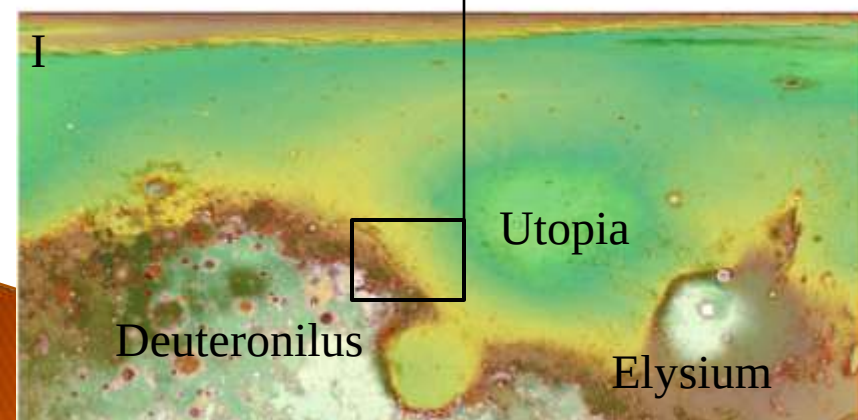
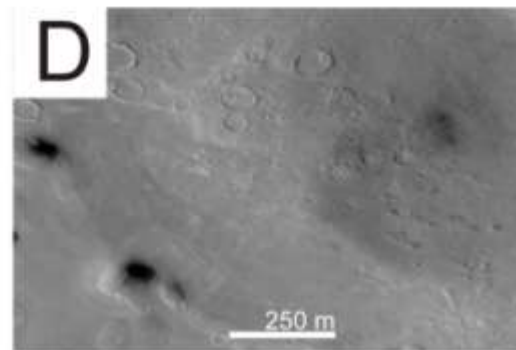
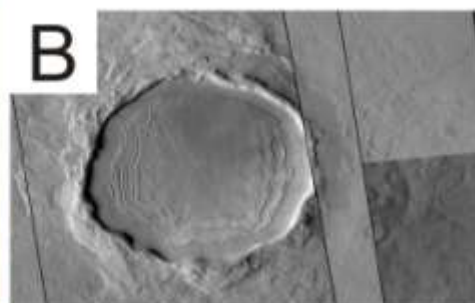
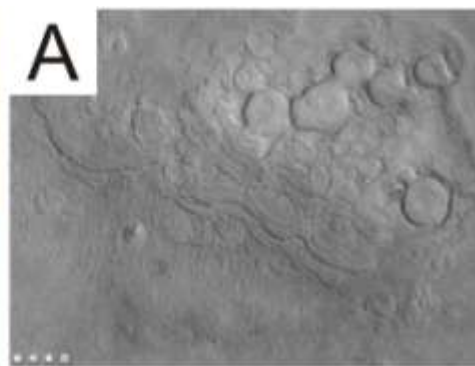
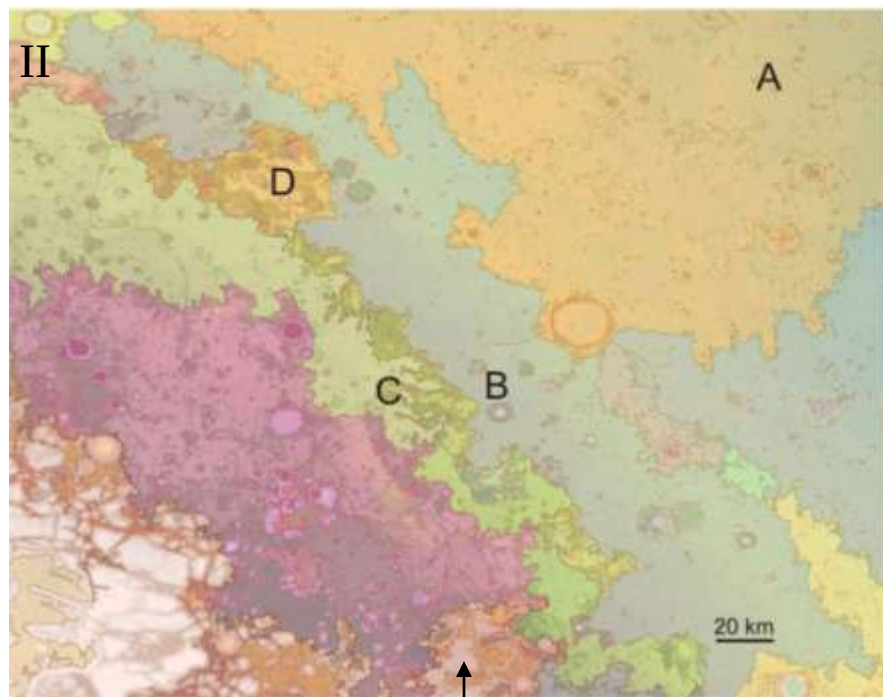
Acesta procedură este identică cu cea folosită în geomorfologia terestră



►Obiectivele generale urmărite în cartografiere și datarea planetară

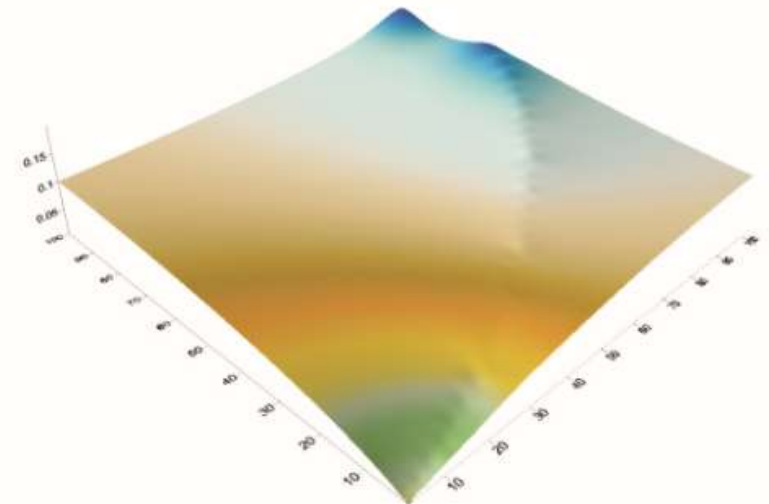
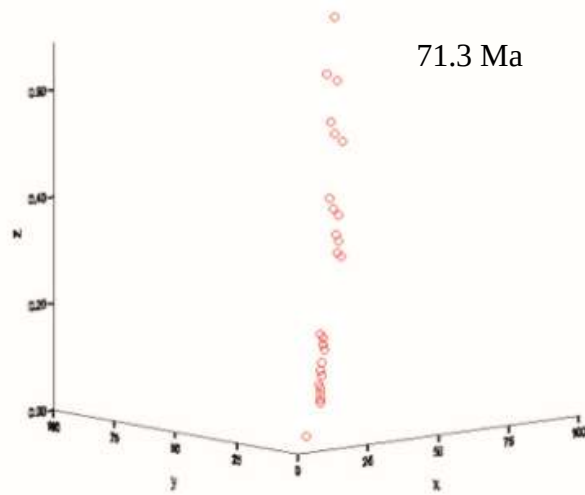
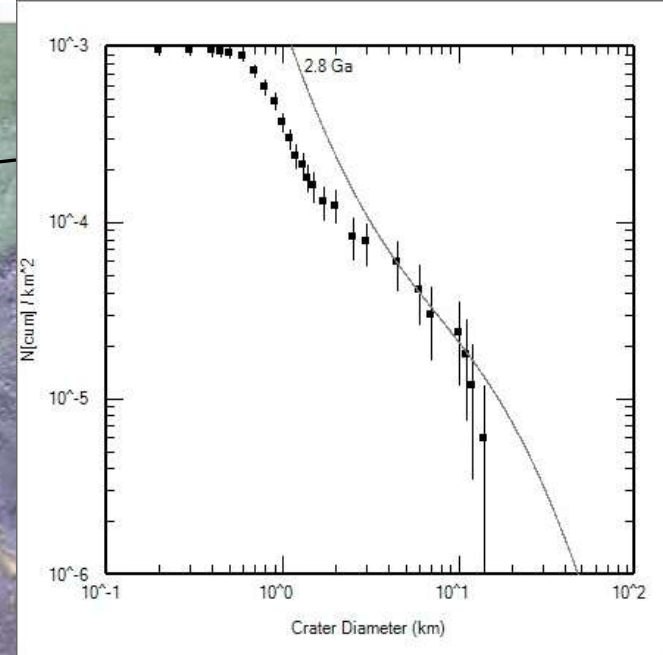
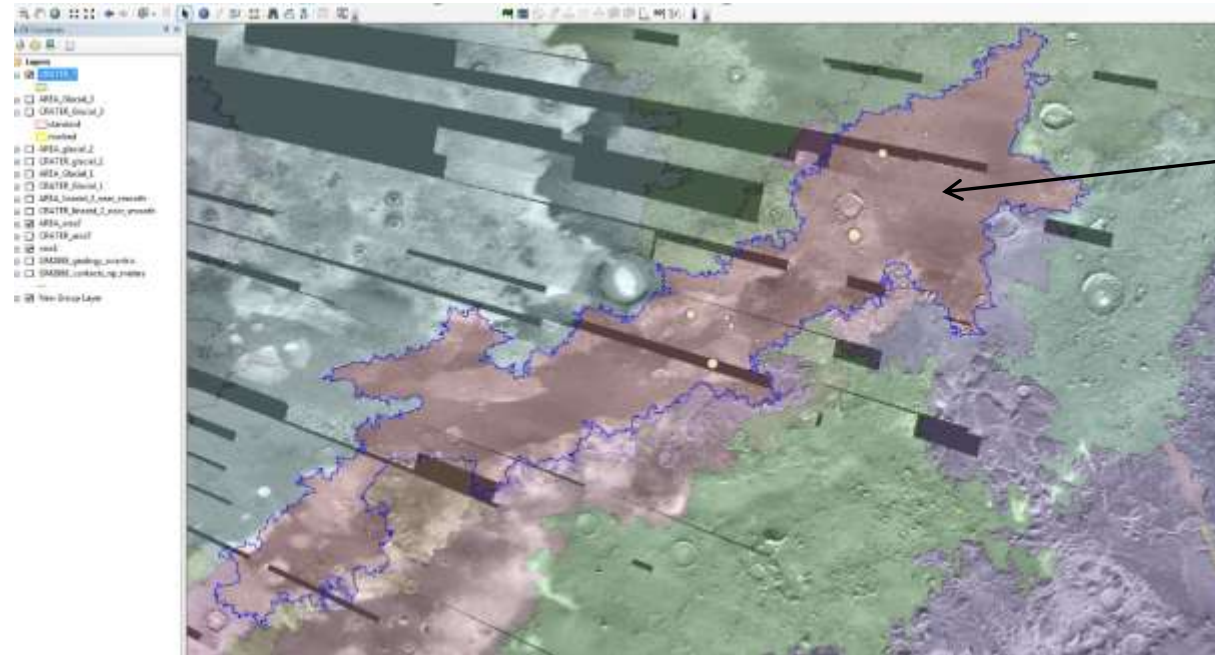
- Observarea și interpretarea formelor de relief fluvial, glacial și periglacial – studiu de caz- planeta Marte
- Cartografierea automată a formațiunilor de relief
- Datarea formelor de relief
- Descrierea și clasificarea formelor de relief utilizând abordarea comparată a formelor similare de relief terestre
- Analiza comparativă a craterelor de impact lunari și terestri în cadrul unor misiuni robotizate coordonate de Agenția Spațială Canadiană

Exemplu- Cartografierea regională și locală a formelor de relief din Utopia Planitia, a vulcanului Elysium Mons și a zonei de contact Deuteronilus

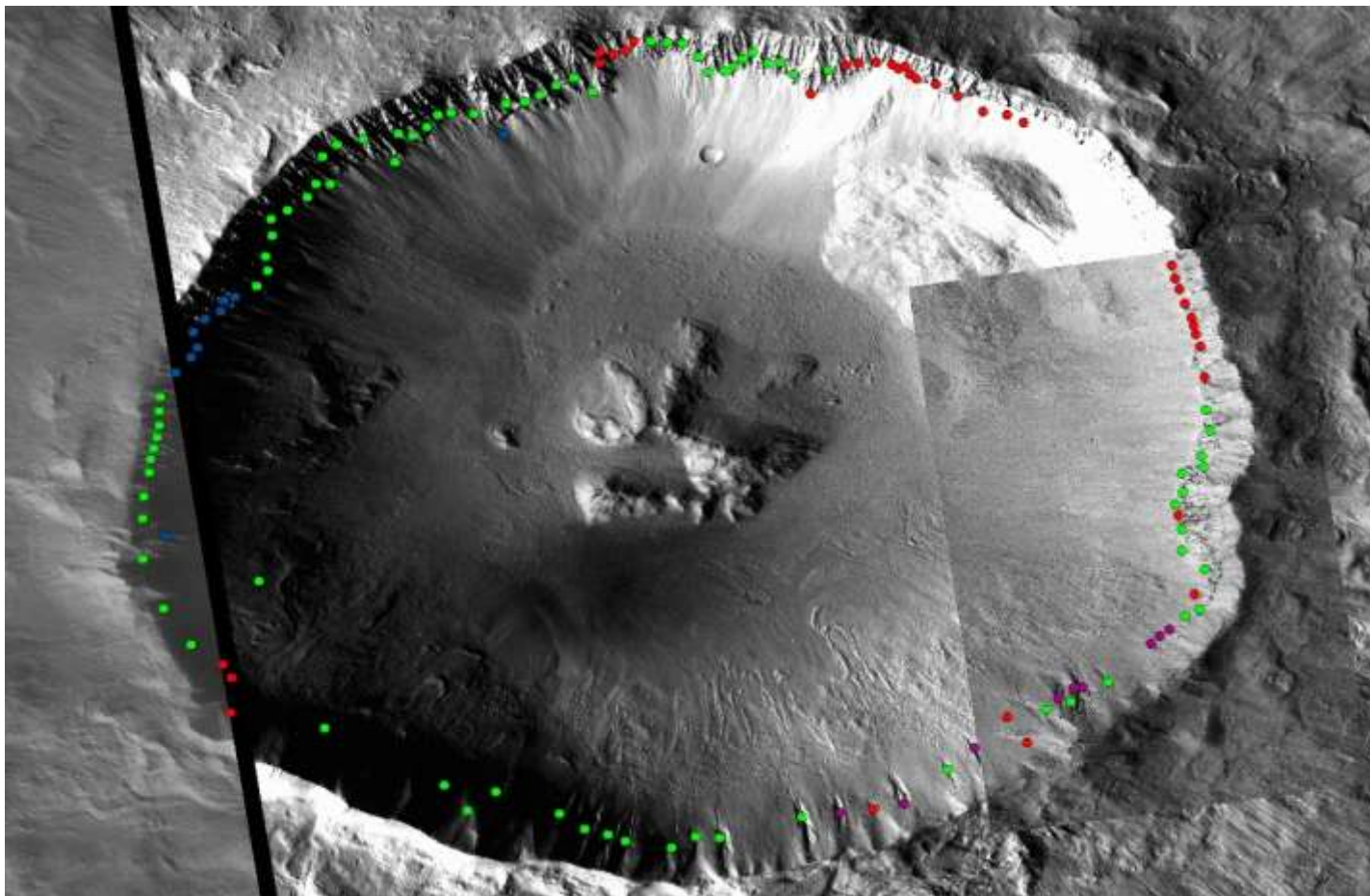


Folosind tehnicile de cartografiere dezvoltate în teza de doctorat, am cartografiat un areal de mare interes pentru stabilirea evoluției recente a planetei Marte. Adâncimea fragmentării reliefului (I) este harta de la care se pleacă în evaluarea regională a formelor de relief. După aplicarea algoritmului de delieniere, structurile geologice și relieful local este cartografiat cu precizie (II), urmând ca în stabilirea tipurilor de relief existent, să fie analizate imaginile satelitare de mare rezoluție (30 cm/pixel) (A-D).

Datarea formelor de relief folosind algoritmi de datare incluși în programul ArcGIS 10 și datarea efectuată utilizând modelul suprafeței Ichim



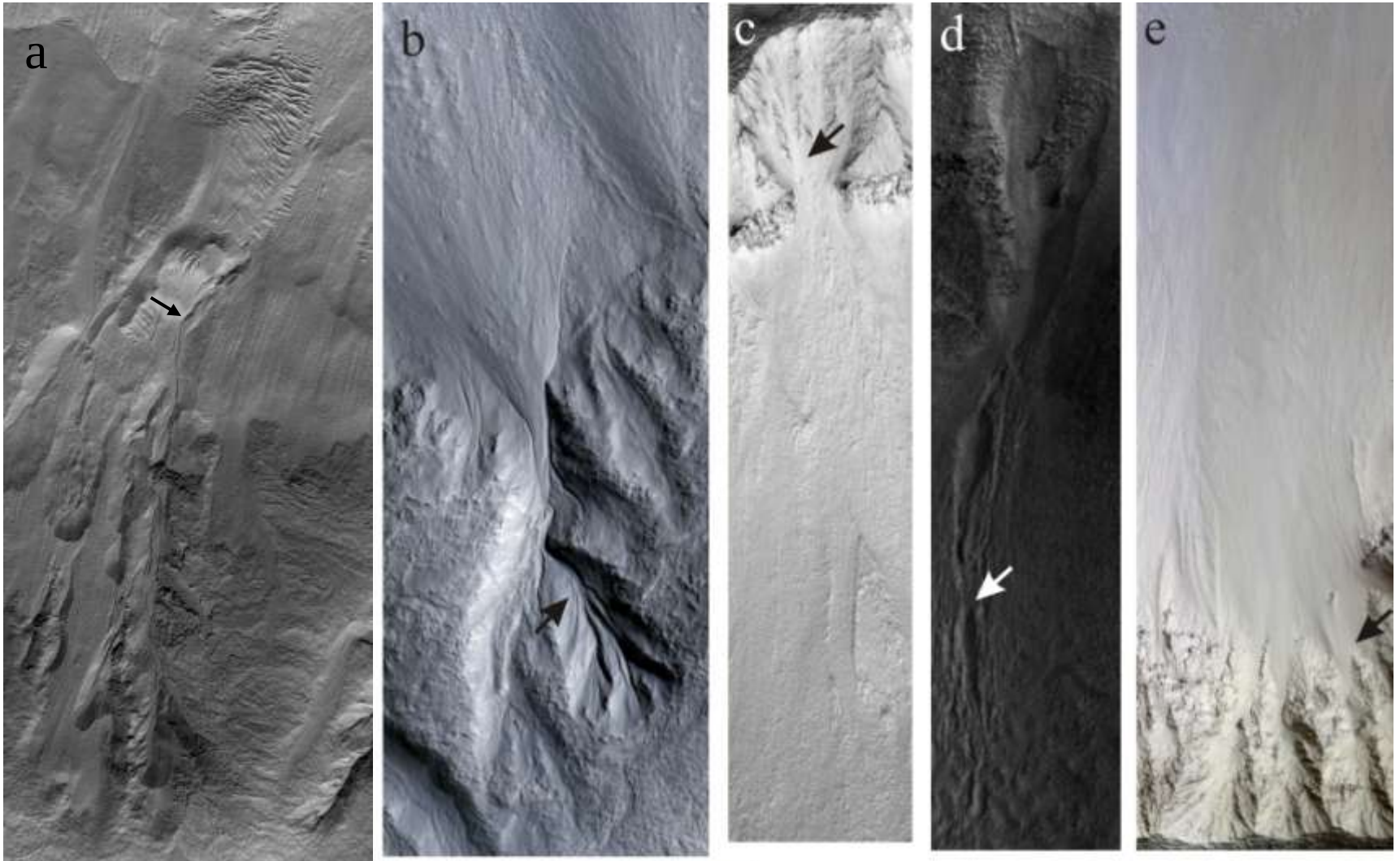
Cartografierea formelor de relief locale din interiorul craterelor de impact din estul bazinului Utopia Planitia, Marte



● debris flows ● head-cut channels ● dry flows ● gullies

Folosirea imaginilor de înaltă rezoluție permite cartografierea formelor de relief și diferențierea lor

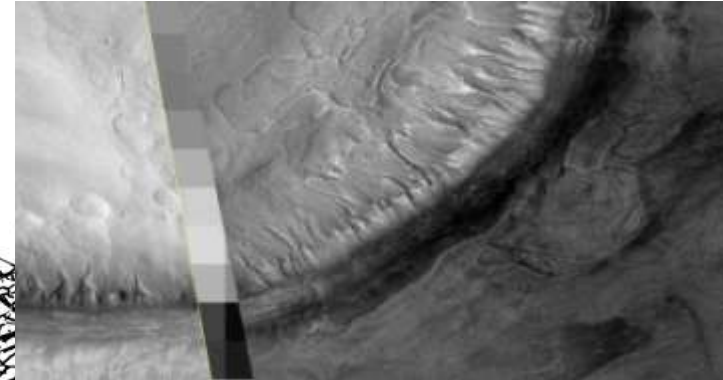
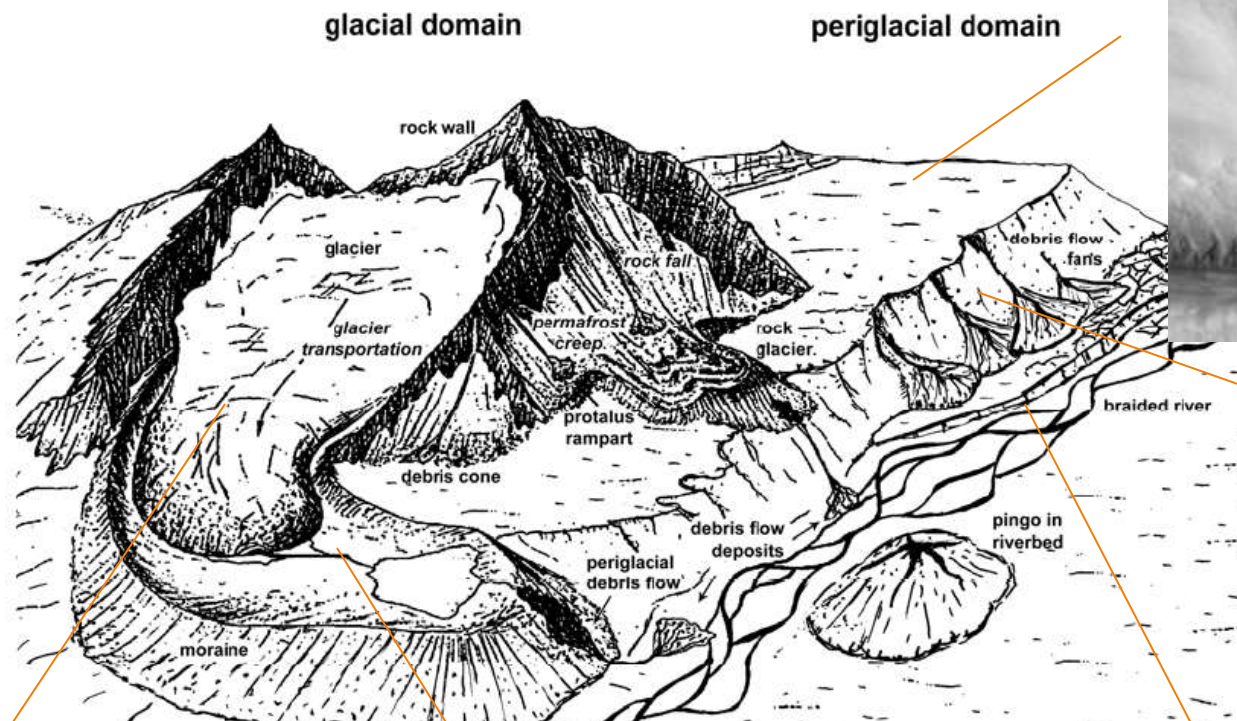
Tipologia proceselor geomorfologice care acționează în interiorul craterelor de impact meteoritic



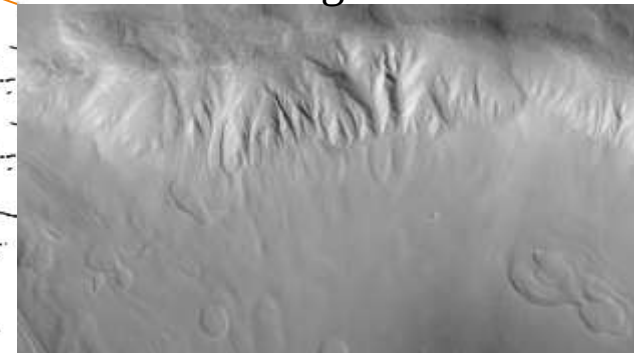
a. curgeri de debris, b. ravenație, c. curgeri de nisip, d. sufozionare, e. deplasări uscate cu formare de conuri de grohotiș

Geomorfologie comparată între forme de relief terestre și marțiene

alase, structuri poligonale, ravenație



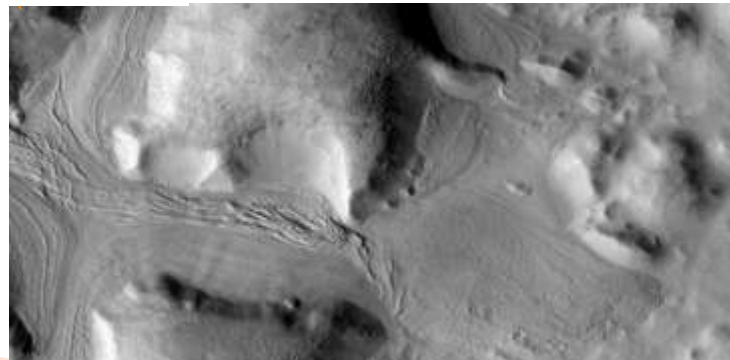
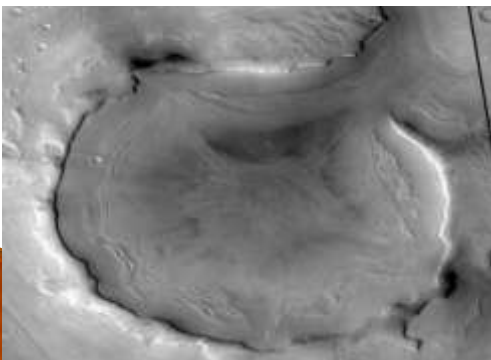
curgeri de debris



paleorâuri proglaciare

circ glaciar în interiorul craterului

ghețar de vale



Misiuni de cartografiere și analiză geomorfolologică și geologică comparativă a craterelor de impact terestre și lunari în cadrul CPSX Canada



Exemplu de linie de execuție trimis de centrul de comandă

Meteor crater



Shire

The landing site Shire has an **annotated image** in the FTP folder with these instructions.

- 1) Check out **Shire** specifically . There is a beautiful white rock in there. Is it part of the bedrock, or is it a large chunk of ejecta? What spectral type does it match? It seems shocked/fragmented. Is it?
- 2) Check out other similar rocks. Are they actually the same stuff, or do they just look similar? We've boxed some es, but choose whichever ones you like, and describe them in comparison with those at Nessa. You can use our named boxes or make some of your own.
- 3) Check out **Fangorn or Rivendell** specifically. These seem to be a different colour (non-white, maybe cream). Are these sandstone? Carbonate? How do they compare to Nessa?



Craterul Tycho, Luna



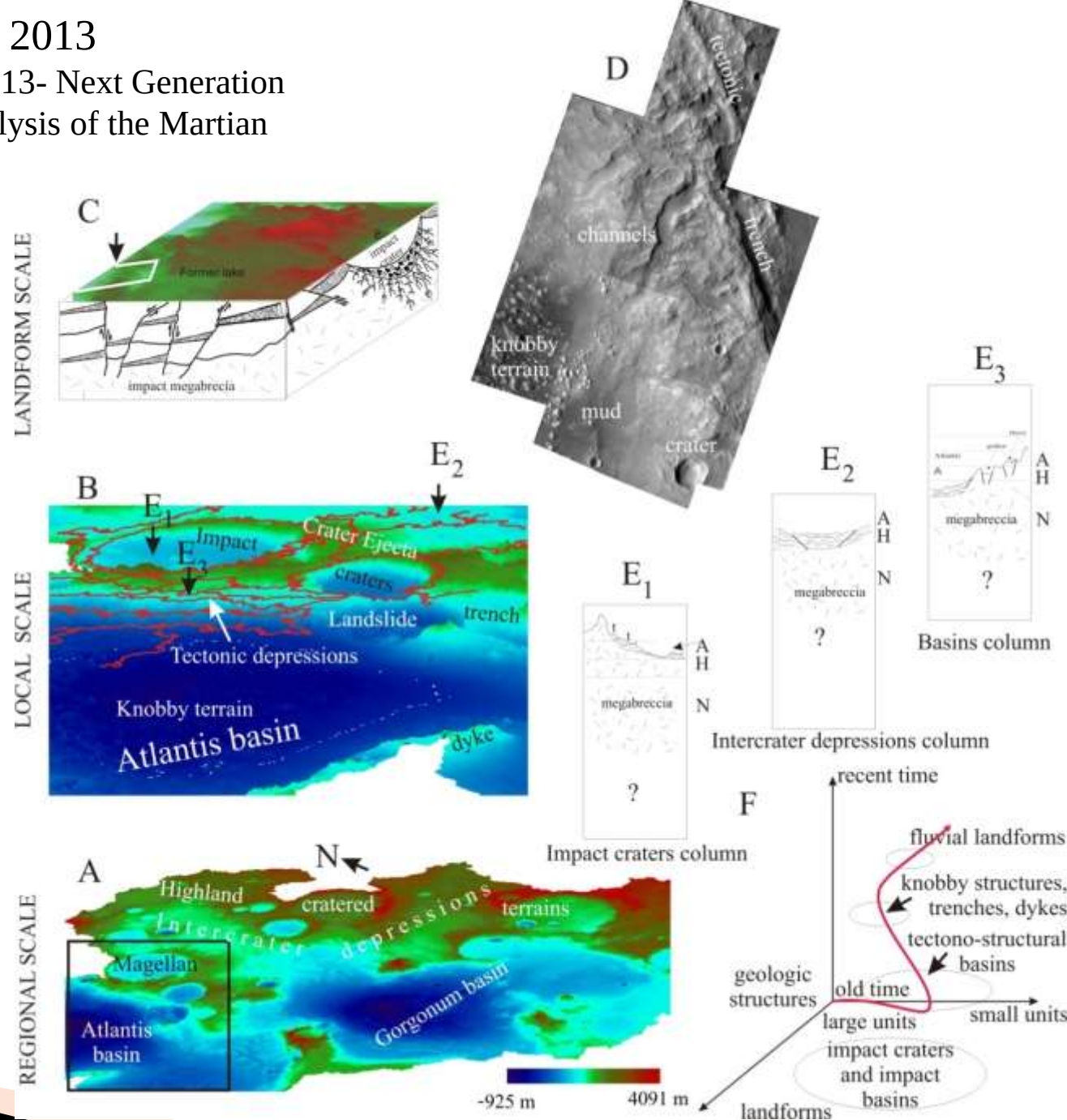
Prelegeri în cadrul conferințelor internaționale organizate de NASA (LPSC- Houston), ESA (EGU - Viena) și GEOCanada (AGU - Calgary, Toronto, London)

1. R. D. Capitan, G. R. Osinski, M. J. Van De Wiel, M. Kerrigan, *N. Barry, S. Blain* 2012. Mapping Utopia Planitia: Morphometric And Geomorphologic Mapping at a Regional Scale, 43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2237
2. R. D. Capitan, G. R. Osinski, M. J. Van De Wiel, M. Kerrigan, *N. Barry, S. Blain* 2012. Distribution of gullies in Utopia Planitia, Mars, 43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2240
3. G. R. Osinski, R. D. Capitan, *M. Kerrigan, N. Barry, S. Blain* 2012, Late Amazonian Glaciations in Utopia Planitia, Mars, 43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 1957
4. *M. C. Kerrigan, B. Shankar, C. Marion, R. Francis, A. Pickersgill, R. D. Capitan G. R. Osinski* 2012. Real-time Mission Control Tracking of Astronaut Positions during Analogue Missions, 43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2756
5. *M. C. Kerrigan, G. R. Osinski, R. Capitan and M. Van De Wiel. N. Barry, S. Blain* 2012. The distribution and stratigraphy of periglacial Landforms in Western Utopia Planitia, Mars, 43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2716
6. Marion C. L. Osinski G. R. Abou-Aly S. Antonenko I. Barfoot T. Barry N. Bassi A. Battler M. Beauchamp M. Bondy M. Blain S. **Capitan R. D.** et al.,. A Series of Robotic and Human Analogue Missions in Support of Lunar Sample Return ,43nd Lunar and Planetary Science Conference, Abstract 2716
7. Capitan R. D., Osinski, G., Van De Wiel, M. 2011. Martian Gullies: A Morphological and Morphometrical Re.-Classification of Processes on Crater Walls In Eastern Utopia Planitia, Mars, 42nd Lunar and Planetary Science Conference oral presentation, 1761.pdf
8. Capitan, R. D., Van De Wiel, M., Osinski G 2010. Chronologic Surface: A new Method for Dating Planetary Landscapes, GeoCanada 2010 Calgary, Alberta, oral presentation
9. Capitan, R. D. 2009. Morphometric and Geomorphologic Mapping of Landforms in Gorgonum and Atlantis Basins, Mars, AGU Joint Assembly, Toronto, Ontario, Poster #1027
10. Capitan, R. D. 2007a. New Interpretation of Landscape Assemblages and Ages in Gorgonum and Atlantis Basins, Mars, Planetary Science Research Symposium, UWO, London Ontario
11. Capitan, R. D. 2007b. Chronologic Surface Methodology- a New Method for Dating Martian Landscapes, Seventh International Conference on Mars, 3268.pdf
12. Capitan, R. D. 2007c. Morphologic Mapping of Surface Deposits in Gorgonum and Atlantis Basins, Seventh International Conference on Mars, 3299.pdf
13. Capitan, R. D. 2007d. Three Phases of Landscape Evolution in Gorgonum and Atlantis Basins, Mars, 38th Lunar and Planetary Science Conference, 1318.pdf
14. Capitan, R. D. 2006b. Possible Framework for the Study of Martian Surface and Landforms, EGU General Assembly Vienna, EGU06-A-0135-01161[poster]
15. Capitan, R. D. 2006a. Water-related Processes and Associated Landforms in Eastern Atlantis and Northern Gorgonum Basins, Mars, EGU General Assembly Vienna, 06-A-01160 [poster]

Grant de cercetare depus în 2013

Grant de cercetare Marie Curie 2013- Next Generation

Planetary Mapping: a 3D Analysis of the Martian Surface



Colaborări naționale și internaționale cu instituții și centre de cercetare

Agenția Spațială Europeană, NASA, CPSX Canada

Agenția Spațială Română

Oportunitati de aplicare:

ESA- Mars Robotic Exploration Preparation Programme MREP 2 MicrOmega (VIS + IR Spectrometer)–Mineralogical characterization of crushed sample material

RLS (Raman spectrometer) Geochemical composition, Detection of organic pigments, Orbital datasets to prepare the mission.

Work plan for predevelopment

activities for 2022 missions perioada de depunere a granturilor semestrul 2 în 2014

Continuarea colaborării pentru misiuni analoge cu CPSX Canada

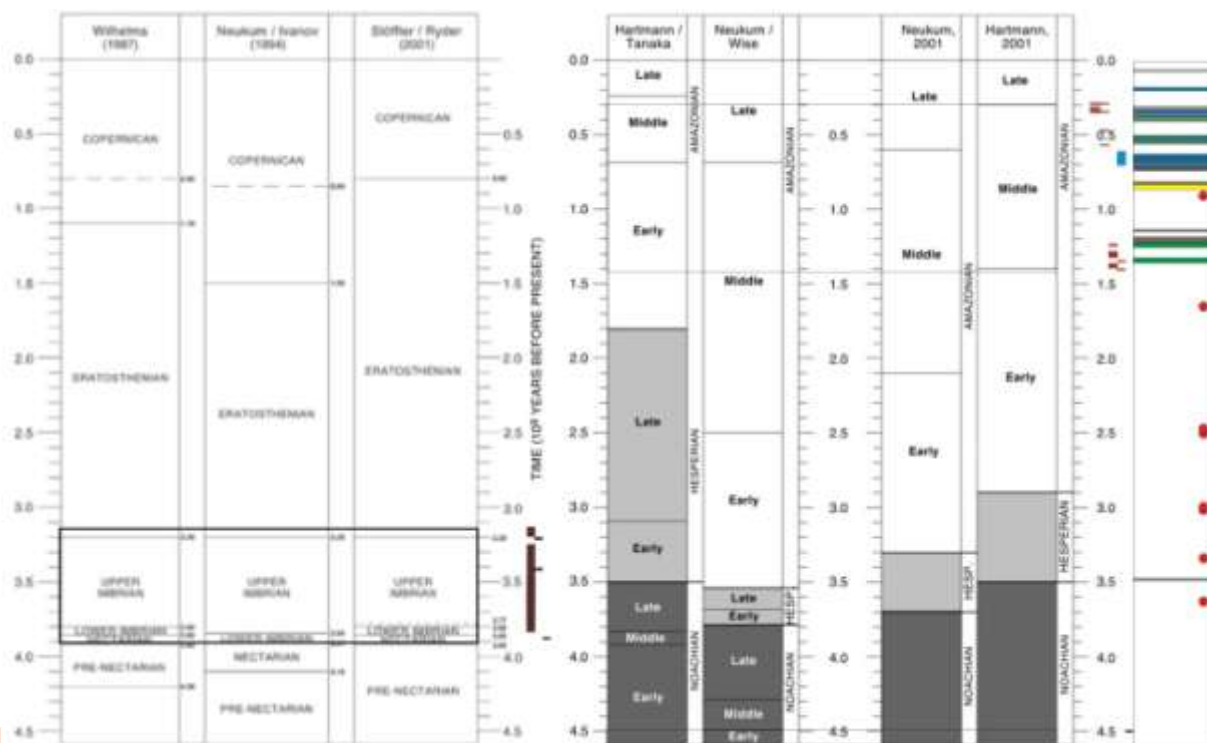
Colaborări cu centre de cercetare din cadrul UE

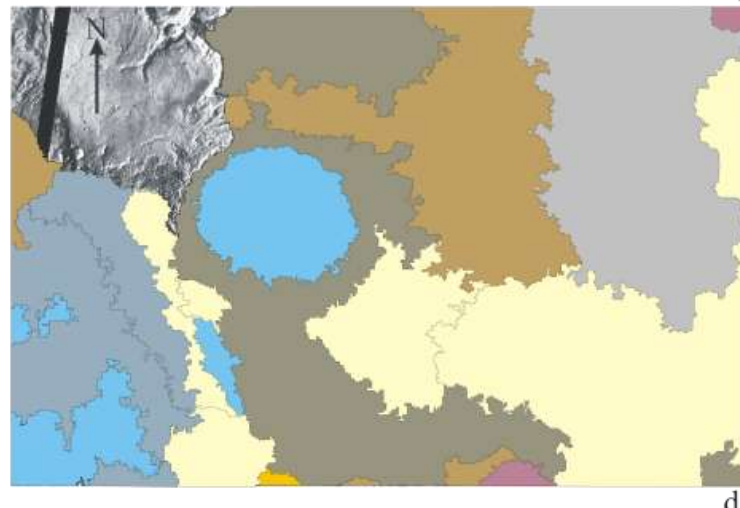
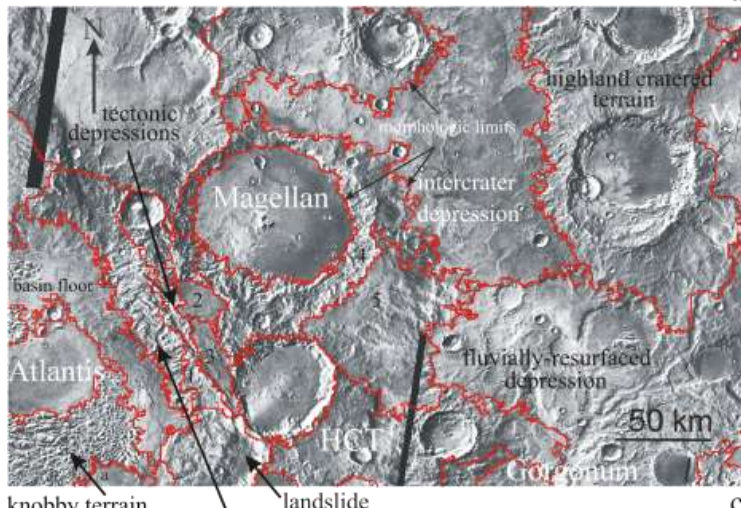
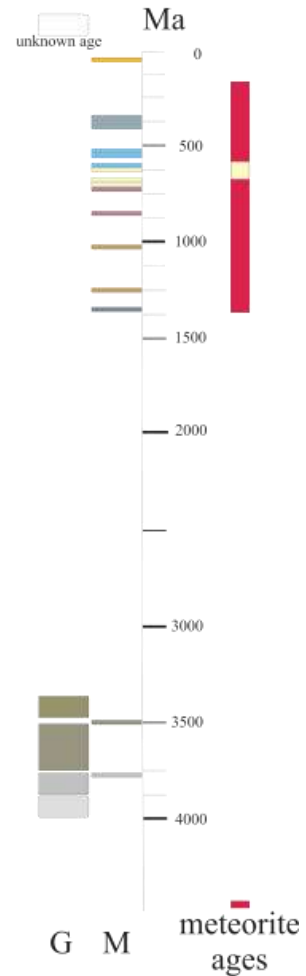
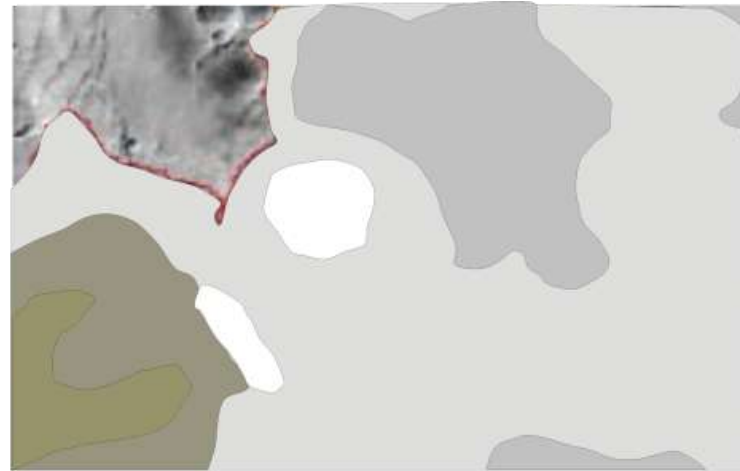
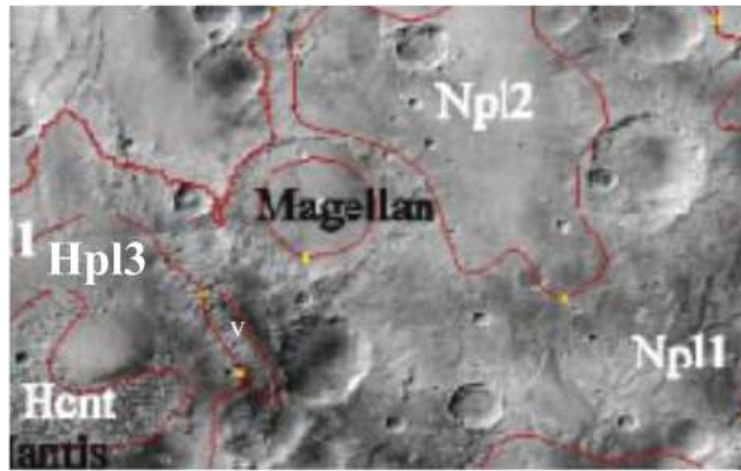
Atragerea de granturi de cercetare

Aplicație pentru FP7 Staring

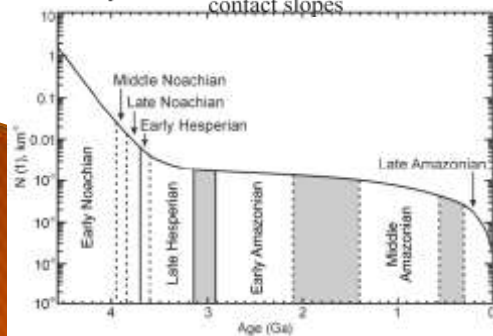
Grant Octombrie 2013

Chronology of Planetary Surfaces in Inner the Solar System

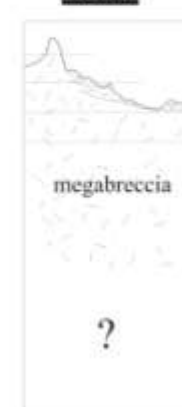
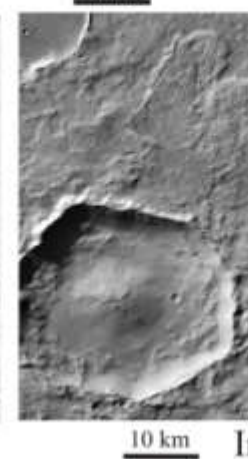
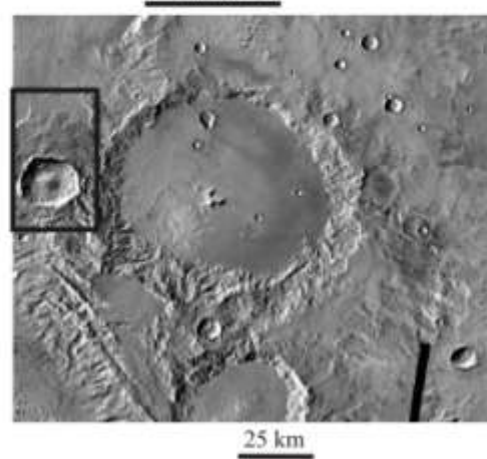
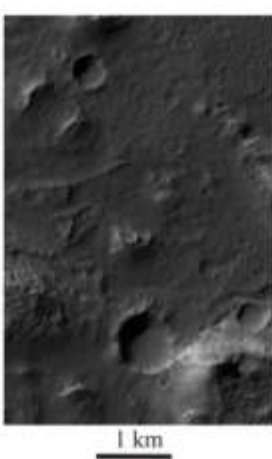
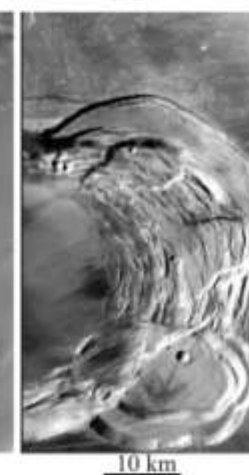
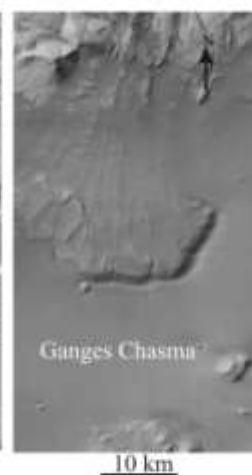
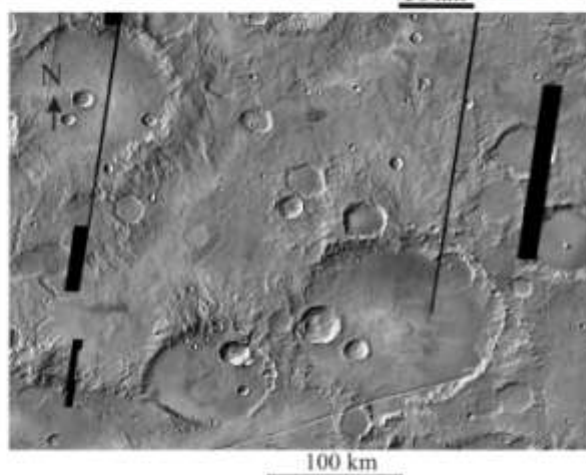
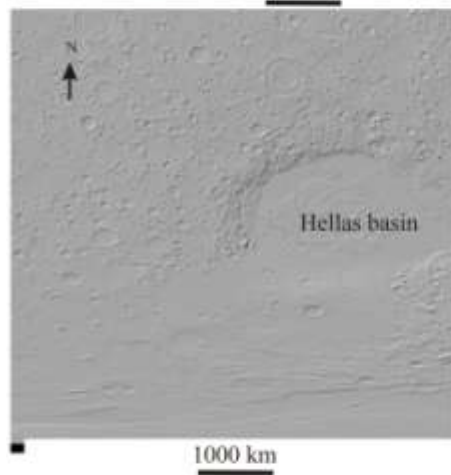
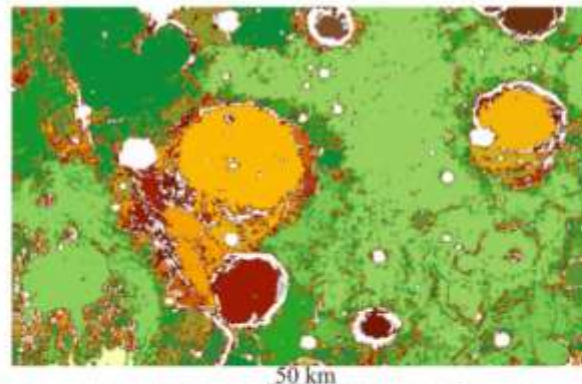
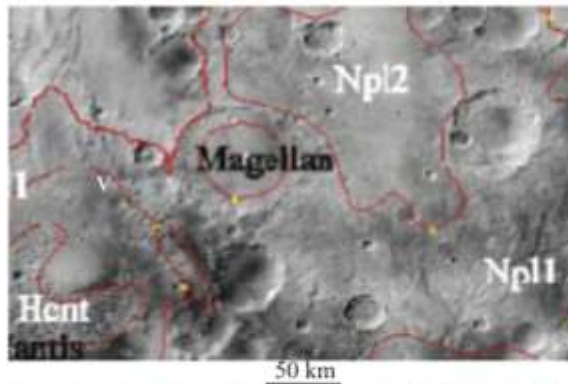
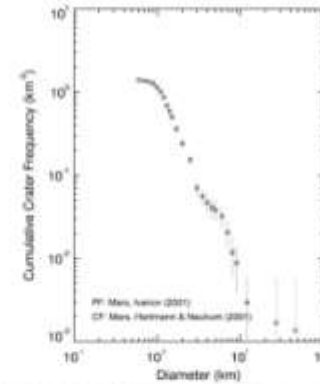




Datarea formelor de relief și stabilirea unei scări geocronologice actuale care să rezolve problemele de datare existente. Datarea actuală stratigrafică prezintă inexactități ale perioadelor de tranziție între perioadele majore (reprezentată prin tonuri de gri în imaginea alăturată).



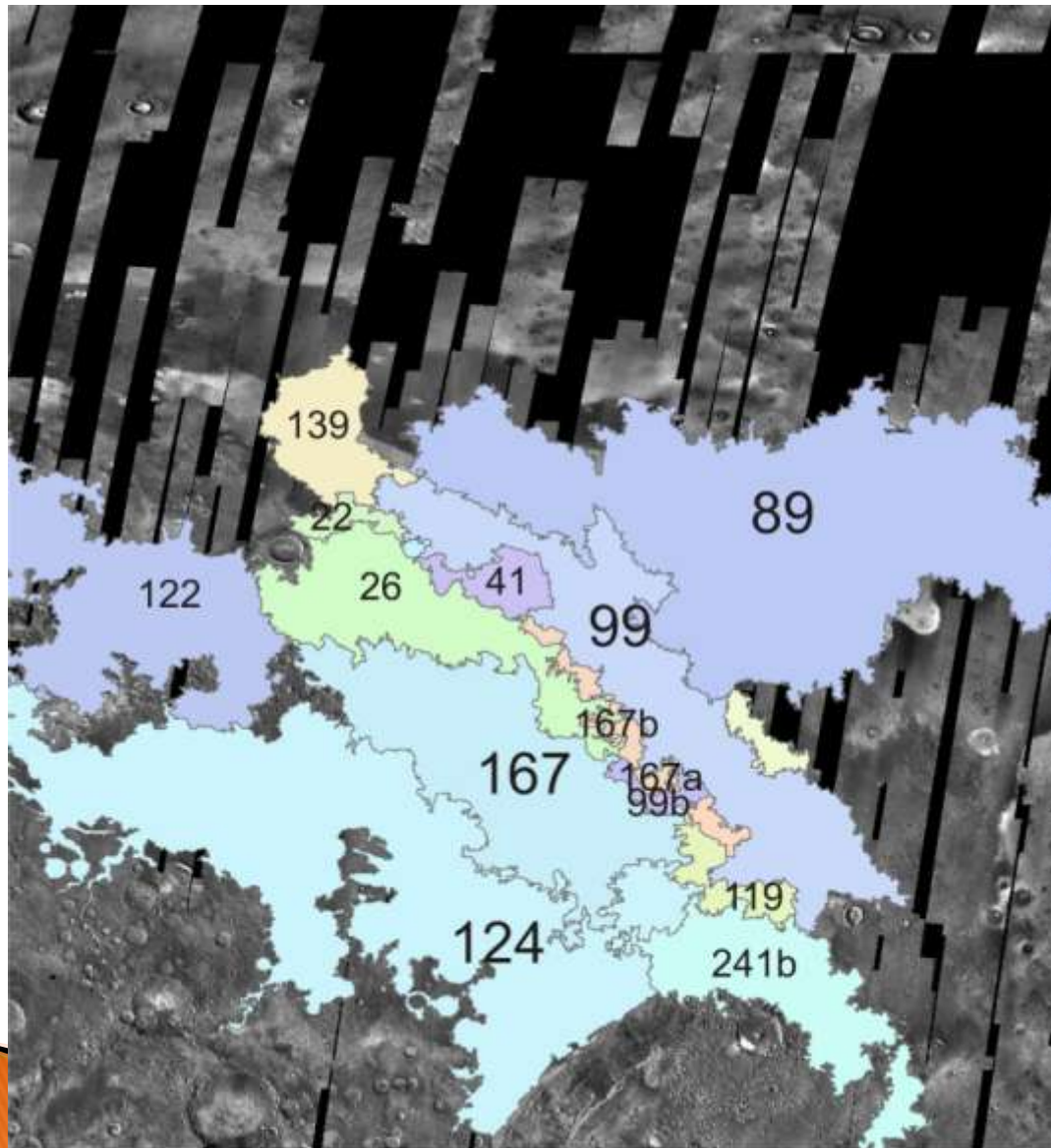
Scara de lucru în
geomorfologia
planetară și
influența sa
asupra evaluării
reliefului și a
structurilor
geologice,
precum și a
datării acestora



Impact craters column

Proiecte în lucru:

1. Cartografierea planetară actuală folosind deliniera automată a arealelor morfologice în mediul GIS



Areale modificate de procese geomorfologice actuale

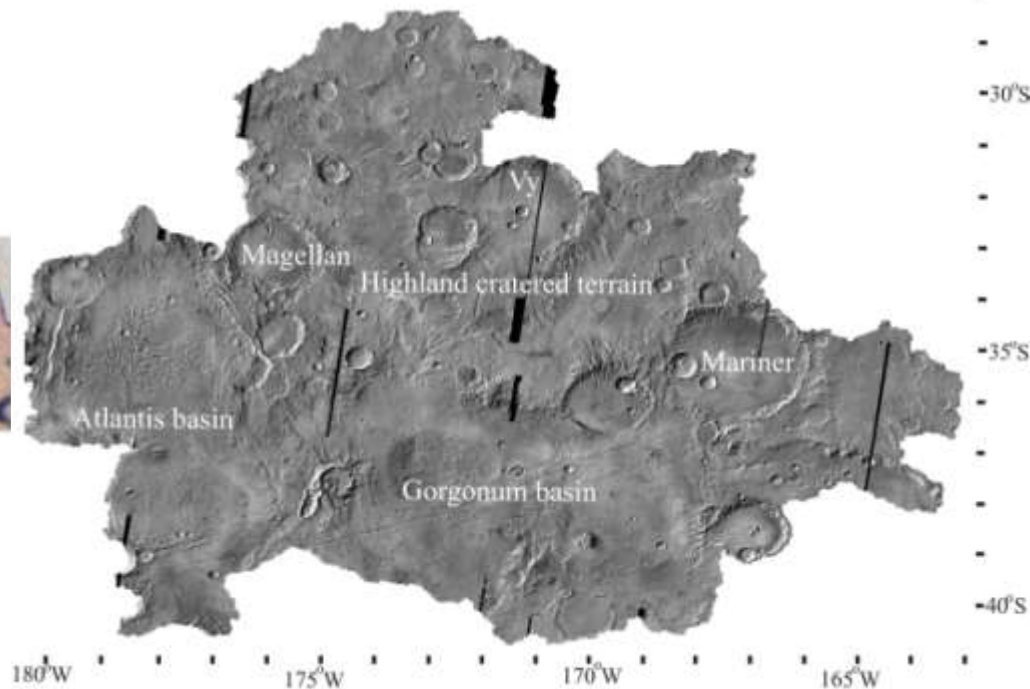
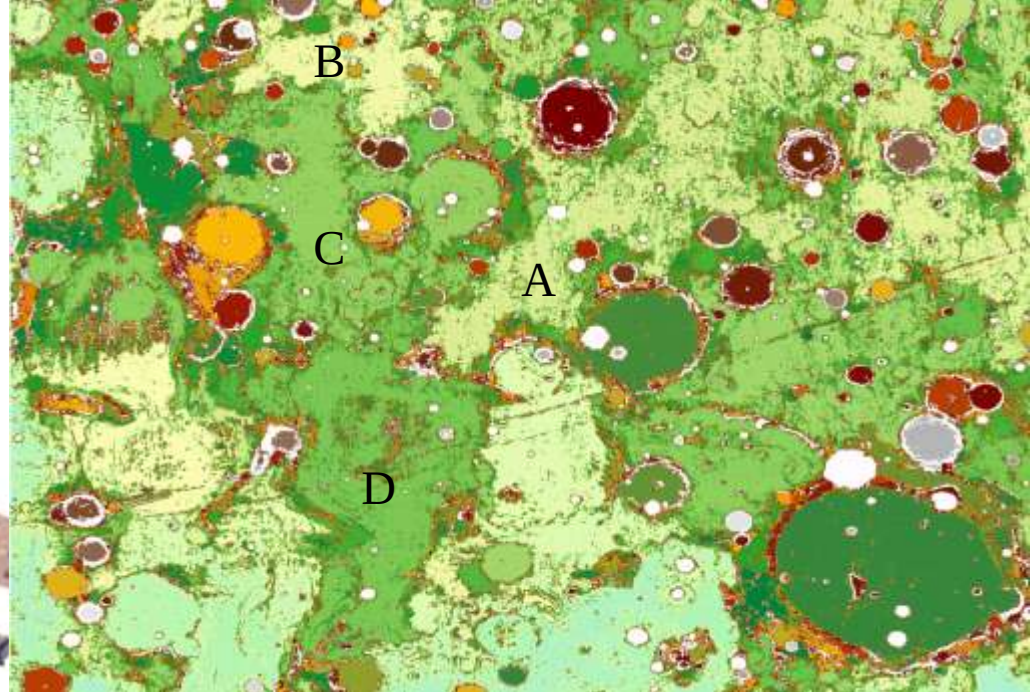
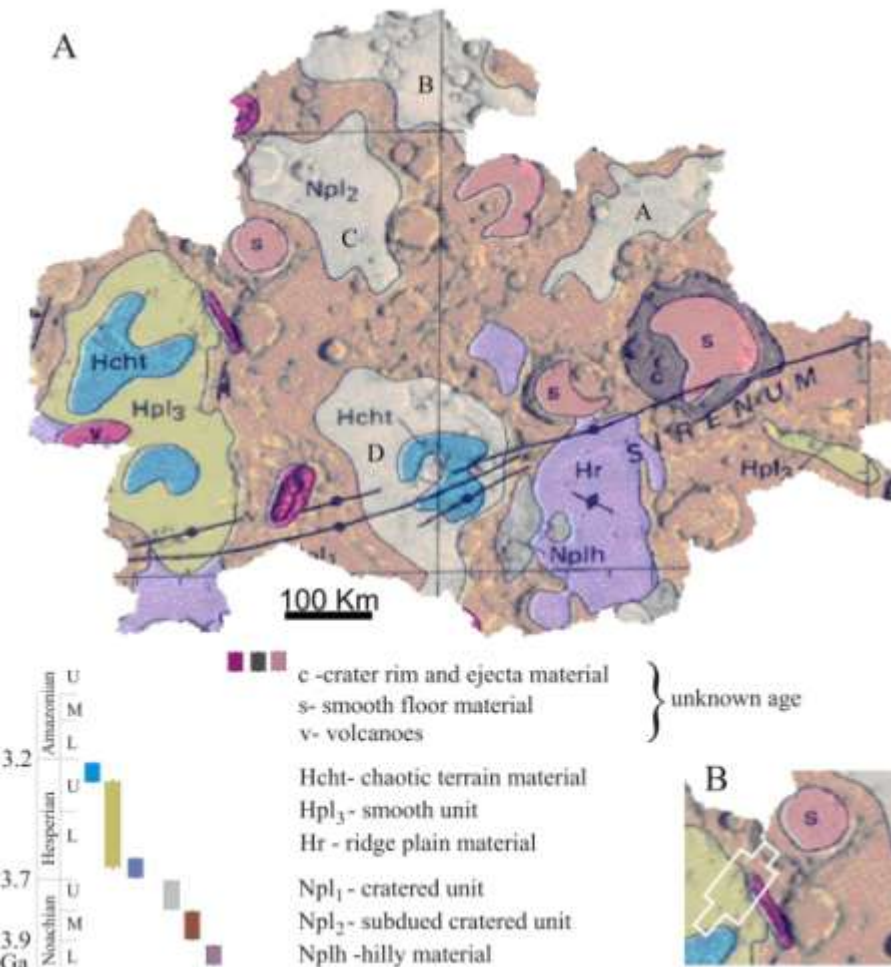
122, 124, 167, 26, 241b, 119

167a, 167b, 41, 99, 41, 99

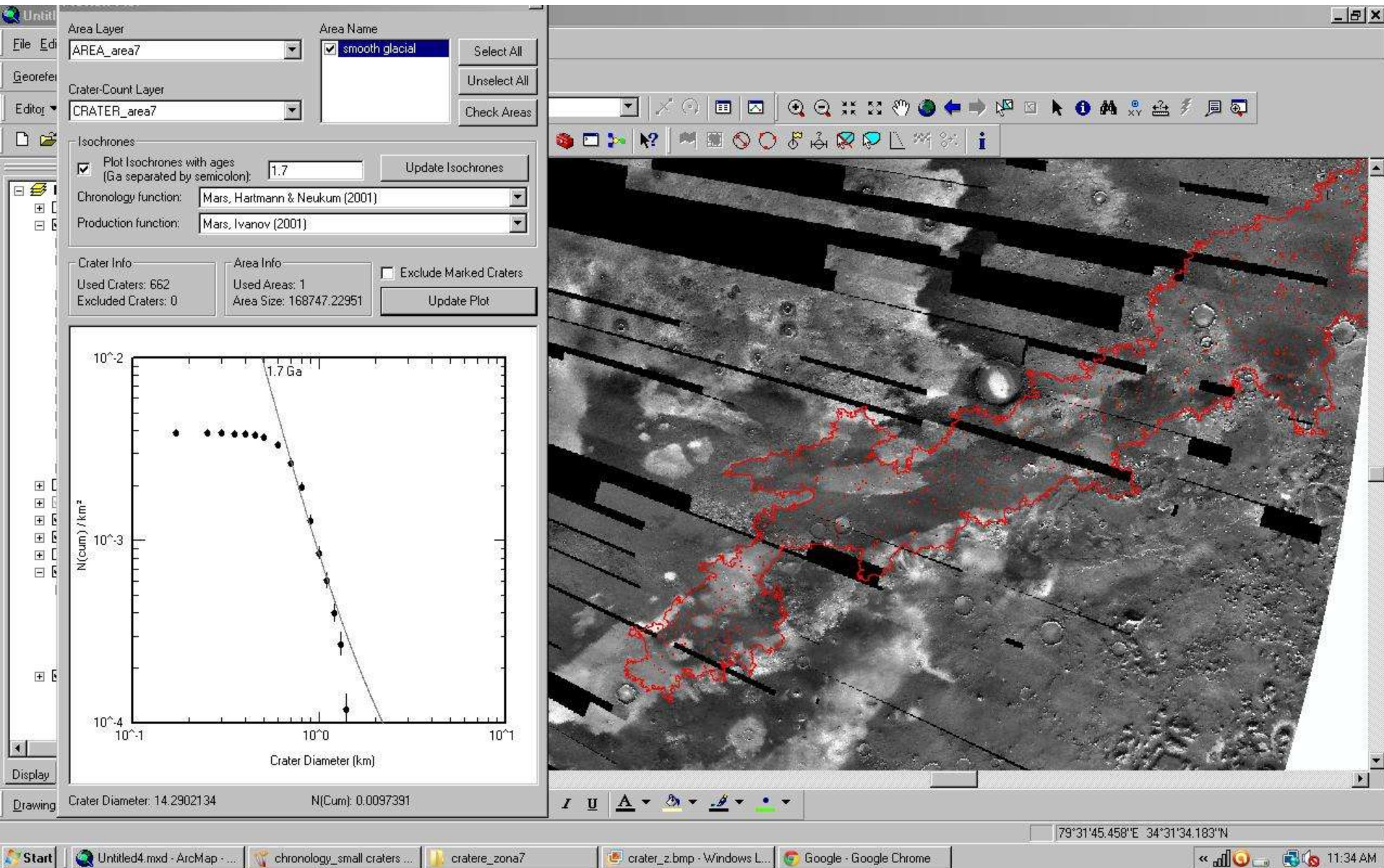
areale modificate de glaciație

89. 139 areale modificate de procese periglaciare

2. Cartografierea regiunilor geologice și morfologice

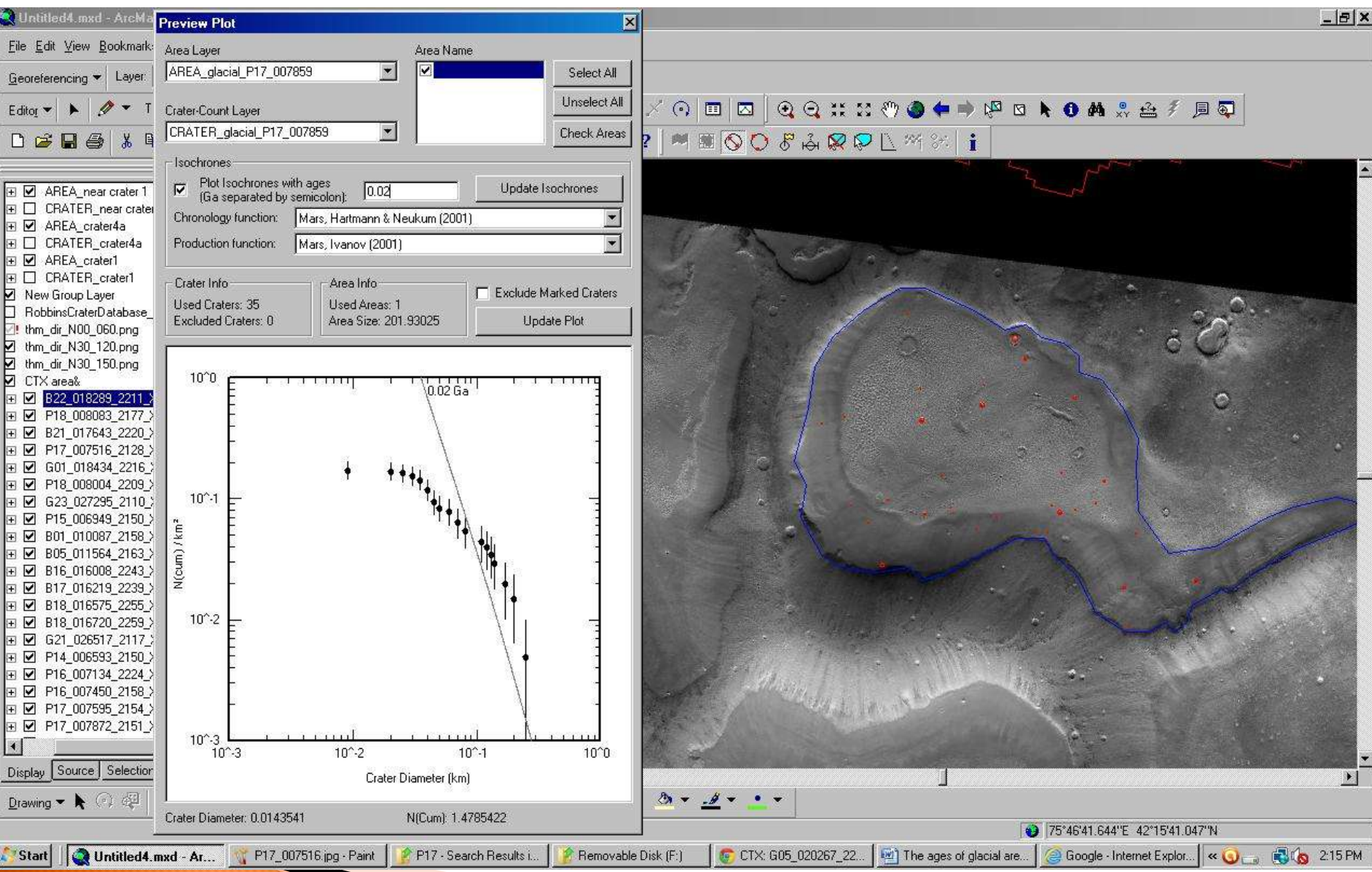


3. Datarea formațiunilor geologice și morfologice folosind algoritmi de datare incluși în ArcGIS regiuni geografice la scară medie



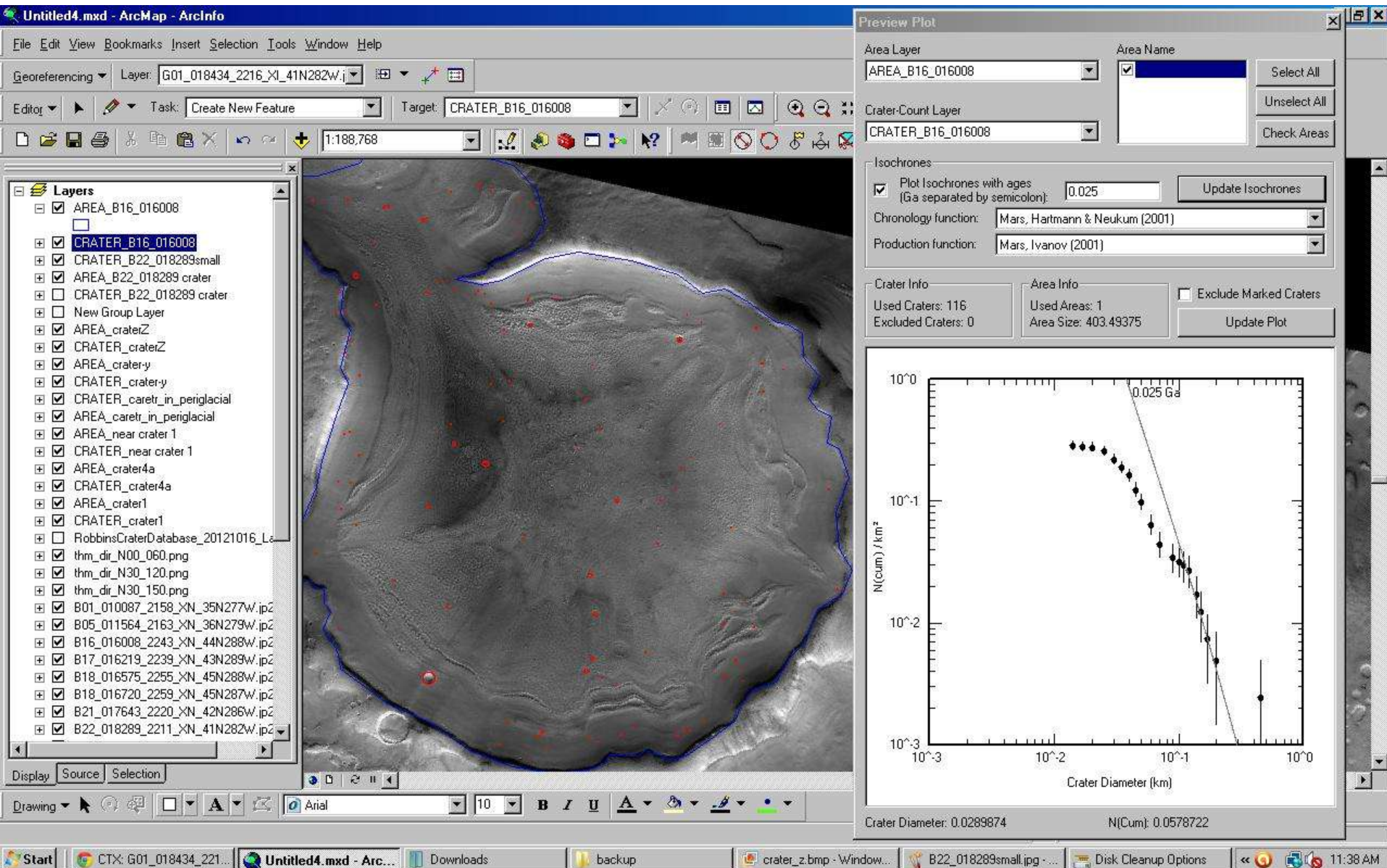
Datarea formațiunilor geologice și morfologice folosind algoritmi de datare incluși în ArcGIS

regiuni geografice la scară mică

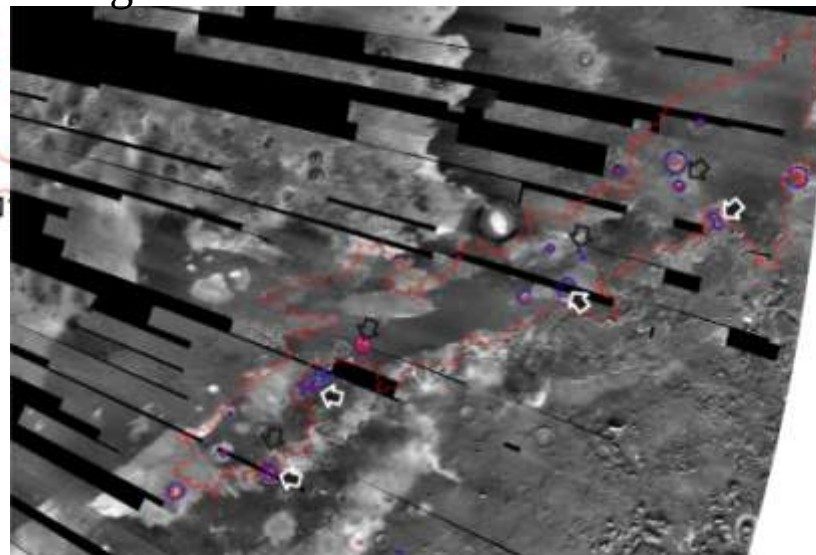
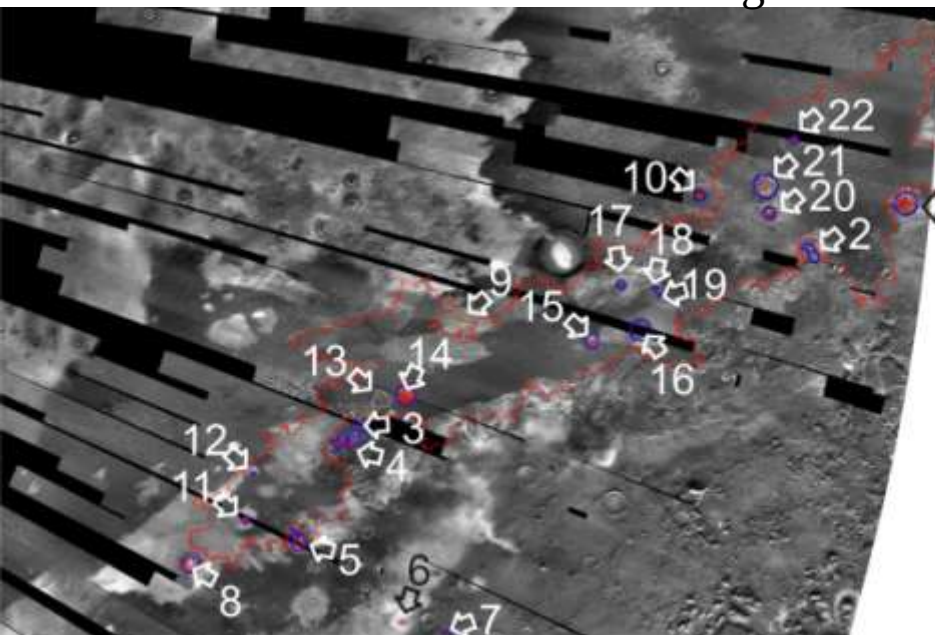


Datarea formațiunilor geologice și morfologice folosind algoritmi de datare incluși în ArcGIS

regiuni geografice la scară mică



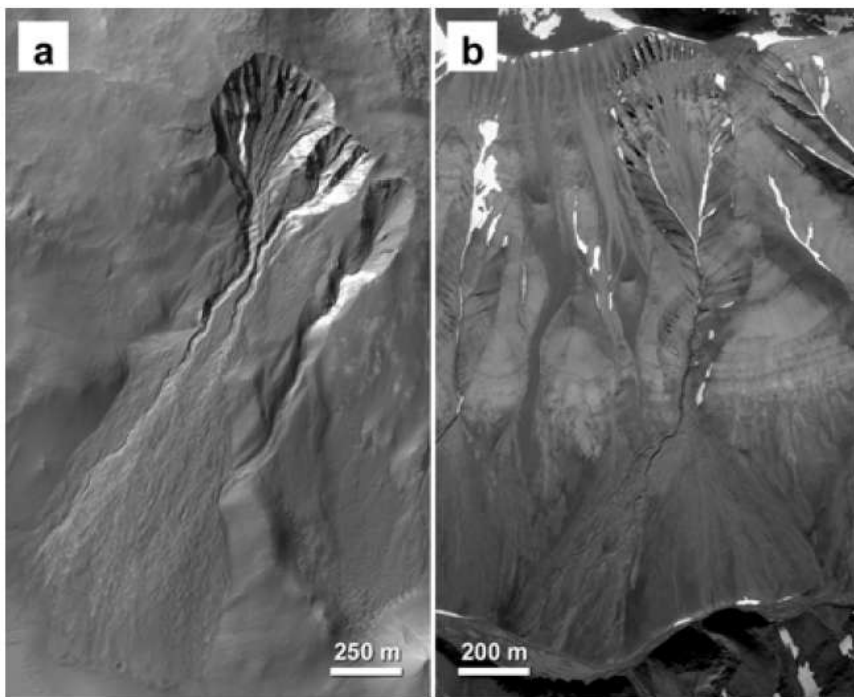
Corelarea datării regiunilor morfologice la scară medie



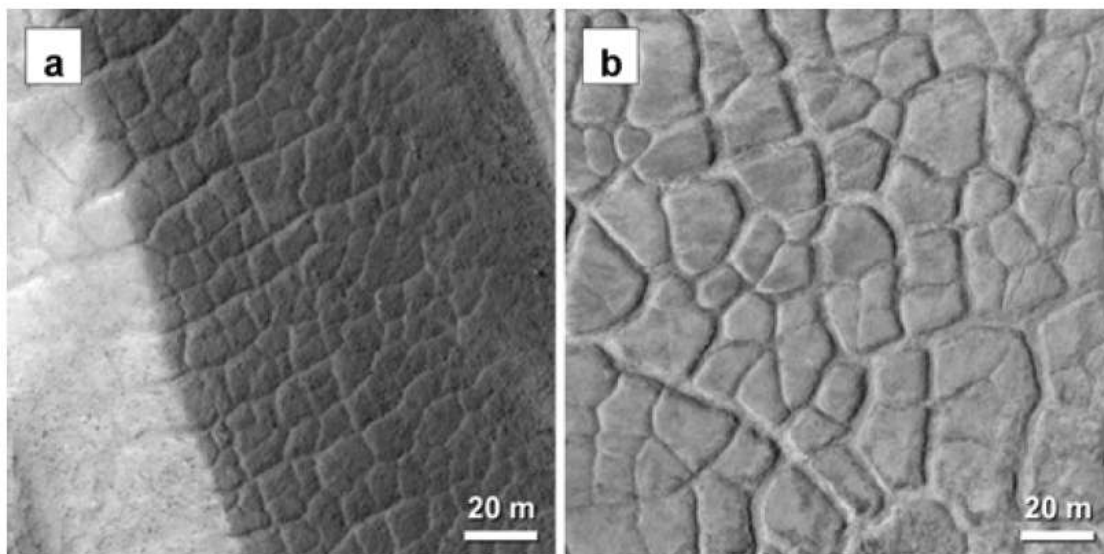
- ☆ glaciatic de dom 5-20 milioane de ani
- ★ glaciatic de vale 5-20 milioane de ani

1- G_23_027295- 0.700 Ga	15- B_18_008083- 0.016 Ga
2- P_17_007516- 0.015 Ga	16- B_04_011287- 0.001 Ga
3- P_17_007859- 0.020 Ga	17- P_17_007872- 0.005 Ga
4- P_17_007859- 0.200 Ga	18- P_17_007872- 0.005 Ga
5- B_16_016008- 0.025 Ga	19- B_04_011287- 0.016 Ga
6- P_18_008202- 0.005 Ga	20- P_21_009098- 0.001 Ga
7- P_18_008202- 0.003 Ga	21- P_15_006949- 0.036 Ga
8- P_22_009705- 0.005 Ga	22- P_17_007595- 0.003 Ga
9- B_17_016243- 0.700 Ga	
10- P_16_007540- 0.005 Ga	
11- B_17_056219- 0.002 Ga	
12- B_18_016575- 0.00075 Ga	
13- B_22_018289- 0.500 Ga	
14- B_22_018289- 0.020 Ga	

4. Analiza comparativă a formelor de relief terestre și marțiene

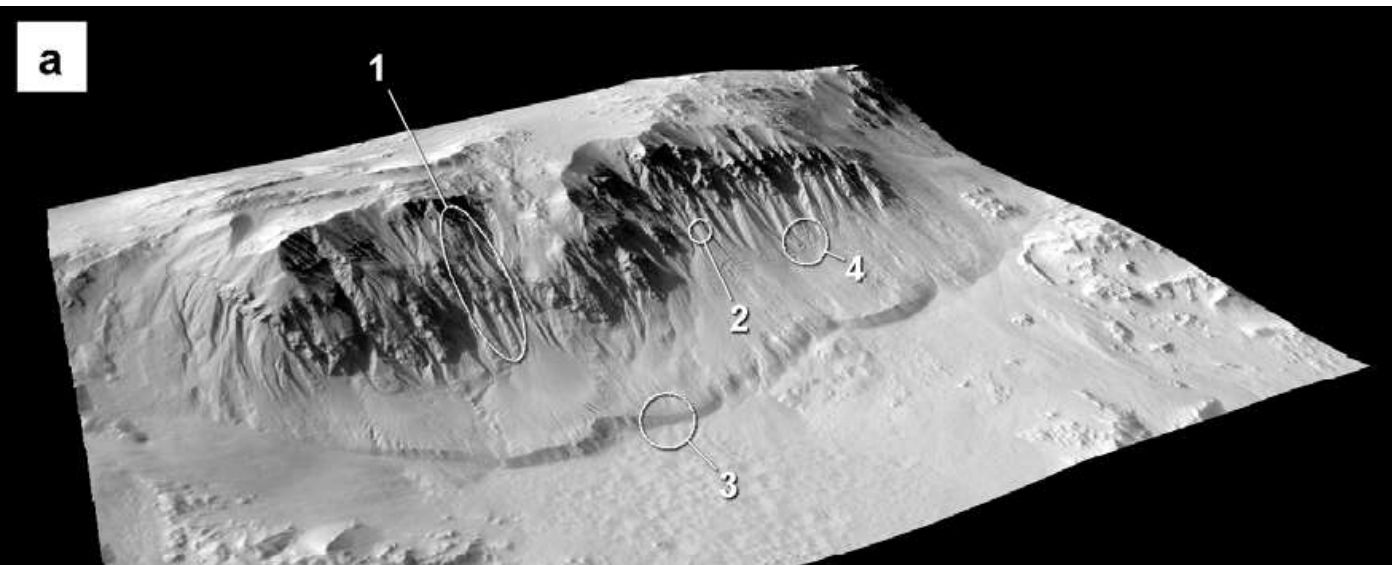


a. Organism torențial în interiorul craterului localizat la 38.5 S, 319.8 E, craterul Mariner . b. Organism torențial în Hannaskogdalen, Svalbard. Observați similarități în morfologie și scară între cele două sisteme morfologice.

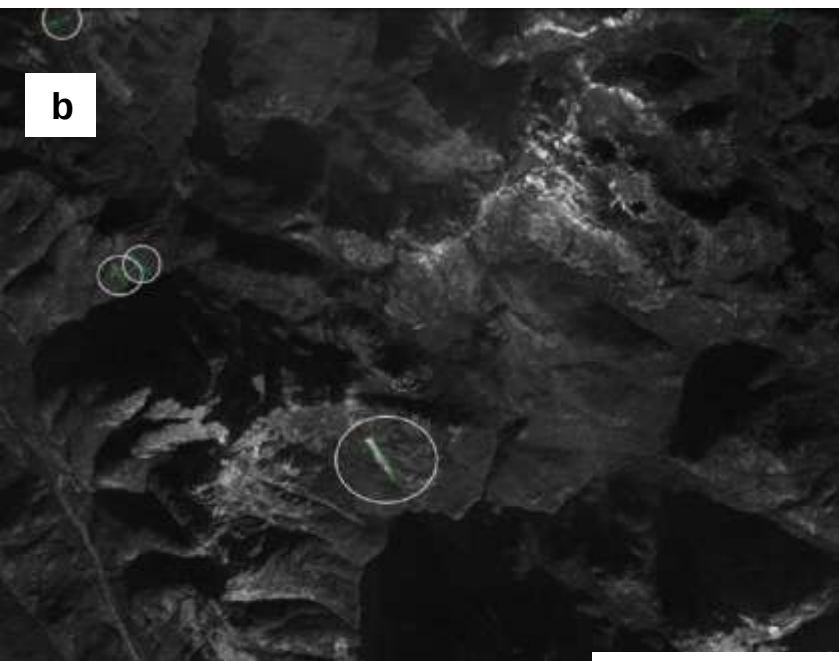


Terenuri poligonale pe Marte și în Svalbard. a. Poligoane orientate ortogonal în regiunea craterului Hale, Marte. Poligoanele au diametrele între 5-10 m. b. Poligoane orientate central în regiunea Antvældalen, Svalbard. Poligoanele au diametrele între 10- 20 m.

5. Analiza morfologică, comparativă, a imaginilor satelitare

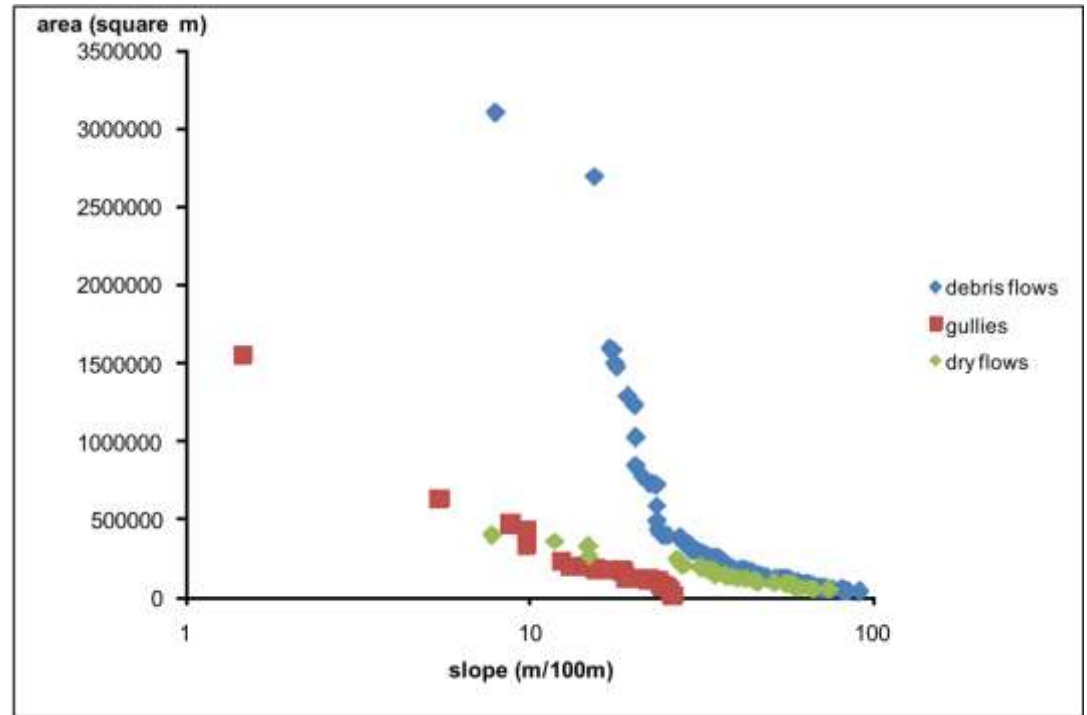
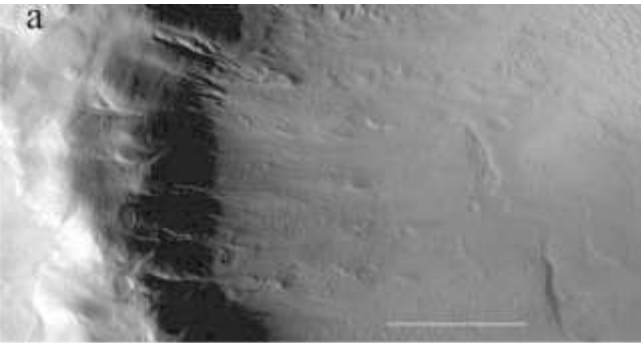


1. Organisme totențiale
2. Structuri poligonale
3. Taluz de contact
4. Apron



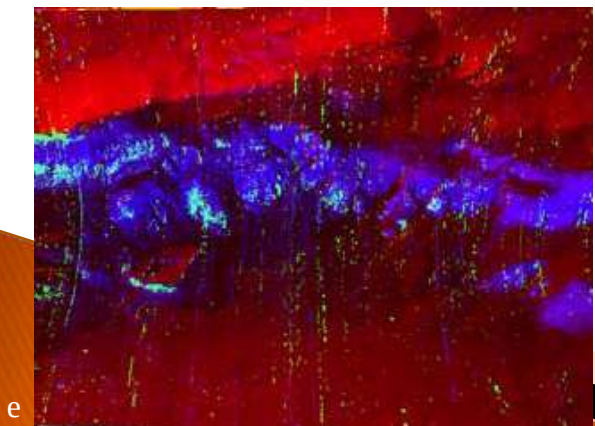
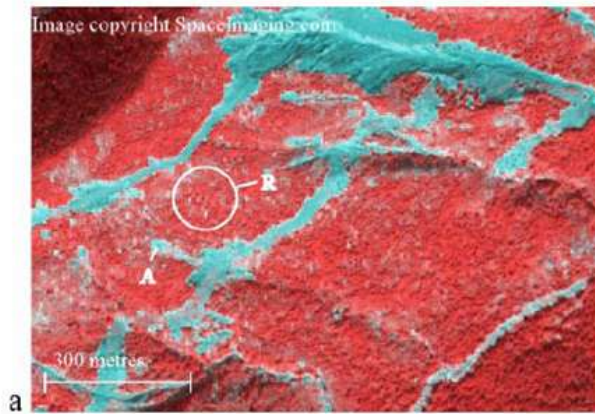
- a. Ansamblu de forme de relief ce afectează pereții orientați spre sud ai craterului Hale, Marte. Rezoluția imaginii CTX ce este modelată pe DTM este de 6 m/pixel. Lățimea imaginii este de 12 km.
- b. Imagine SPOT cu rezoluție de 2.5 m/pixel ce arată un complex de alunecări de teren (tonuri de alb) și ravenație (încercuite) în provincia British Columbia, Canada

Comparație cu formele similare de relief terestre și evaluarea indicilor morfometrici



Analiza comparativă a formelor de relief marțiene și terestre. a. Ravenație în interiorul unui crater de impact. b. Schița a distribuției ravenelor. c. Forme similare de relief pe insula Devon (Canada). d. Diagrama ce arată relația dintre suprafața bazinului de recepție și panta versanților pe care se dezvoltă forme de eroziune de tipul scurgerilor concentrate lineare în perimetrul de studiu Utopia Planitia, Marte.

6. Utilizarea imaginilor satelitare în detectarea formelor de relief relict sau active de pe Pamânt și Marte



Alunecări de teren relict reîmpădurite și alunecări reactivat în British Columbia Canada și Ganges Chasma Marte. a. Imagine IKONOS în infraroșu modificată pentru a surprinde alunecarea activă (A) și relictă (R). b. Imagine QUICKBIRD în infraroșu modificată ce relevă alunecarea activă. c. 1:15000 aerofotografie color. Alunecarea relictă stabilă (R) reîmpădurită este vizibilă doar pe aerofotografie. Alunecarea reactivată (A) este vizibilă în imaginile în infraroșu. d. Fotografie satelitară CTX suprapusă peste modelul numeric al terenului în Ganges Chasma Marte. e. Imagine THEMIS în infraroșu ce relevă alunecări active (albastru deschis) și reliecte (mov) pe flancul nordic al canionului Ganges Chasma. Scara imaginilor este similară- 5 km în lungime.

Geomorfologia planetară comparată

Date și metode folosite în geomorfologia terestră

Date și metode folosite în geomorfologia extraterestră

Consultarea literaturii de specialitate

Lucru pe teren

(cartografiere geomorfologică, descriere sedimentologică, cartare geodezică, măsuratori atmosferice, proprietățile solului)

Analiza de laborator

(dimensiunea granulelor, și ale materialelor transportate, proprietățile fizico- chimice ale solului)

Date obținute de la sateliți aflați pe orbită

Date obținute de la sateliți aflați pe orbită

Landsat ETM+

Sisteme Informaționale Geografice și metode statistice de analiză

(suprapunerea hărților realizate, analiza DEM, tabularea parametrilor geomorfologici, analiza multivariată PCA)

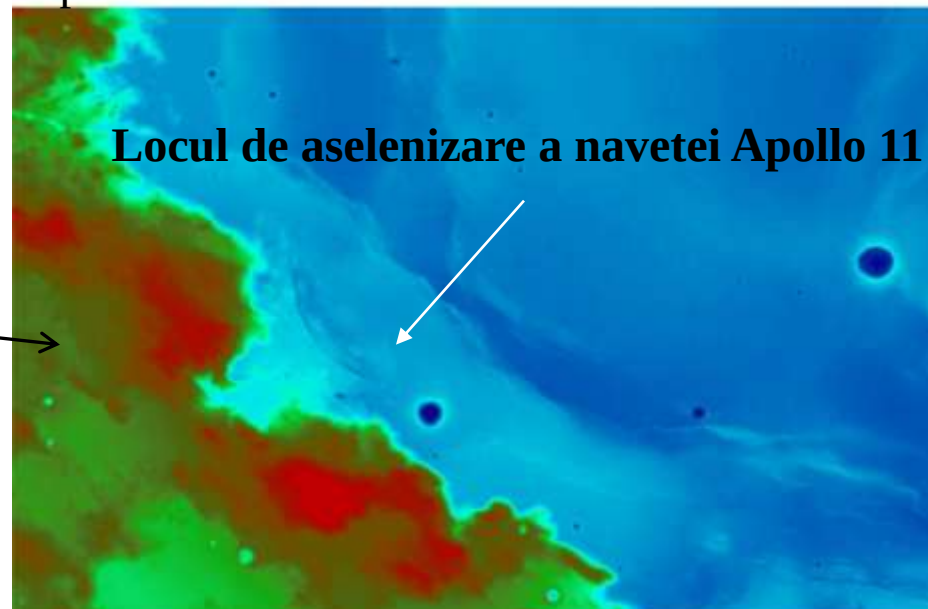
Analiza in situ rovere marțiene/ lunare

(analiza geochemică a scoarței de alterare, cartografierea relațiilor micro-structurale ale depozitelor de suprafață)

Înțelegerea relațiilor dintre mecanismele de control în formarea reliefului, observarea și interpretarea similitudinilor și diferențelor între cele două tipuri de relief

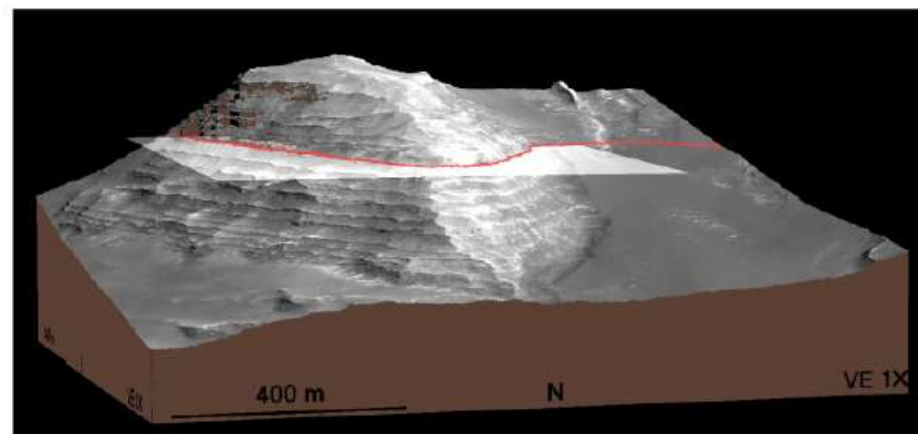
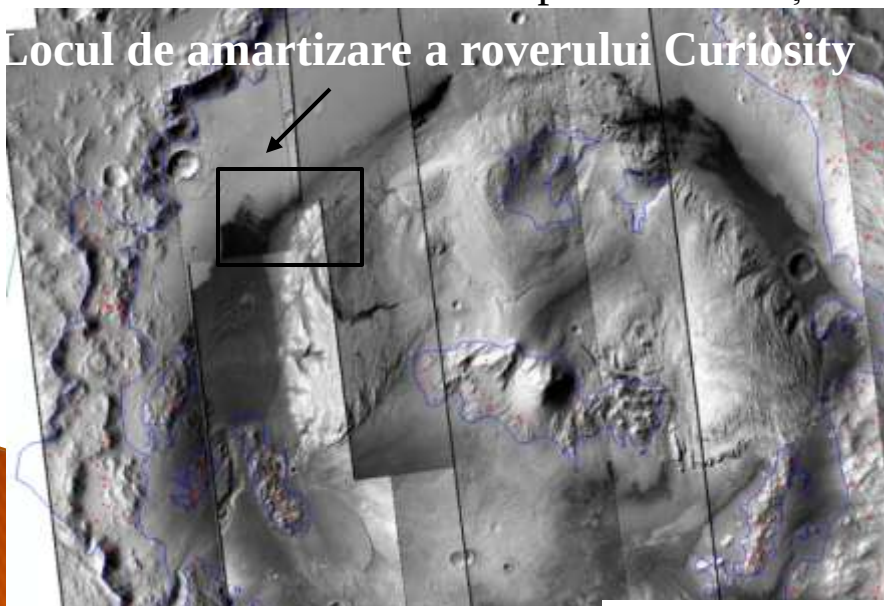
Implicații pentru condițiile de formare și de evoluție a reliefului în cele două geosisteme

7. Crearea primului centru de cartografie planetară la Universitatea Alexandru Ioan Cuza Iași



Cartografierea de detaliu a zonelor de aselenizare în scopul datării lor cu precizie și a zonelor de amortizare a roverelor în scopul îmbunătățirii delinierii suprafețelor morfologice și a datării lor

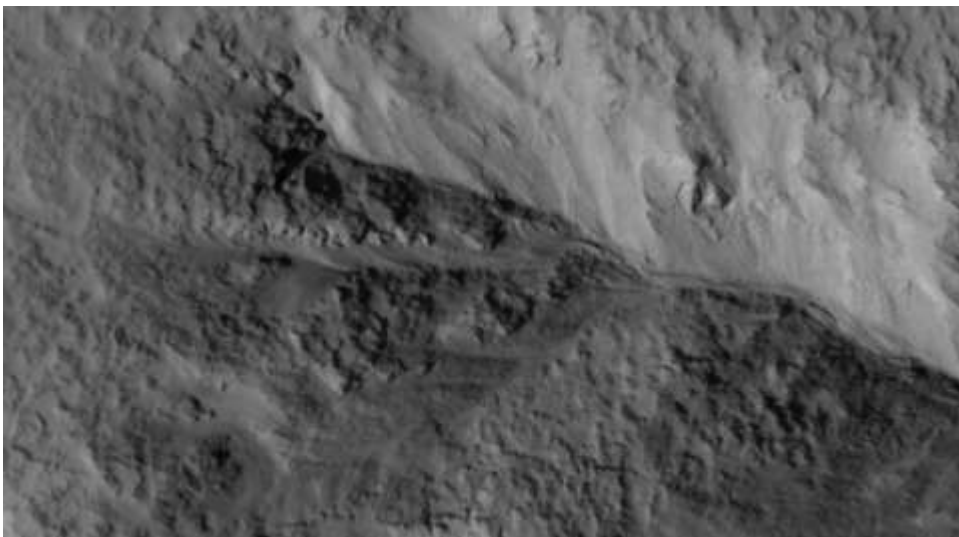
Locul de amortizare a roverului Curiosity



Abordări recente luate în calcul în viitor

8. Colaborări științifice în cadrul Universității Alexandru Ioan Cuza Iași

Exemplu de analiză comparativă a ravenării din cele două sisteme geomorfologice



Ravenă în interiorului craterului Ciconteague, Marte

Ravina Gurguia Mică, Câmpia colinară a Bahluilului

Identificarea similarităților formelor de relief create de agenți externi, cartografierea lor, explicarea diferențelor factorilor de control, modelarea ratei de evoluție, analiza comparativă a morfometriei de detaliu, crearea unui sistem de comparație a geomorfologiei proceselor de versant aplicabilă în cadrul mega-geomorfologiei planetare.

Integrarea tehnicilor de analiză specifice geomorfologiei planetare și terestră (crearea unei baze de date SIG care să includă strate tematice similare pe baze de date apropiate ca rezoluție, caracteristici tehnice (aerofotografii și imagini satelitare, imagini în spectrul termal, sau hiperspectral, modelul numeric al terenurilor etc).

Continuarea studiilor proceselor de versant din bazinul Miletinului.

► Referințe bibliografice

- Capitan, R. D., Van De Wiel, M. J. 2011. Regional Morphometric and Geomorphologic Mapping of Martian Landforms, **Computers and Geosciences**, DOI 10.1016/j.cageo.2011.11.030
- Capitan, R. D., Van De Wiel, M. J. 2011. Landform Hierarchy and Evolution in Gorgonum and Atlantis Basins, Mars, **Icarus**, 211, Issue 1. p. 366-388.
- van Gasselt, S., Nass, A. 2010a. Challenges in Planetary Mapping- Application of data Models and GIS for Planetary Mapping, in: A. Car, G. Grisebner and J. Strobl (Eds.) Geospatial Crossroads, Proceedings of the Geoinformatics forum, Berlin, 79-86.
- Tanaka, K. L., Hare, T. M., Skinner, E. J. 2009b. Planetary geologic mapping handbook, Abstracts of the Annual Meeting of the Planetary geologic Mappers, NASA/USGS, 58-78.
- Werner, S. C., Tanaka, K.L. 2011. Redefinition of the crater-density and absolute-age boundaries for the chronostratigraphic system of Mars. *Icarus*, 215, 603-607.
- Christiansen et al. 2001a. The Mars Global Surveyor Thermal Emission Experiment: investigation, description and surface science results, *J. Geophys. Research*, 106, 23823-71.
- Ioniță, I., 2000 Geomorfologie aplicată (procese de degradare a regiunilor deluroase), Editura Universității „Al. I. Cuza” Iași
- Ulrich, M., Morgenstern, A., Günther, F., Reiss, D., Bauch, K.E., Hauber, E., Rössler, S., Schirrmeister, L., 2010. Thermokarst in Siberian ice-rich permafrost: Comparison to asymmetric scalloped depressions on Mars. *J. Geophys. Res.* 115, E10009. doi:10.1029/2010JE003640.
- Bazele de date planetare ale NASA, ESA sunt gratuite și postate pe diverse site-uri, dintre care cele mai importante sunt: ESA Planetary Science Achieve <http://www.rssd.esa.int/index.php> project=PSA , NASA Geosciences Node <http://pds-geosciences.wustl.edu/missions/mep/index.htm>

▶ VĂ MULȚUMESC
PENTRU ATENȚIE !