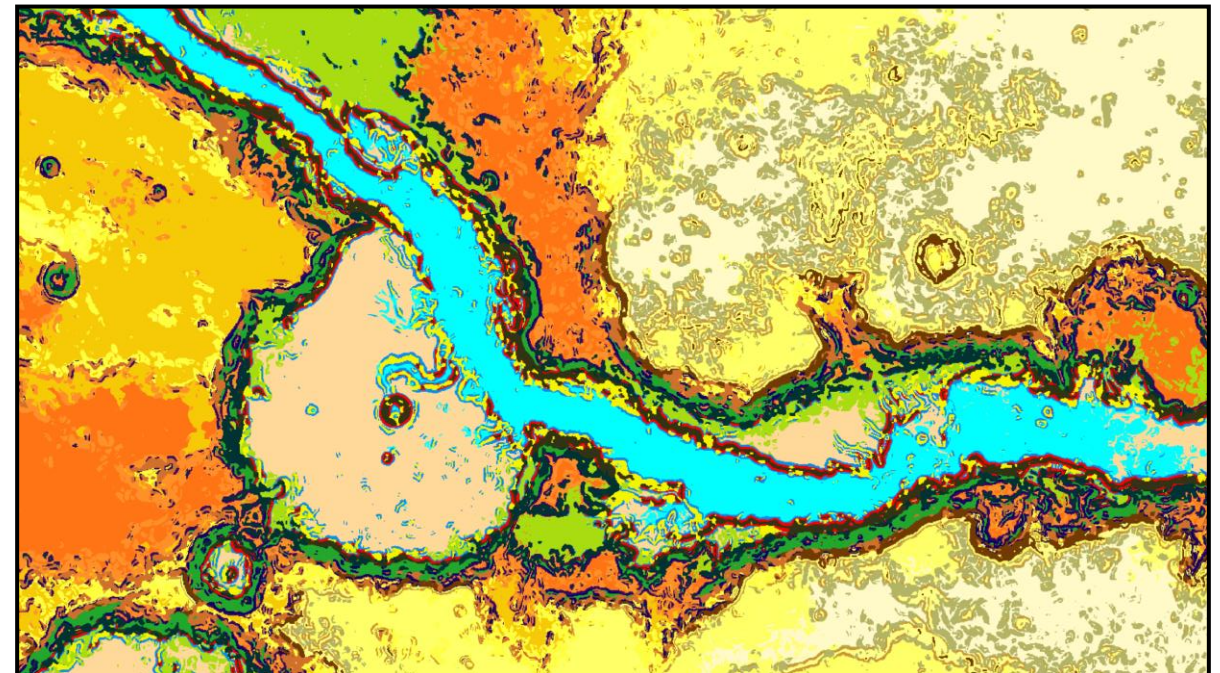


Égitestek domborzatmodelljeinek morfometriai szegmentálása multi-klaszterezéssel

Vitai Ákos

Földtudományi alapszak
III. évfolyam
Geofizikus specializáció

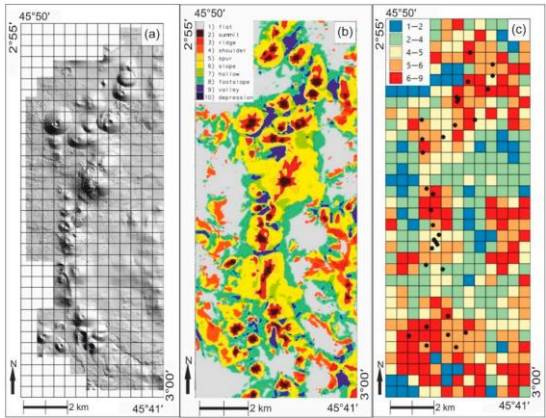
Témavezető:
Dr. Székely Balázs
egyetemi docens



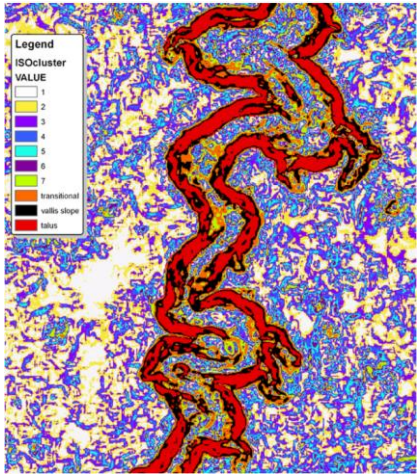
Ma'adim Vallis: ESH-WSh27_kms23

Motiváció

- Korábban bemutatott ötlet (2021) megvalósítása
- Űrkutatás előrelendülése → nagy mennyiségű feldolgozatlan adat
 - → kell egy módszer mellyel nagy adatmennyiségeket gyorsan és hatékonyan fel lehet dolgozni



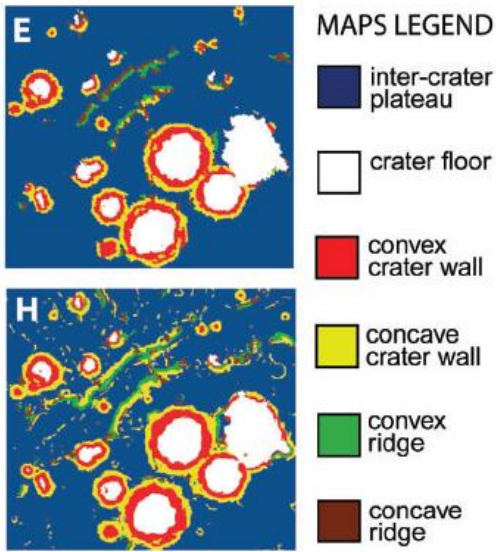
Vörös et al. (2021)



Podobnikar & Székely(2015)

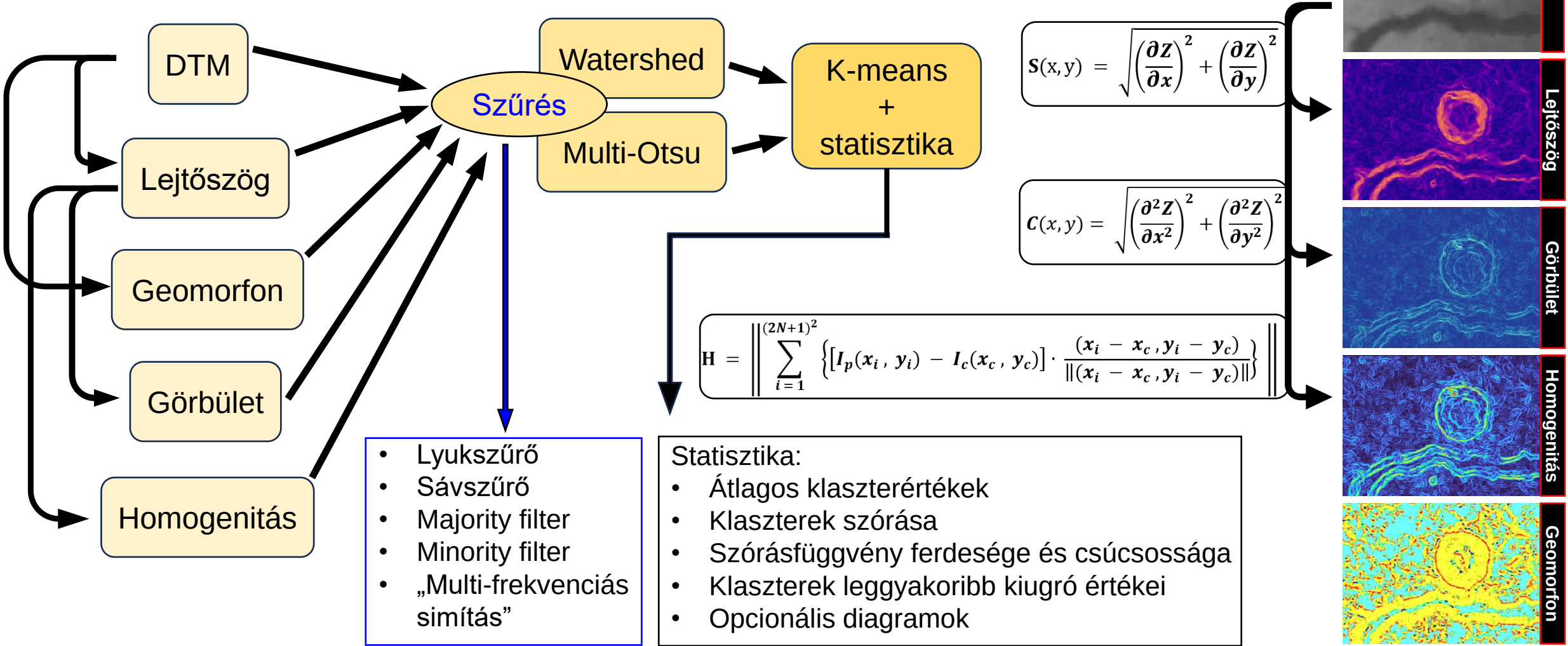
Célok:

1. Domborzatmodellek morfometriai jellegei szerinti klasszifikáció
2. Multi-klaszterezés módszertani kidolgozása és feldolgozó szoftver készítése
3. Legkülönbözőbb égitesteken és területeken való tesztelés



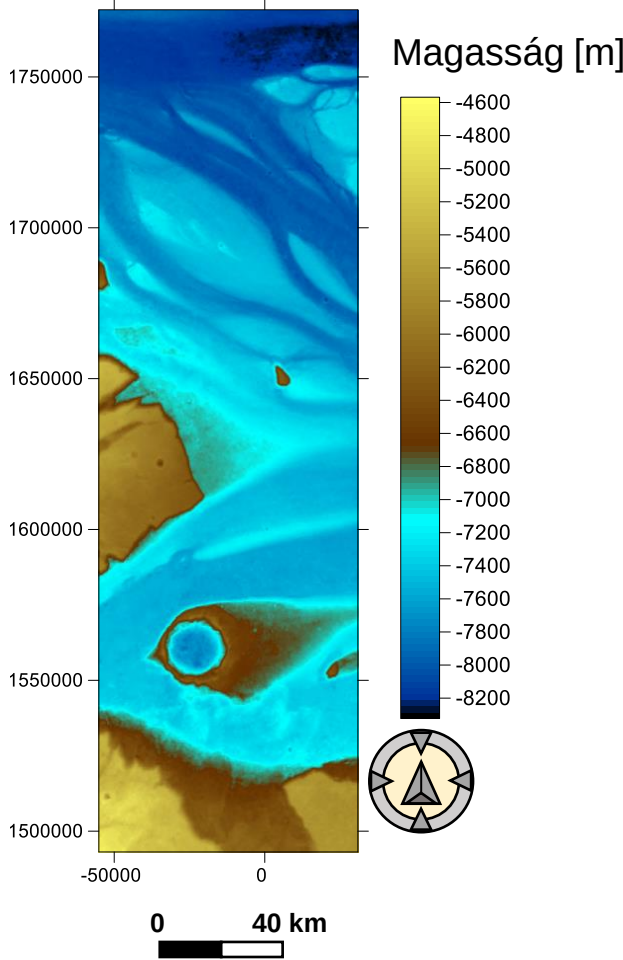
Ghosh & Stepinski (2010)

Módszertan

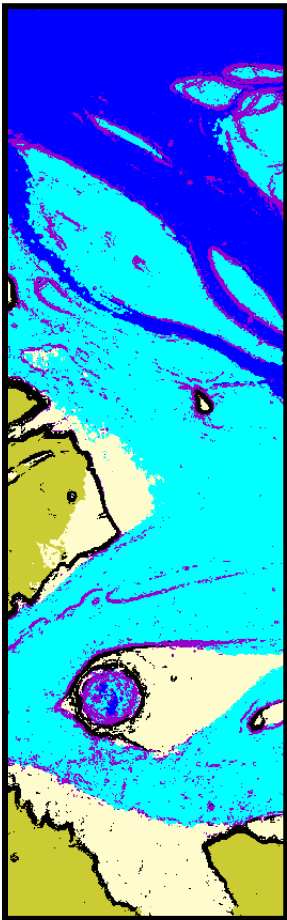


Eredmények: Mars

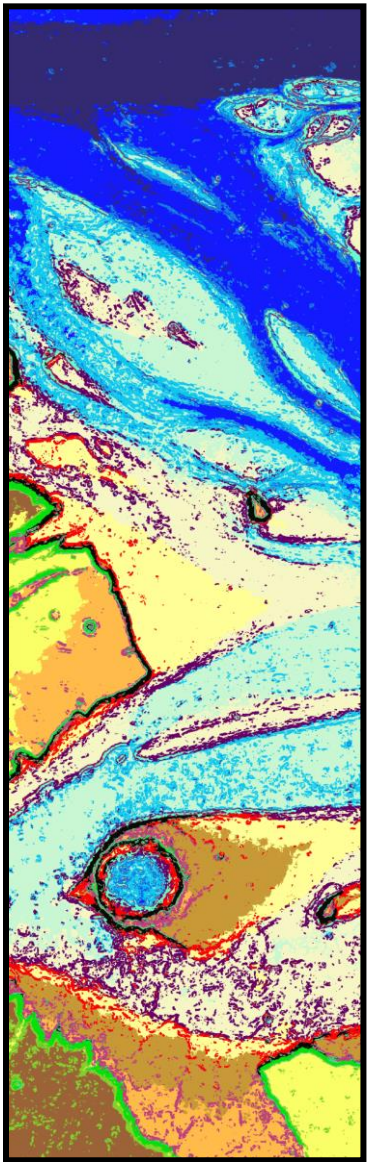
Kasei Vallis, Rongxar-kráter



ESH-kms_6



ESH-kms_20

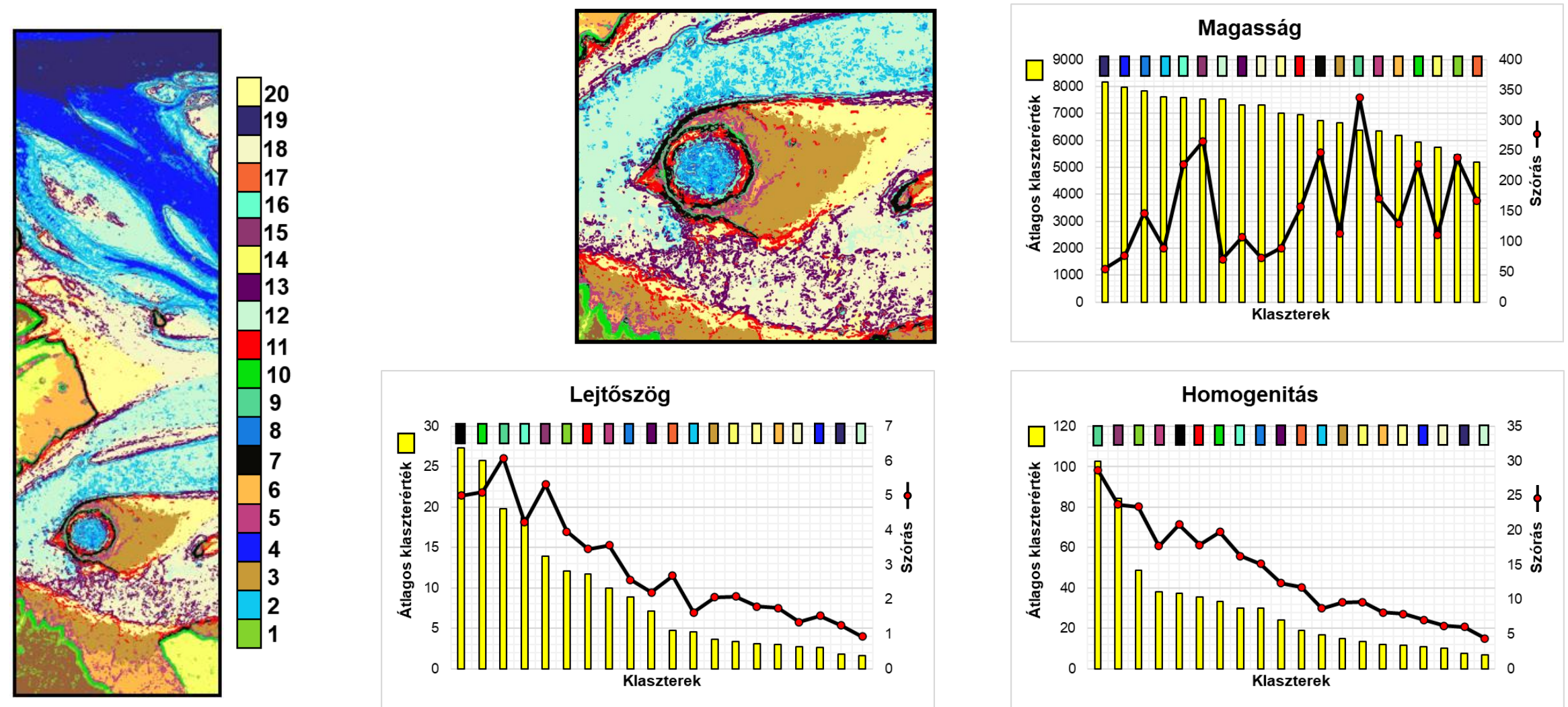


Nevezéktan

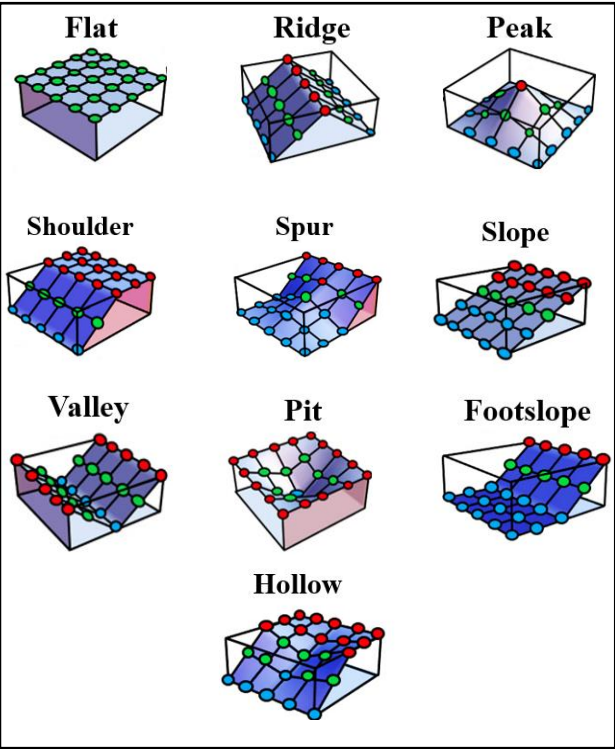
E	Magasság
S	Lejtőszög
C	Görbület
H	Homogenitás
Ge	Geomorfon
WSh	Watershed
kms	K-means

Felhasznált adat: HRSC
Felbontás: 50 m/pixel

Eredmények: Mars

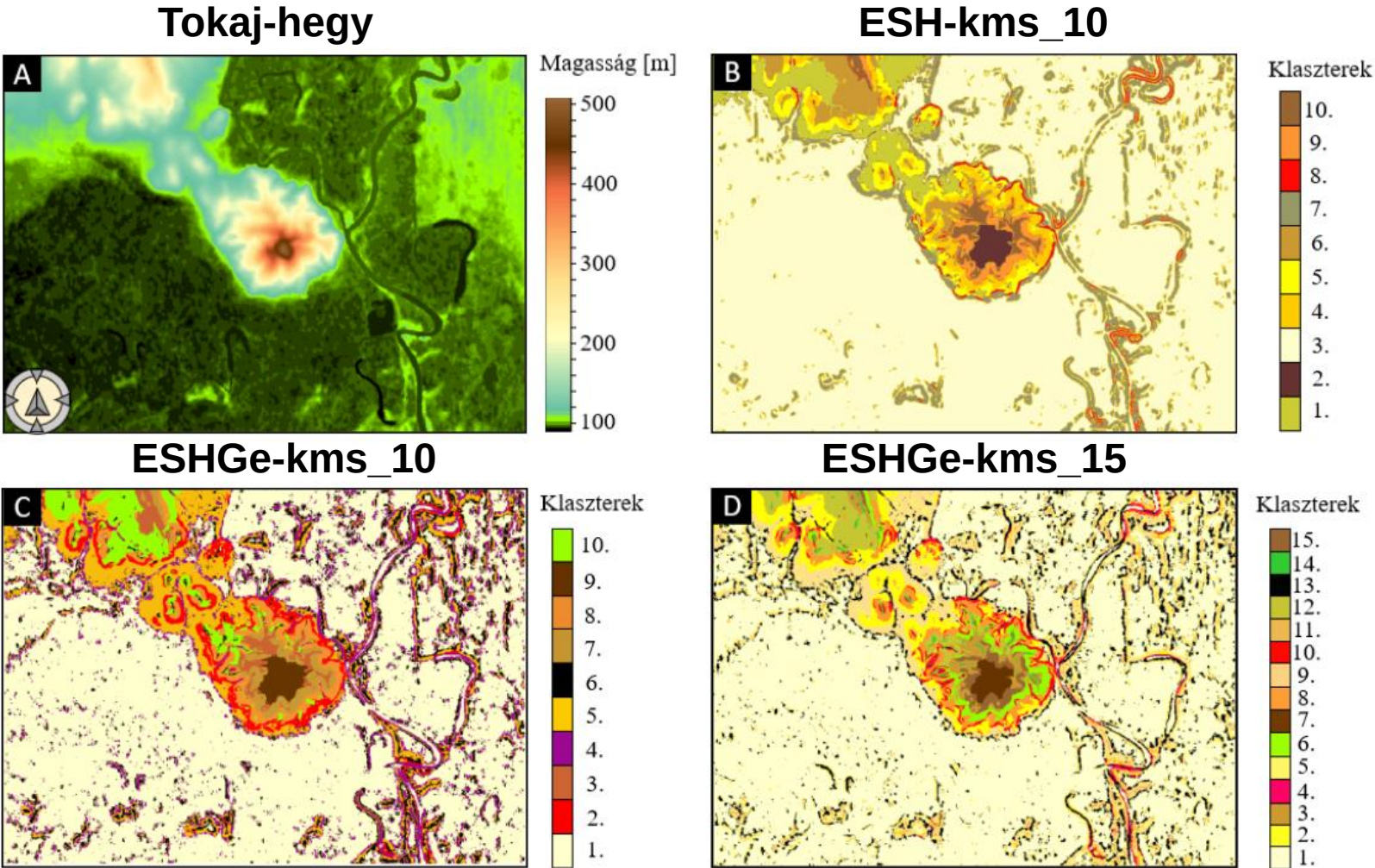


Eredmények: Föld



Stepinski et al. (2006) nyomán

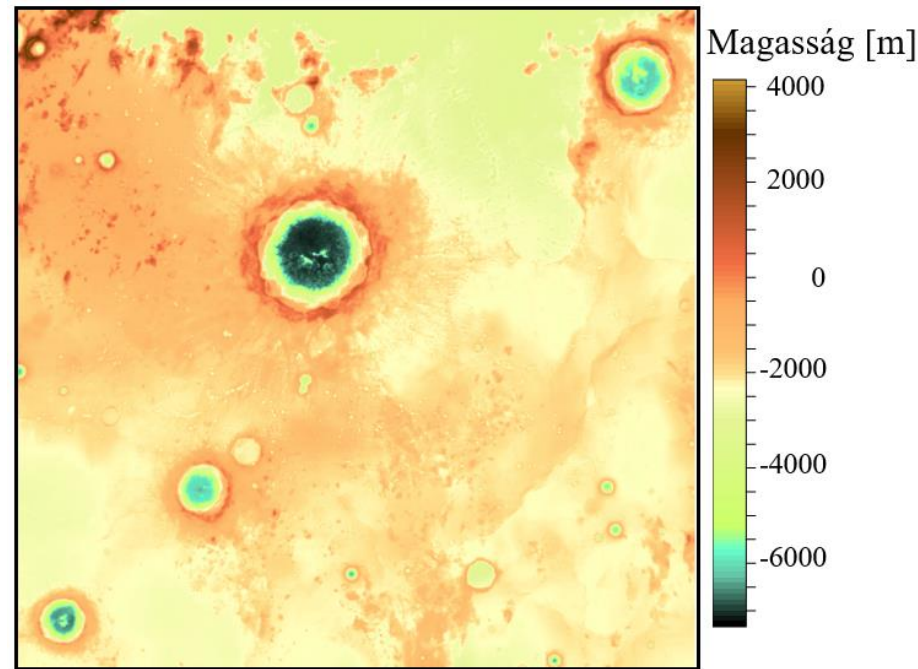
Felhasznált adat: EU-DEM
Felbontás: 25 m/pixel



Eredmények: Hold

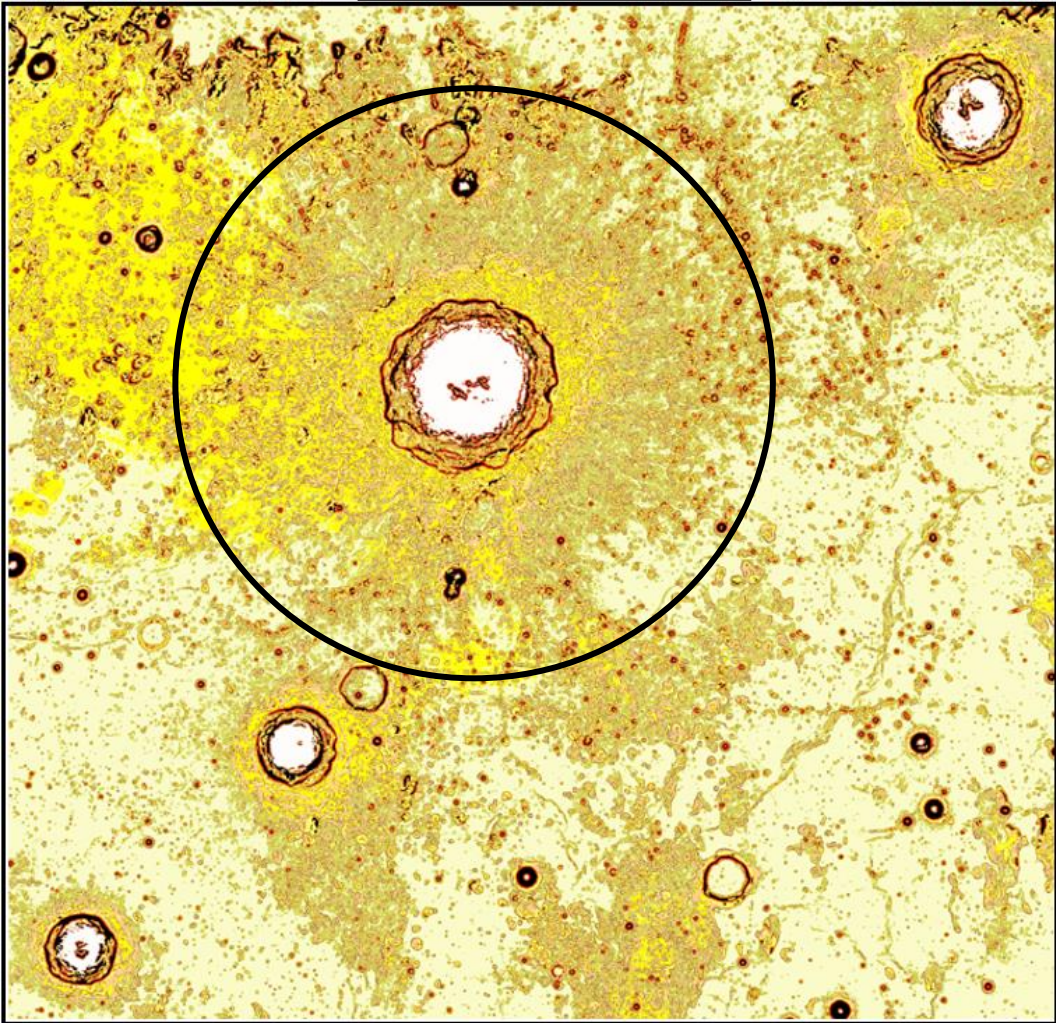
ESHC-kms_11

Copernicus- kráter



0 160 km

Felhasznált adat: SLDEM
Felbontás: 60 m/pixel



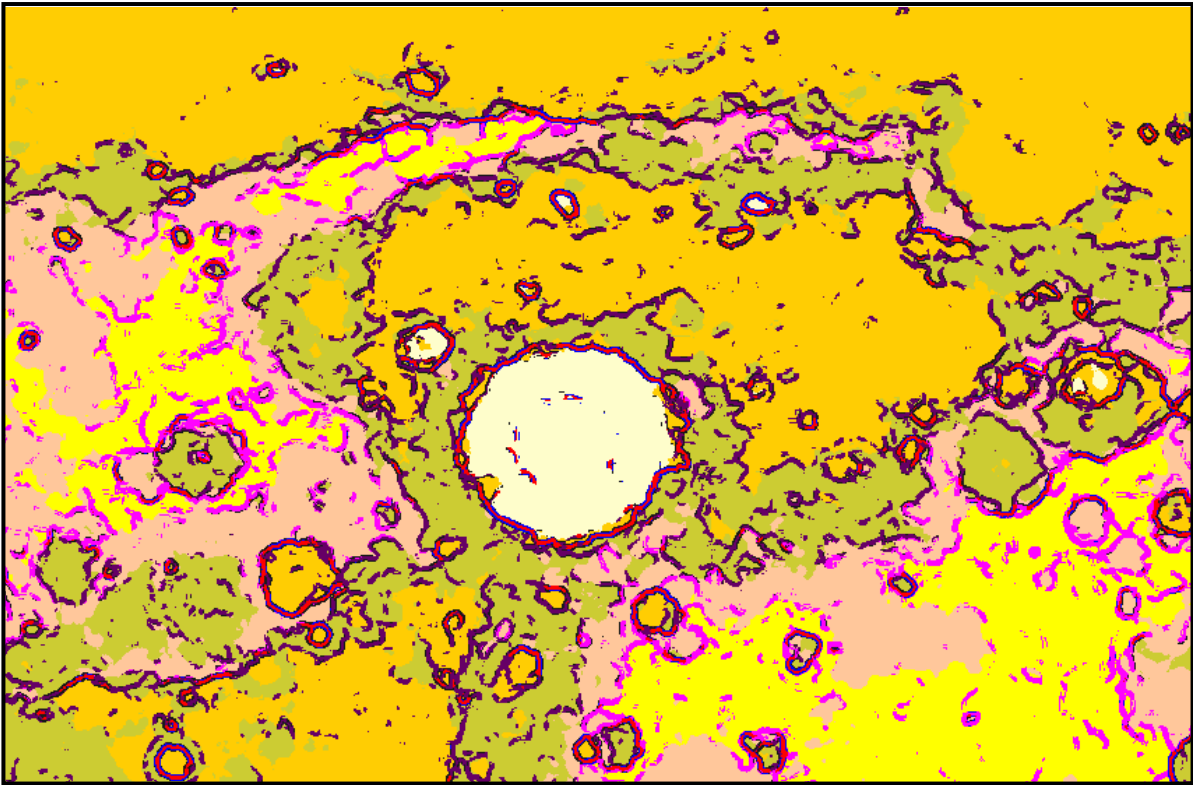
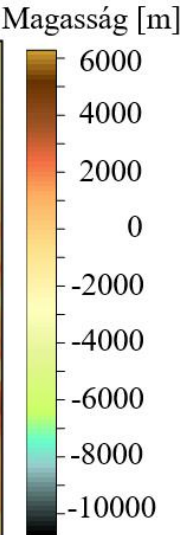
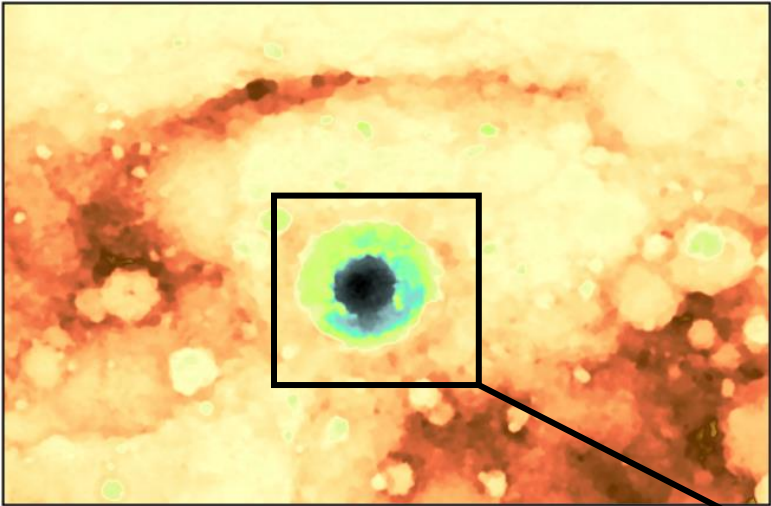
Klaszterek

- 11.
- 10.
- 9.
- 8.
- 7.
- 6.
- 5.
- 4.
- 3.
- 2.
- 1.

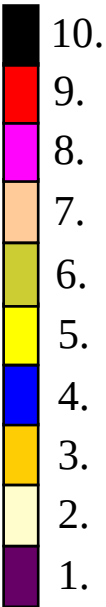
ESHC-kms_10

Eredmények: Merkúr

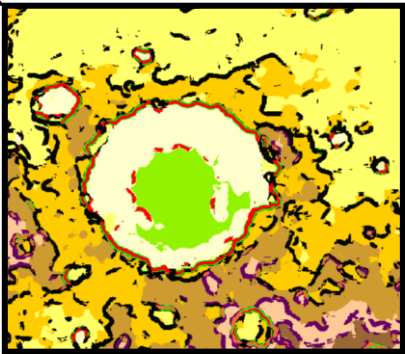
Rachmaninoff- kráter



Klaszterek



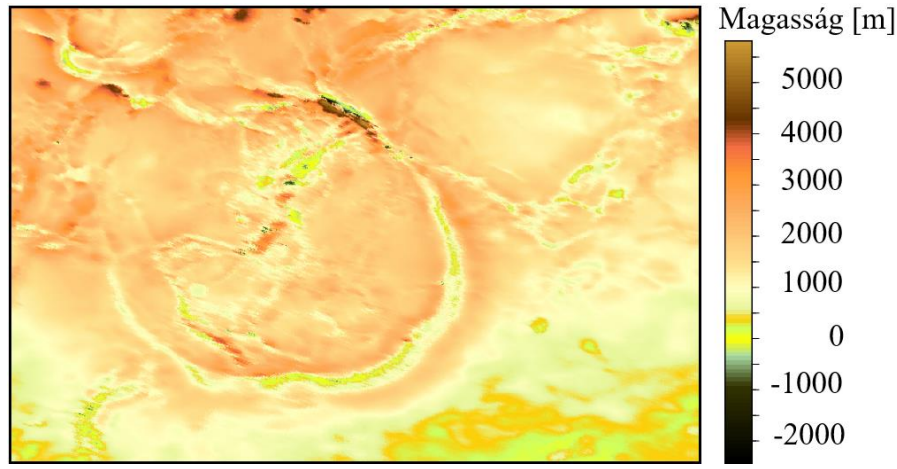
Felhasznált adat: MLA-DEM
Felbontás: 665 m/pixel



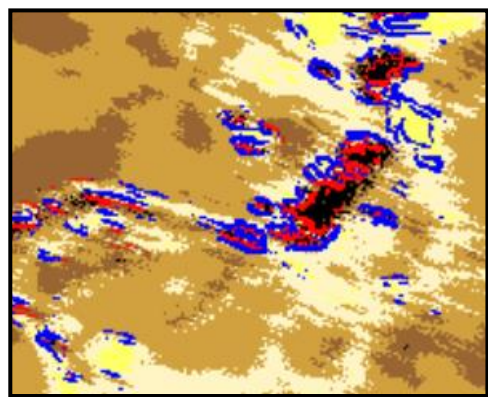
ESH-kms_10

Eredmények: Vénusz

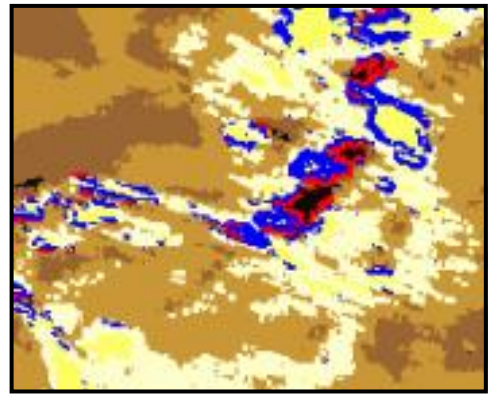
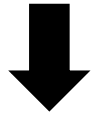
Artemis Chasma



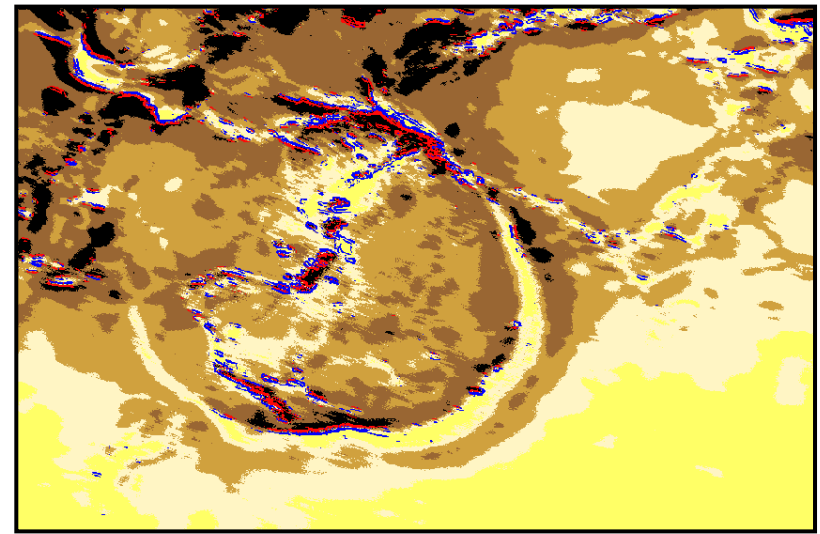
Felhasznált adat: MGN-DEM
Felbontás: 4641 m/pixel



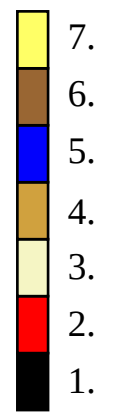
Majority filter



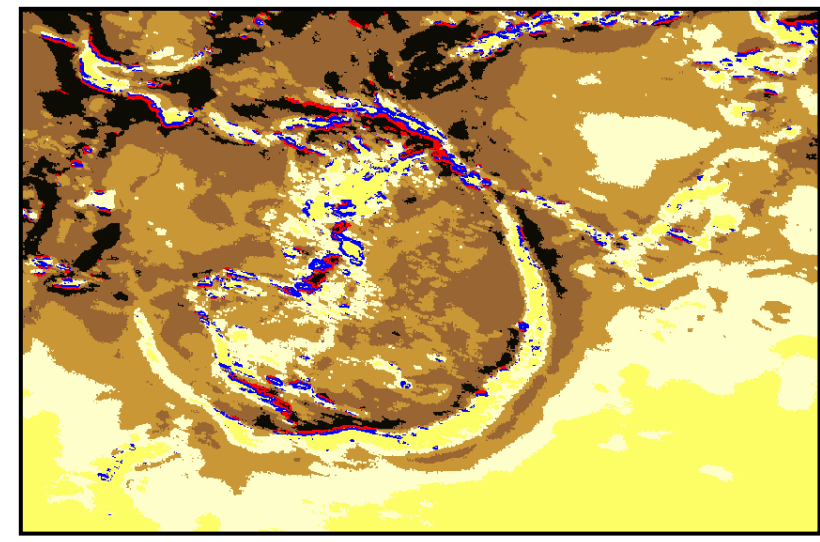
ESH-kms_7



Klaszterek



ESH-kms_7_mf



Konklúzió

- A multi-klaszterezés minden vizsgált égitest esetén megfelelően elszeparálta a különböző domborzati jellegeket.
- A geomorfonok beágyazása a multi-klaszterezésbe speciális feladat esetén hasznos.
- Az ESH (elevation, slope, homogeneity) adathármas bizonyul a leghatékonyabbnak általánosan.
- A homogenitás, watershed és görbülettel a jelleghatárookra érzékenyek. Ezek alkalmazása speciális feladatok esetén ajánlott.
- Az alap adatok szűrésével opcionálisan csökkenthető a mikrodomborzati zajok hatása.

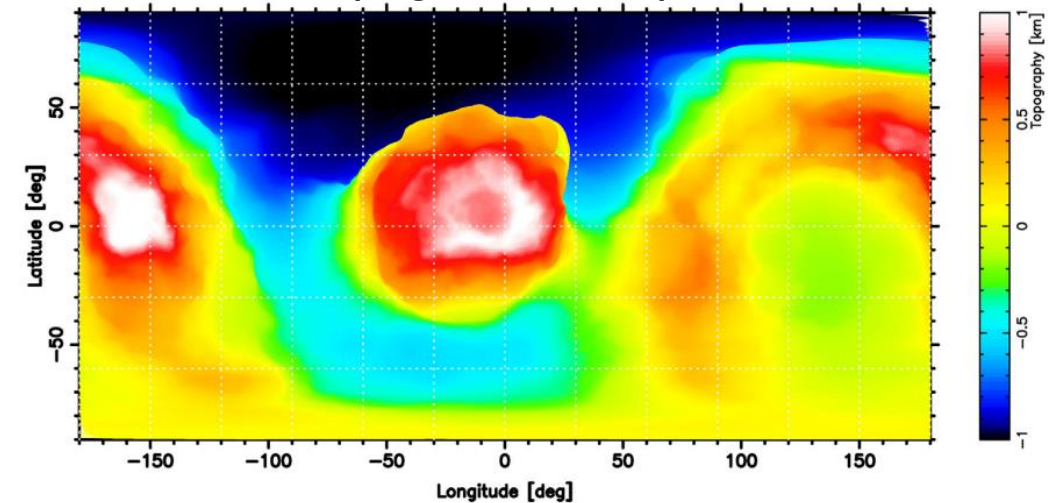
Égitestek	Feldolgozott területek (db)
Mars	116
Föld	15
Hold	18
Merkúr	12
Vénusz	7
Összesítve	168

Kitekintés

További tervek:

- Geomorfonok teljeskörű beágyazása
- Különböző adatkészletek további tesztelése
- Földi eredmények összevetése geológiai interpretációkkal
- Csurjumov-Geraszimenko üstökös domborzati elemzése

Csurjumov-Geraszimenko üstökös
topográfiai térképe

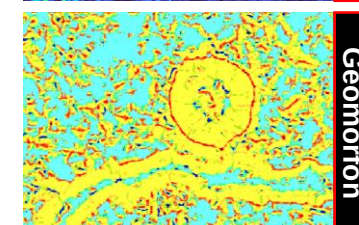
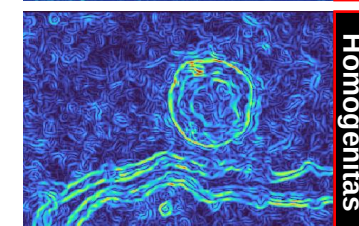
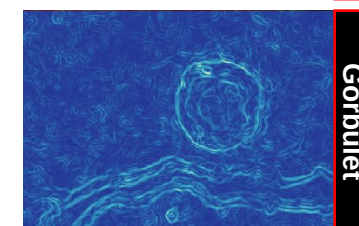
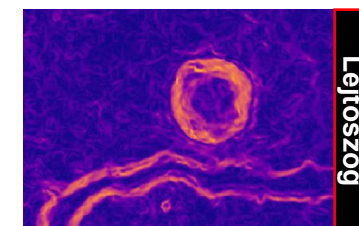
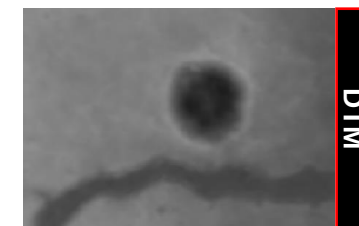
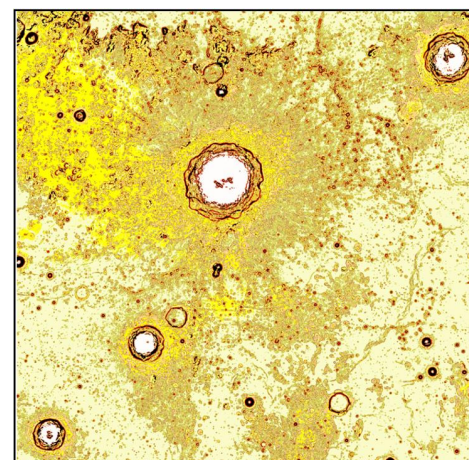
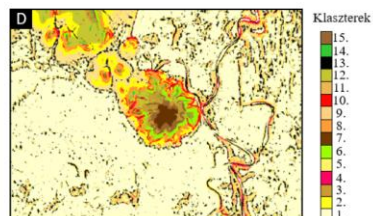
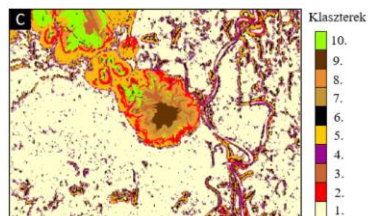
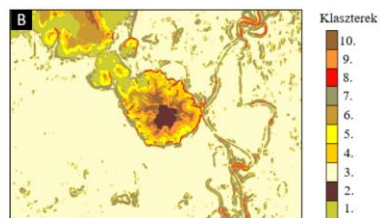
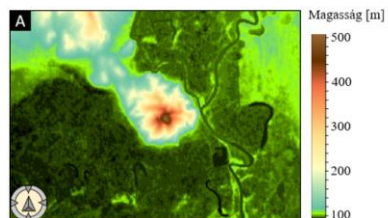
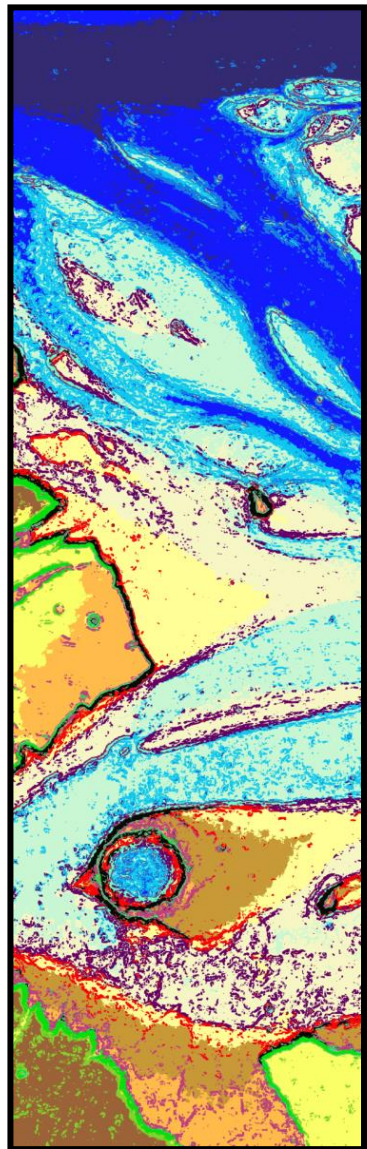


Preusker et al. (2015)

Köszönöm a figyelmet!

vakosv829@gmail.com

bokos@student.elte.hu



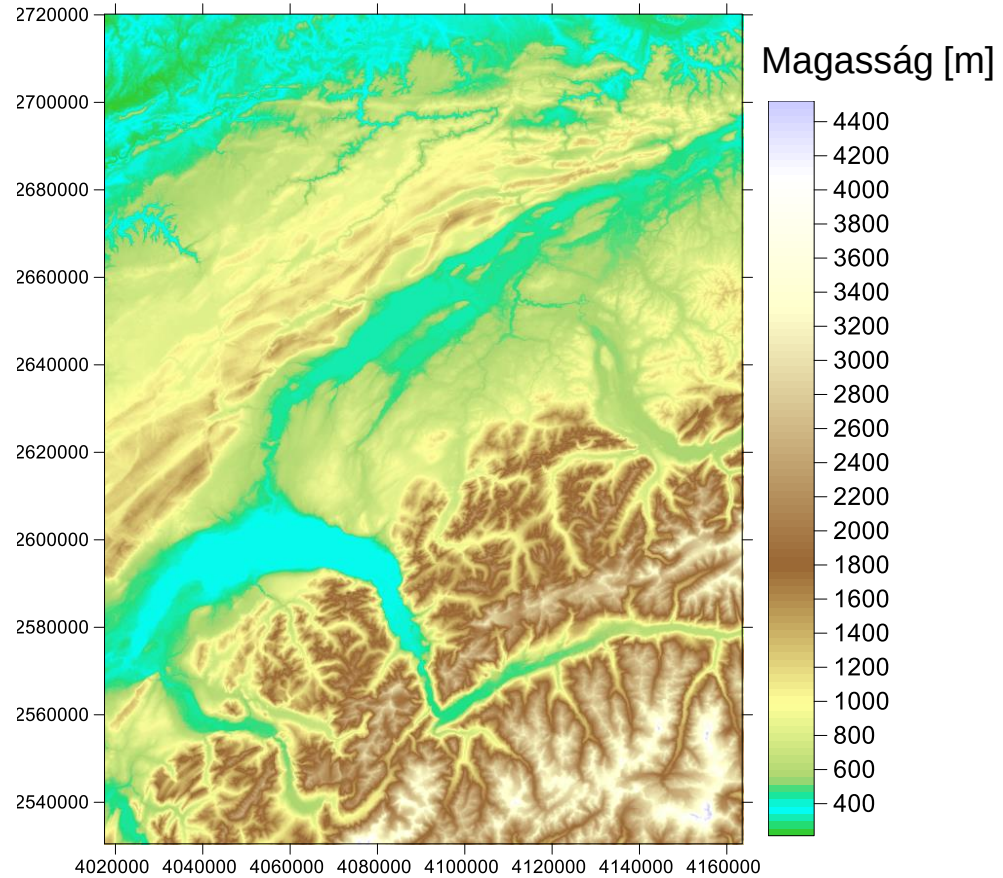
Irodalomjegyzék

- Copernicus Land Monitoring Service (2023): European Digital Elevation Model (EU-DEM) v1.1
<https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/>
- ESA. Planetary Science Archive (2022): MEX-M-HRSC-5-REFDR-MAPPROJECTED (HRSC) v1.0
<https://archives.esac.esa.int/psa/ftp/MARS-EXPRESS/HRSC/>
- F. Jing, M. Li, H. Zhang, and B. Zhang, 2003. Unsupervised image segmentation using local homogeneity analysis. In *IEEE International Symposium on Circuits and Systems* (2) 459.
[10.1109/ISCAS.2003.1206008](https://doi.org/10.1109/ISCAS.2003.1206008)
- GIS ESS, e.n. <http://gis.ess.washington.edu/uwmola/download/index.html> (hozzáférés: 2020. december 13.)
- Ghosh, S., Stepinski, T.F. and Vilalta, R. (2010). Automatic Annotation of Planetary Surfaces With Geomorphic Labels. 48(1), pp.175–185. [10.1109/TGRS.2009.2027113](https://doi.org/10.1109/TGRS.2009.2027113)
- Heipke, C., Oberst, J., Albers, J., Attwenger, M., Dorninger, P., Dorrer, E., Ewe, M., Gehrke, S., Gwinner, K., Hirschmüller, H., Kim, J.R., Kirk, R.L., Mayer, H., Muller, J.-P., Rengarajan, R., Rentsch, M., Schmidt, R., Scholten, F., Shan, J., Spiegel, M., Wählisch, M., Neukum, G., HRSC Co-Investigator, Team, 2007. Evaluating planetary digital terrain models—the HRSC DTM test. *Planet. Space Sci.* 55, 2173–2191.
- Jasiewicz, J., Stepinski, T.F. Geomorphons – A pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology* 2013, 182, 147–156.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- Jaumann, R., Neukum, G., Behnke, T., Flohrer, J., van Gasselt, S., Giese, B., Gwinner, K., Hauber, E., Hoffmann, H., Köhler, U., Matz, K.-D., Mertens, V., Pischel, R., Roatsch, T., Reiss, D., Scholten, F., Stephan, K., Oberst, J., Saiger, P., Schwarz, G., Wählisch, M., 2007. The High Resolution Stereo Camera (HRSC) experiment on Mars Express: instrument aspects from interplanetary cruise through nominal mission. *Planet. Space Sci.* 55, 928–952.
- NASA PDS, 2022 https://pds-geosciences.wustl.edu/messenger/mess-e_v_h-mla-3_4-cdr_rdr-data-v2/messmla_2101/

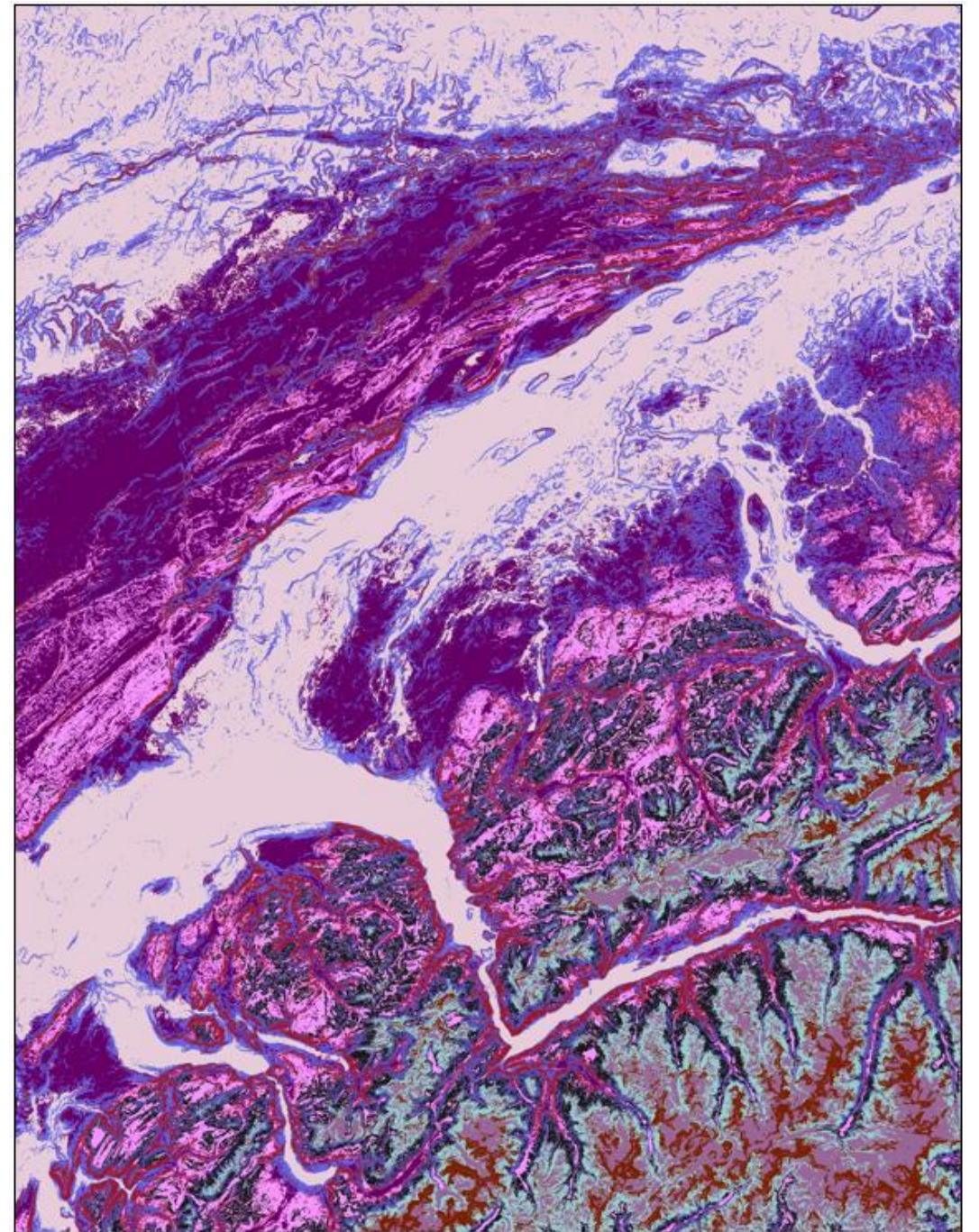
- NASA PDS, 2023 https://pds-geosciences.wustl.edu/mgn/mgn-v-gxdr-v1/mg_3002/qtdr/sinus/
- NASA PDS, 2021 <https://pds-geosciences.wustl.edu/lro/lro-l-lola-3-rdr-v1/lro-l-1xxx/data/sldem2015/>
- Preusker, F., et al., 2015. Shape model, reference system definition, and cartographic mapping standards for Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko – Stereo photogrammetric analysis of Rosetta/OSIRIS image data. *Astron. Astrophys.* 583, A33
- Pondrelli, M. et.al (2005). Complex evolution of paleolacustrine systems on Mars: An example from the Holden crater. *Journal of Geophysical Research*, vol. 110 (E04016).
[10.1029/2004JE002335](https://doi.org/10.1029/2004JE002335)
- Podobnikar, Tomaž and Székely, Balázs (2015). Towards the automated geomorphometric extraction of talus slopes in Martian landscapes. *Planetary and Space Science* 105 (2015) 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2014.11.019>.
- Stepinski, T.F., Ghosh, S., Vilalta, R., 2006. Automatic recognition of landforms on Mars using terrain segmentation and classification. In: *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence* and *Lecture Notes in Bioinformatics*), 4265 LNAI, pp. 255–266. [10.1007/11893318_2652](https://doi.org/10.1007/11893318_2652)
- Szilágyi-Sándor, A. (2022): A marsi Nirgal Vallis tektonikus fejlődésének vizsgálata. Országos Tudományos Diákköri dolgozat, Budapest.
- Vörös, Fanni, Székely, Balázs (2022). High-resolution DTM-based estimation of geomorphometric parameters of selected putative martian scoria cones. In *Icarus* 377, pp.114923–114923.
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.114923>
- Vörös, F., Pál, M., Wyk, B., Székely, B., 2021. Development of a New Type of Geodiversity System for the Scoria Cones of the Chaîne des Puys Based on Geomorphometric Studies. *Geosciences* 11(2), 58. <https://doi.org/10.3390/geosciences11020058>
- Zheng, J., Gao, Y., Zhang, H., Lei, Y. and Zhang, J. (2022). OTSU Multi-Threshold Image Segmentation Based on Improved Particle Swarm Algorithm. *Applied Sciences*, 12(22), p.11514. <https://doi.org/10.3390/app122211514>.
- Zhou, Q., Liu, X. (2004). Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. *Computers & Geosciences*, 30(4), pp.369–378.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.07.005>

Kiemelt földi eredményeim (1)

Nyugati-Alpok, Jura hegység

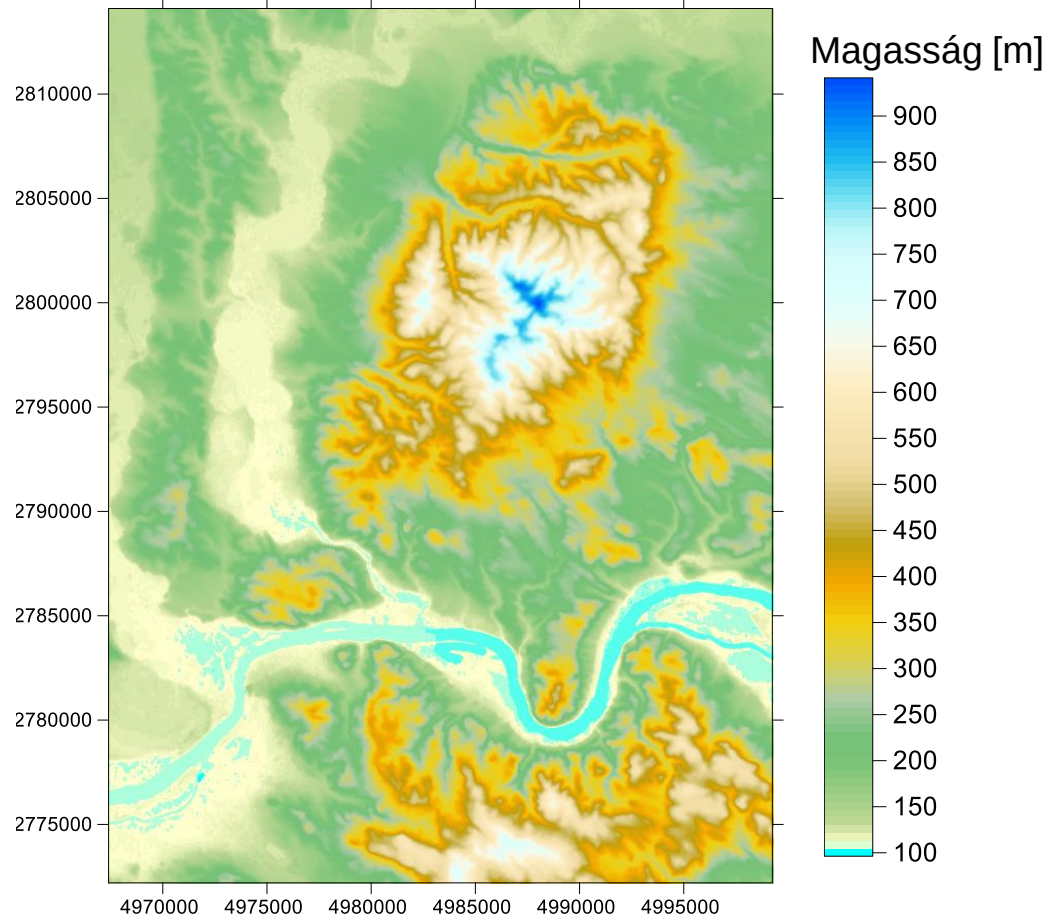


Felhasznált adat: EU-DEM
Felbontás: 25 m/pixel



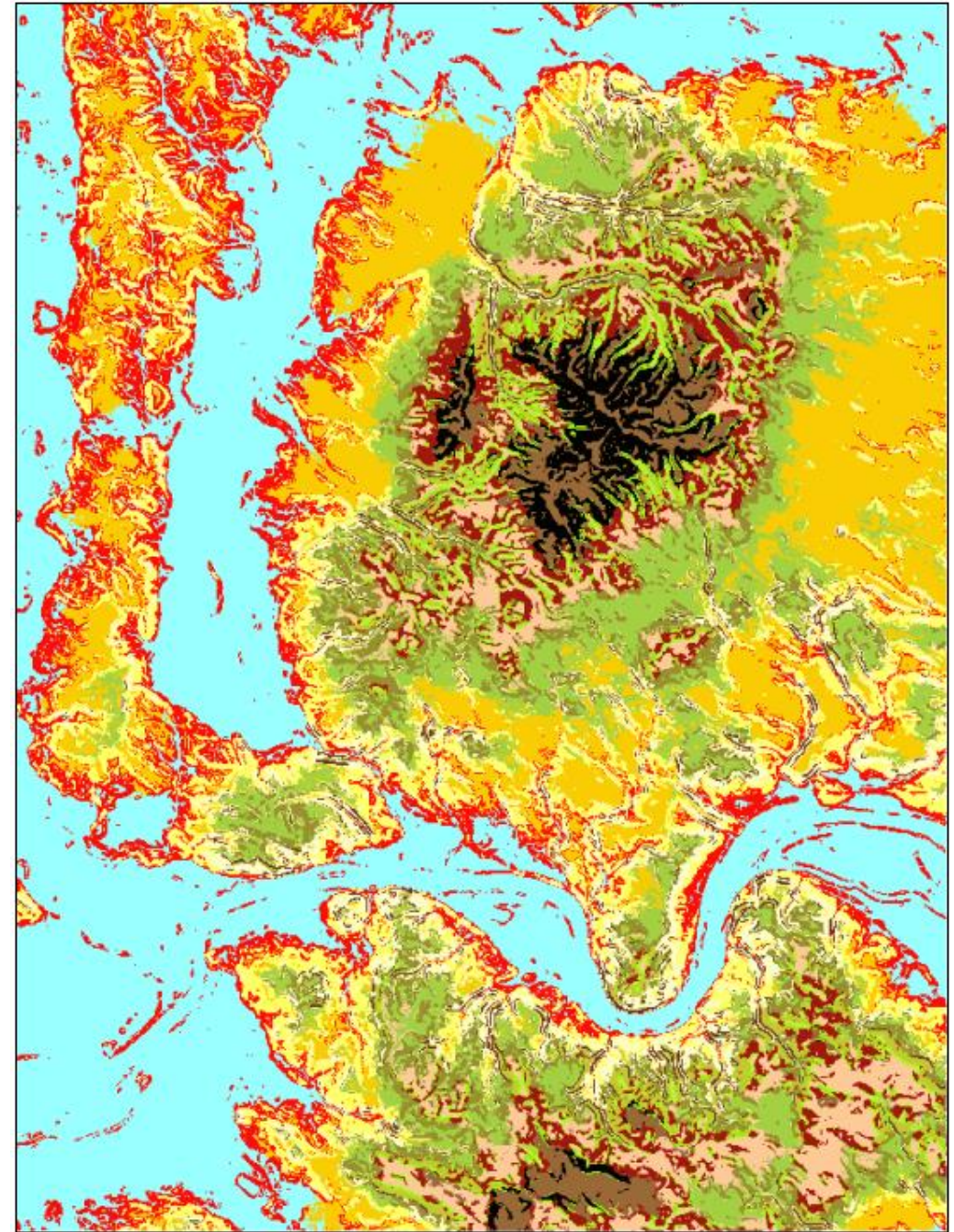
Kiemelt földi eredményeim (2)

Börzsöny, Dunakanyar



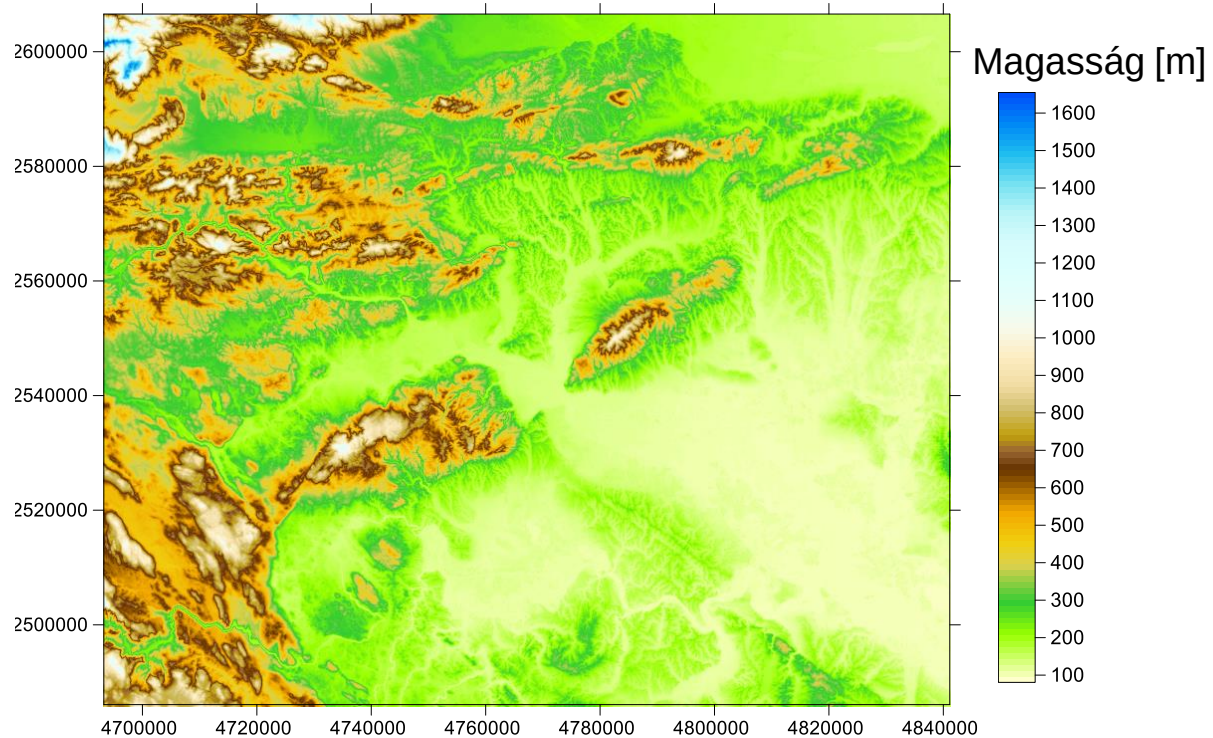
Felhasznált adat: EU-DEM

Felbontás: 25 m/pixel

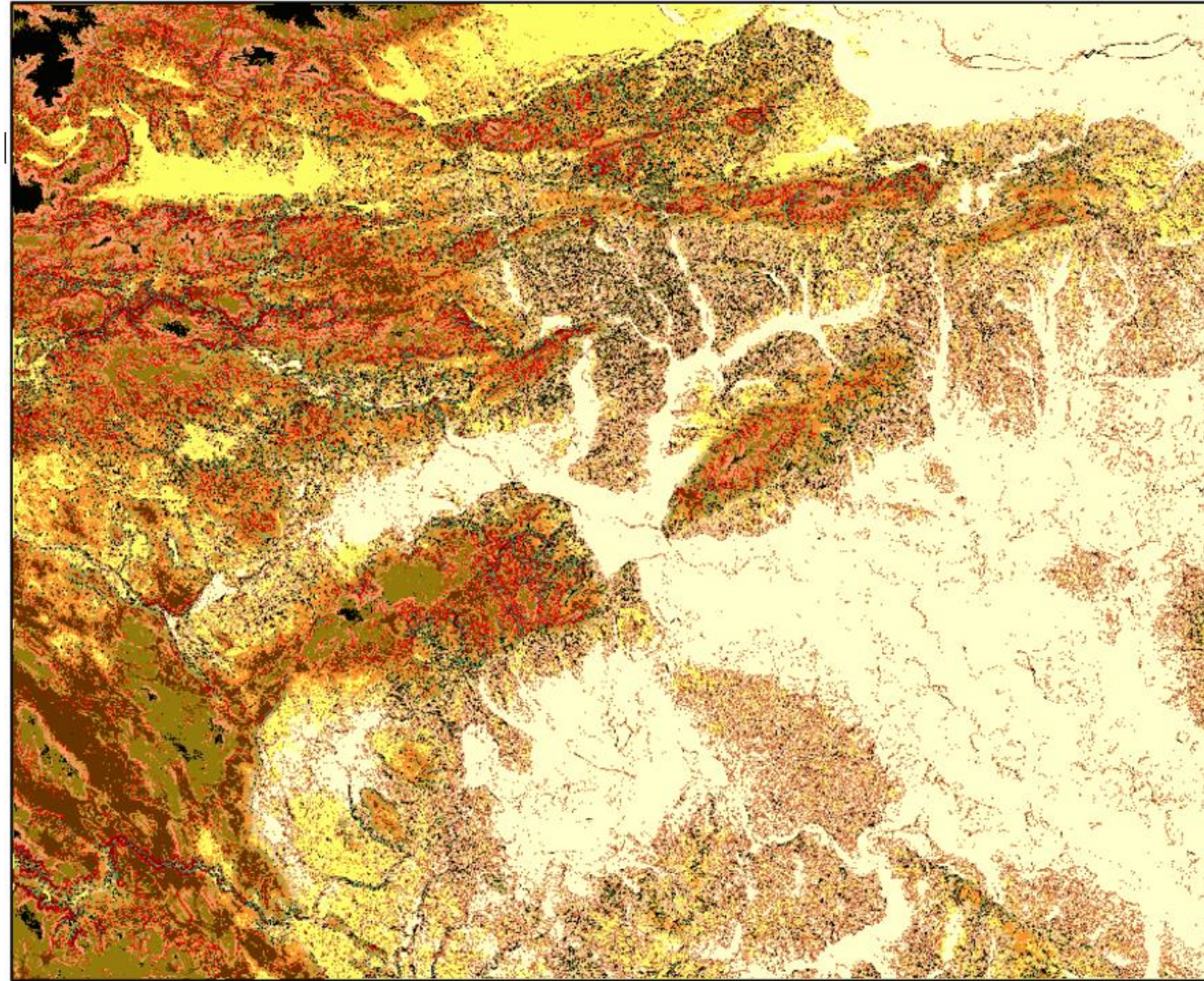


Kiemelt földi eredményeim (3)

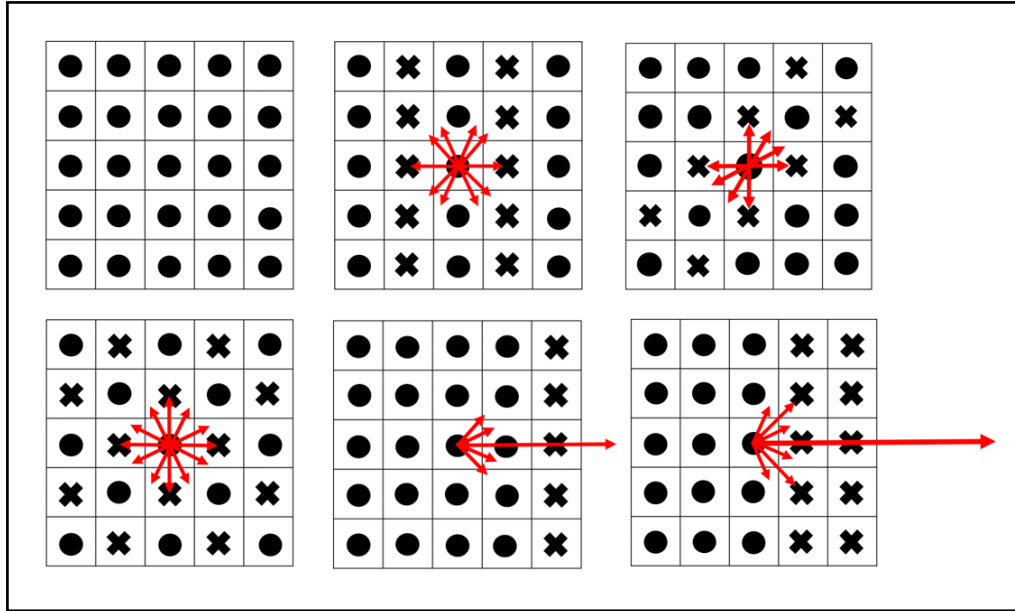
Keleti-Alpok, Medvednica



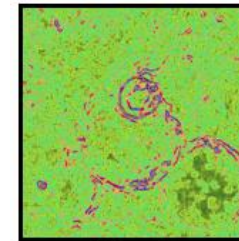
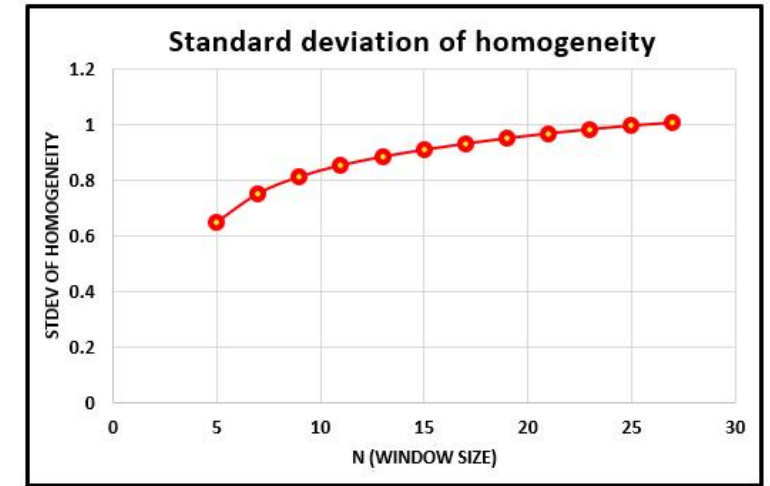
Felhasznált adat: EU-DEM
Felbontás: 25 m/pixel



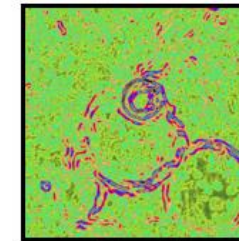
Homogenitás



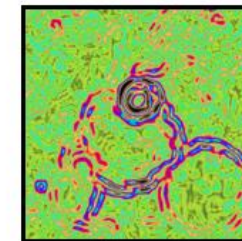
N	STDEV
5	0.649976
7	0.752968
9	0.813884
11	0.854803
13	0.885325
15	0.910353
17	0.932374
19	0.95188
21	0.969079
23	0.98419
25	0.99726
27	1.00797



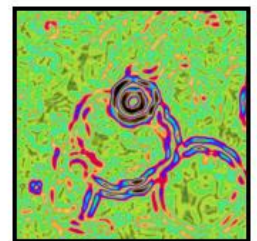
N = 5



N = 11



N = 21



N = 27

Görbület

Érzékeny a hirtelen
jellegváltozásokra

Érzéketlen a szimmetriákra

Lokális (3x3 ablak) adat

Homogenitás

Érzékeny a hirtelen
jellegváltozásokra

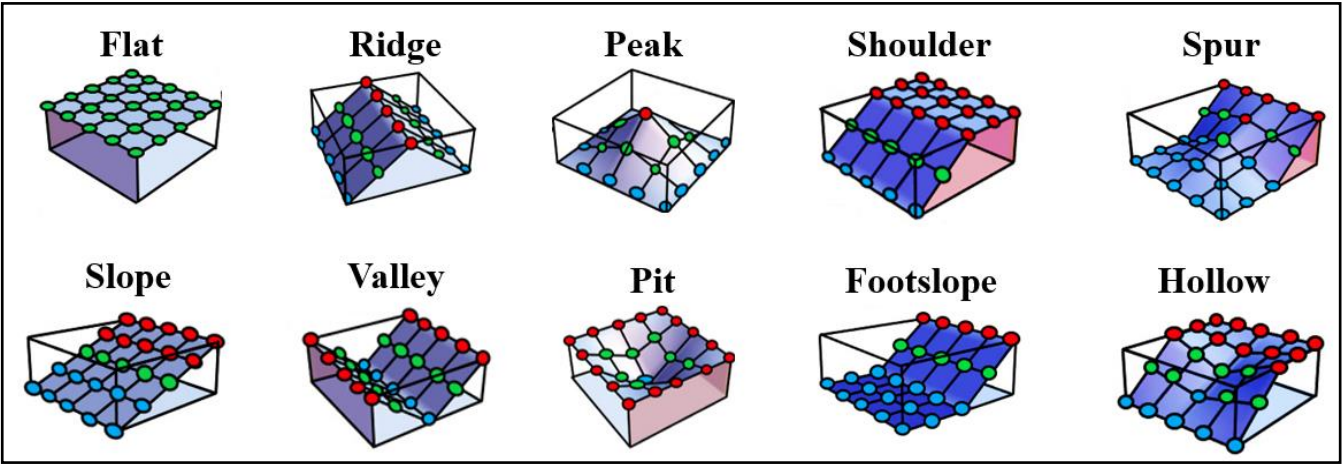
Érzékeny a szimmetriákra

Több skálán is működik

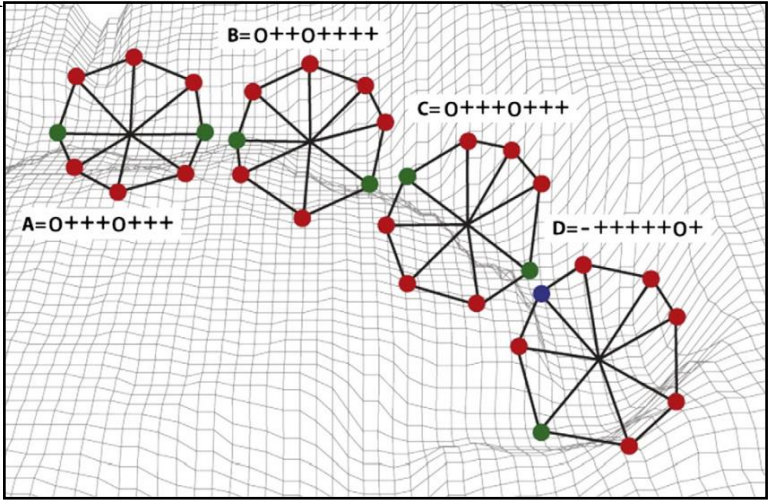
$$H = \left\| \sum_{i=1}^{(2N+1)^2} \left\{ [I_p(x_i, y_i) - I_c(x_c, y_c)] \cdot \frac{(x_i - x_c, y_i - y_c)}{\|(x_i - x_c, y_i - y_c)\|} \right\} \right\|$$

Geomorfon

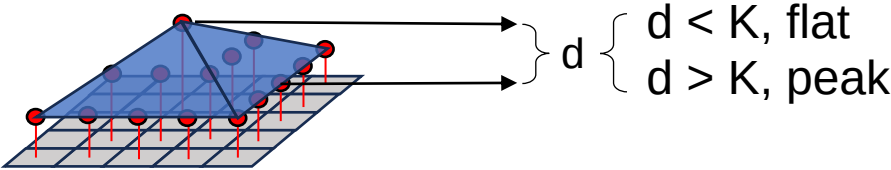
Geomorfonok	Darabszám
Flat	15
Ridge	31
Shoulder	63
Spur	50
Slope	193
Hollow	50
Footslope	63
Valley	31
Összesítve:	496



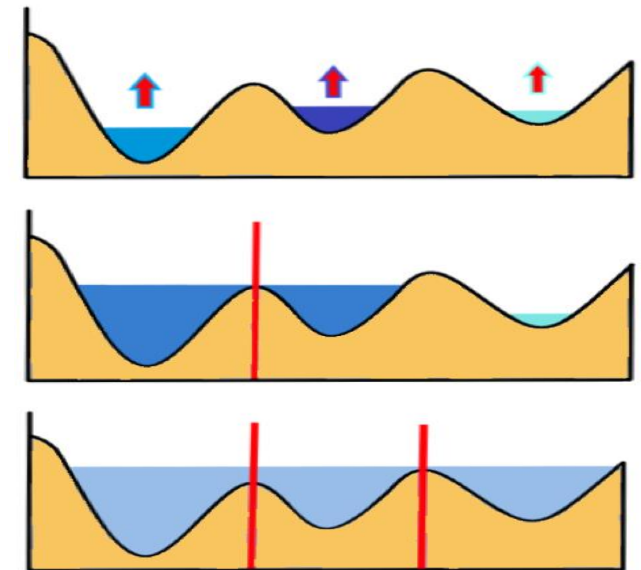
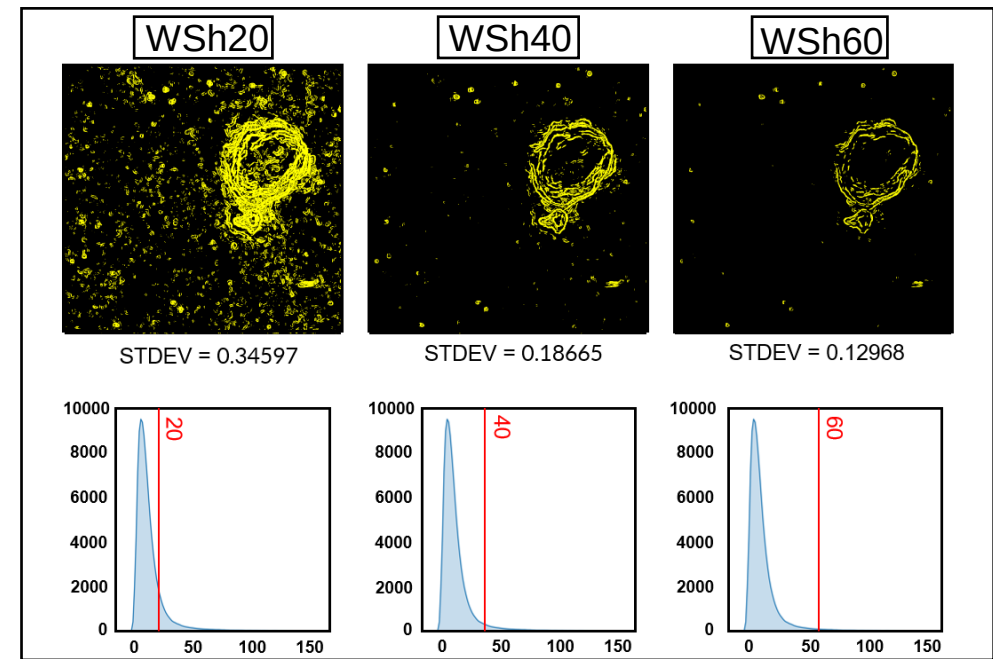
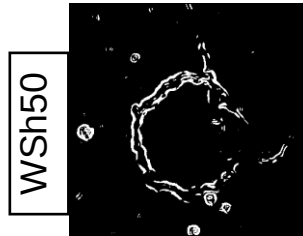
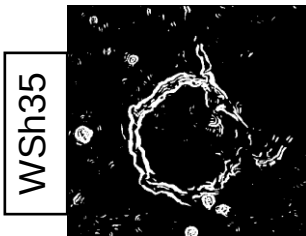
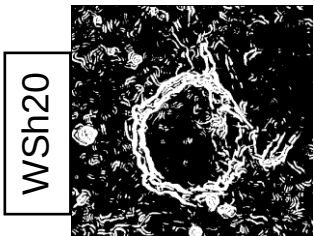
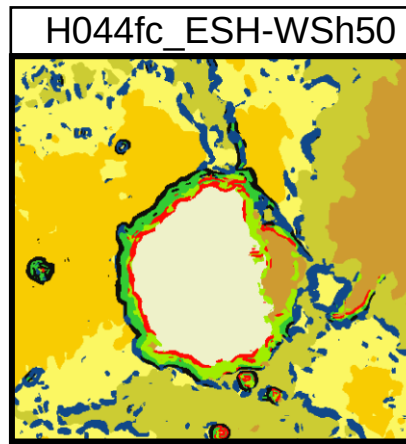
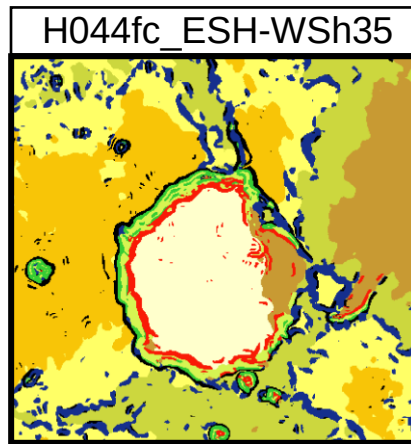
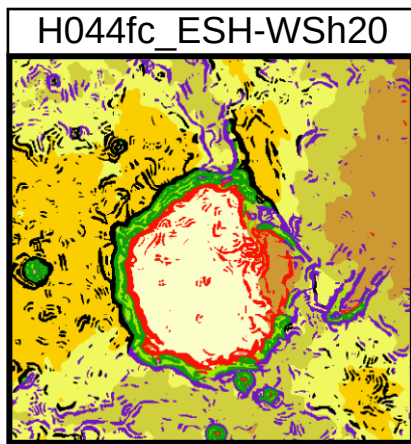
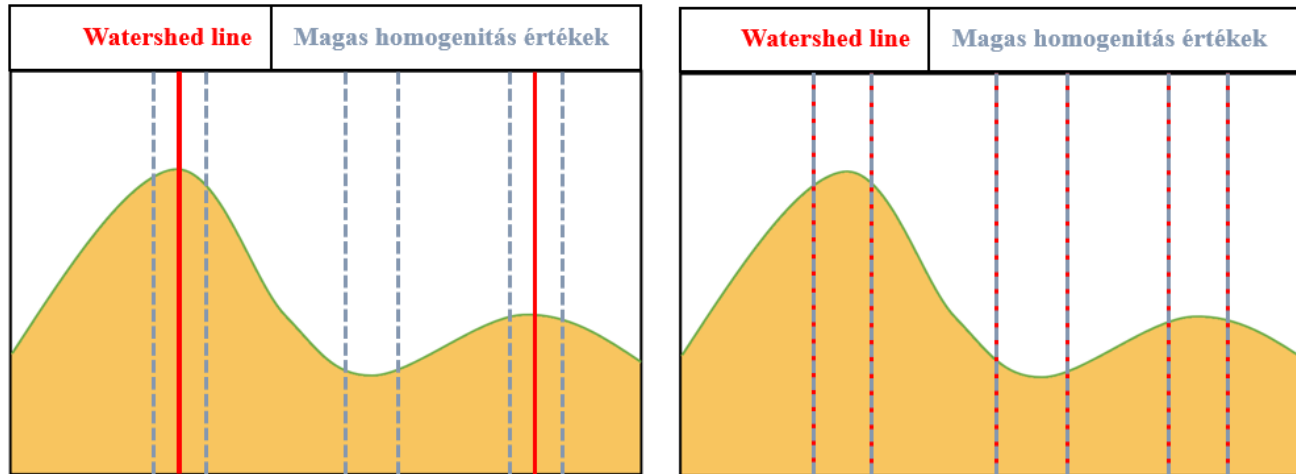
Stepinski et al. (2006) nyomán



Stepinski et al. (2006)

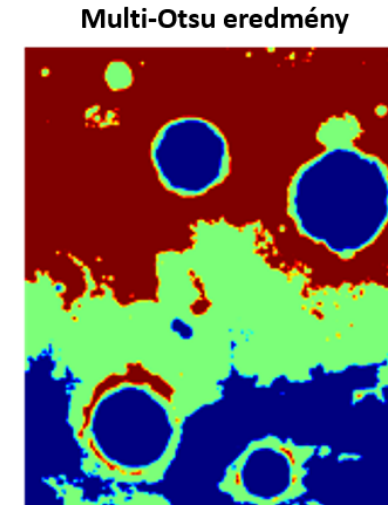
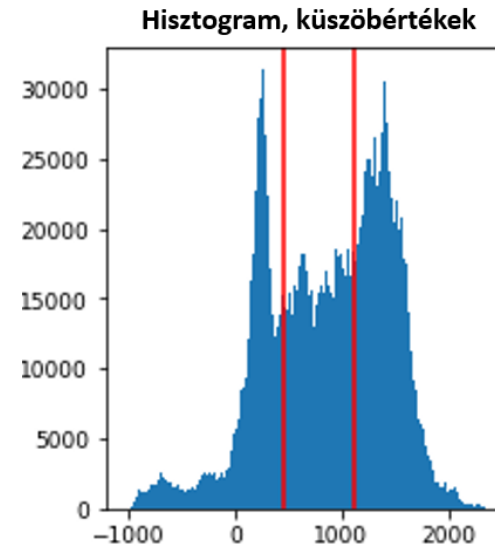
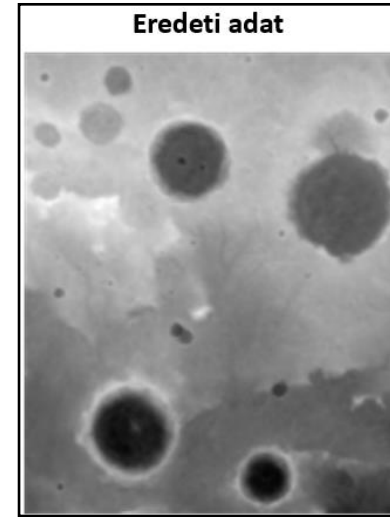


Watershed szegmentáció

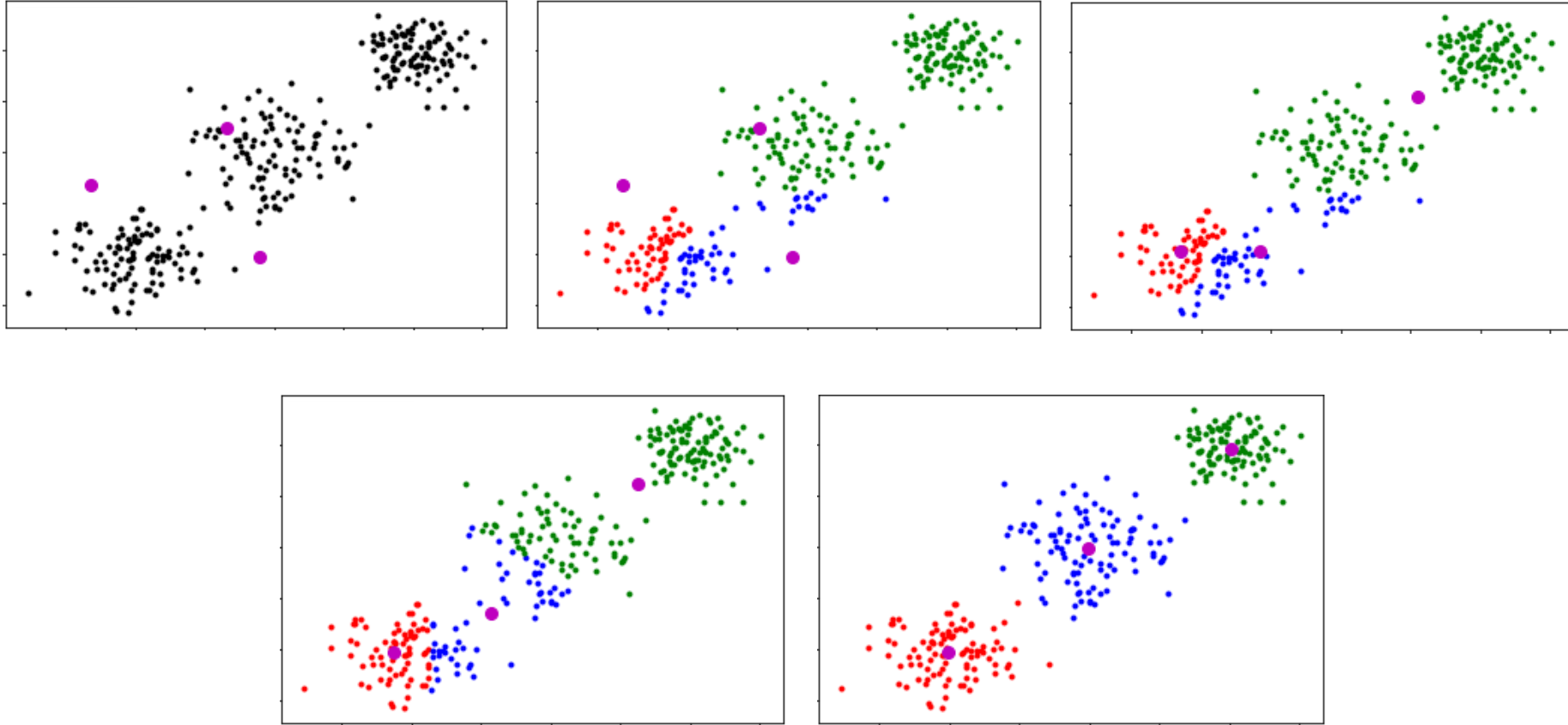


Multi-Otsu szegmentáció

- Geometriai jellegektől függetlenül, kizárólag pixelértékek alapján statisztikai úton szegmentálja a képet
- Otsu: Ketté osztja a képet (nem térbelileg) az adatok alapján és úgy alakítja a klasztereket, hogy a két szegmens szórása minimális legyen



K-means



Klaszterhatárok illeszkedése

