Voxel alapú épület szegmentáció nagyméretű pontfelhőkön

Hrutka Bence Péter, Dr. Siki Zoltán, Dr. Takács Bence

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
Rédey szeminárium

MŰEGYETEM 1782

2022.11.07.


2
100

Miről lesz szó?

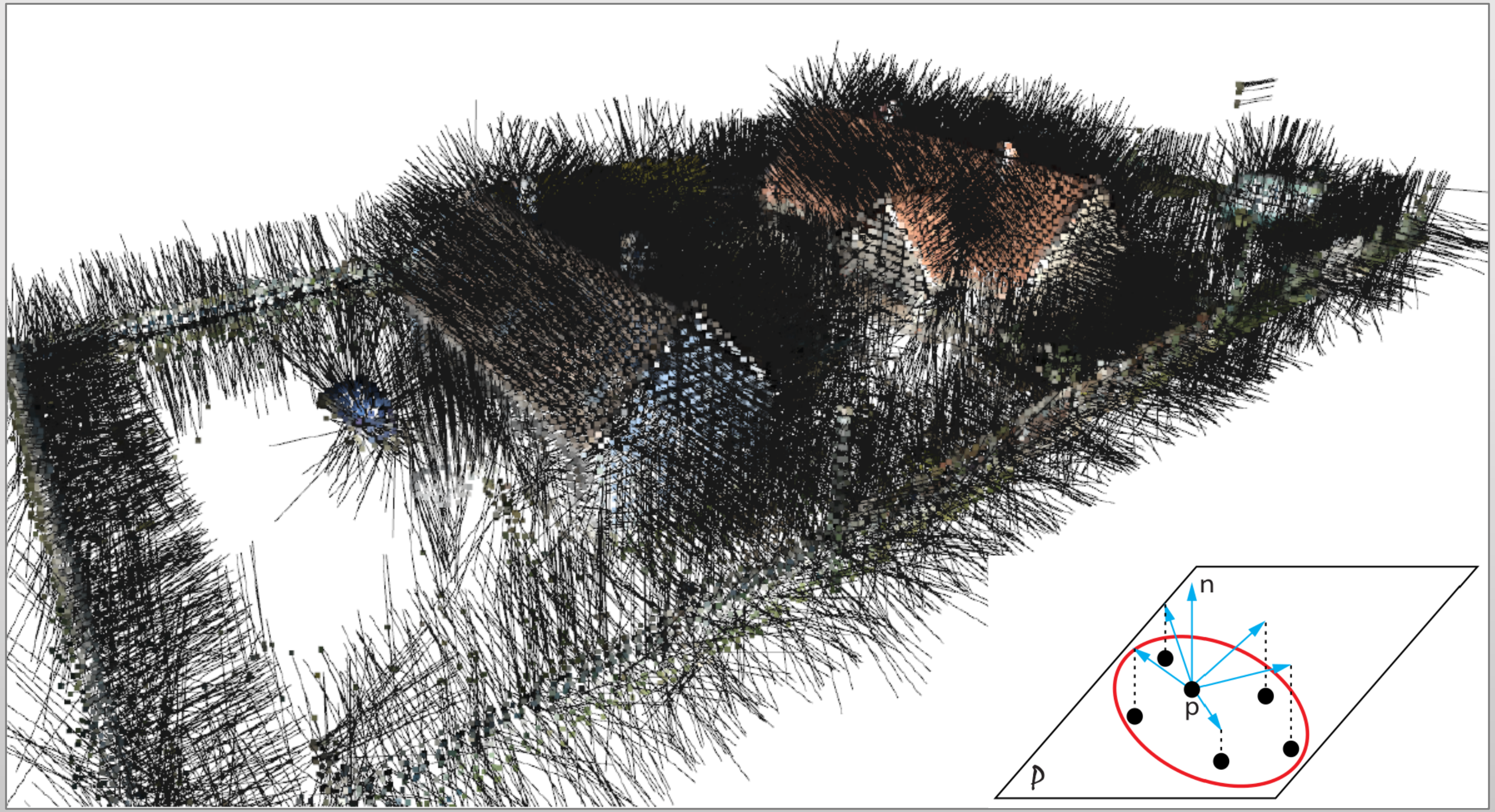
- Pontfelhő feldolgozás
  - Szegmentálás
  - Osztályozás
- Eszközei
- Alkalmazás
- Eddigi eredmények
- Egyéb lehetőségek

Szegmentálás

- **3D pontfelhő szegmentálás**
  - Él alapú módszerek
  - Régió növelésen alapuló módszerek
  - Attribútum alapú módszerek
  - Modell alapú módszerek
  - Gépi tanuláson alapuló módszerek

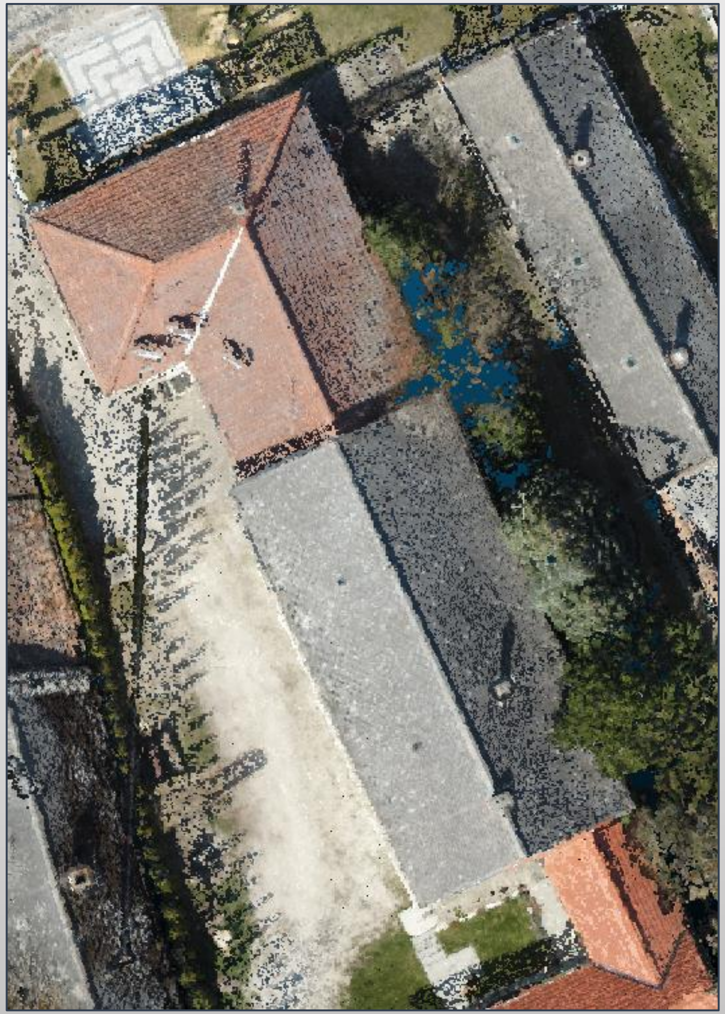
Szegmentálás – attribútum alapú

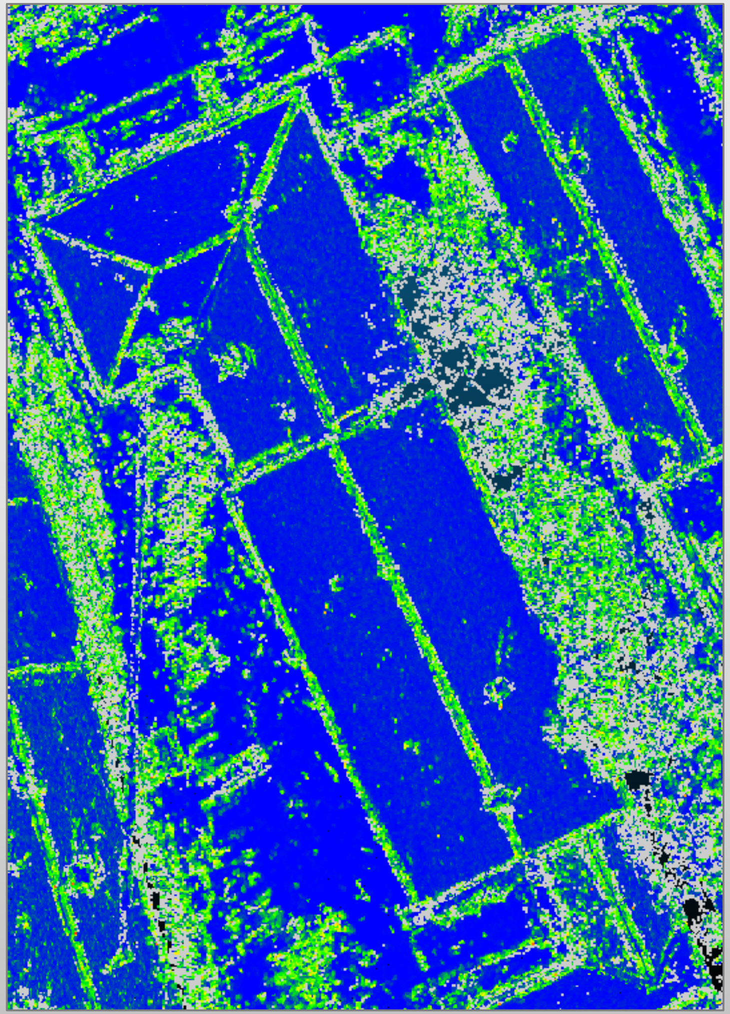
- Attribútumok alapján
  - Adott:
    - Szín
    - Intenzitás
    - Koordináta
    - …
  - Számított:
    - Normálisok
    - Görbület
    - …



Szegmentálás – él alapú

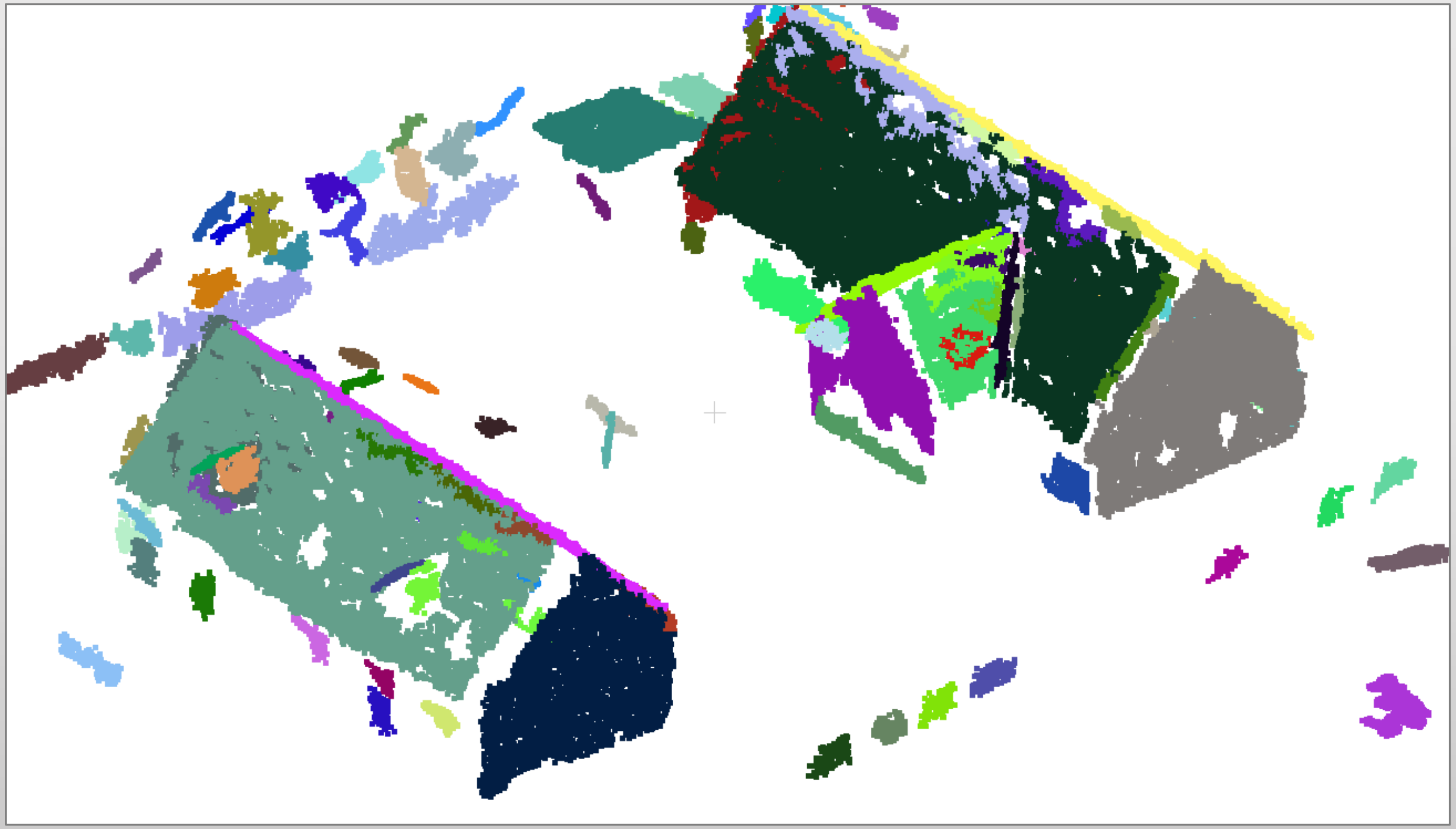
- Határoló pontok
  - Normálisok
  - Gradiens
  - Görbület
  - Deriváltak





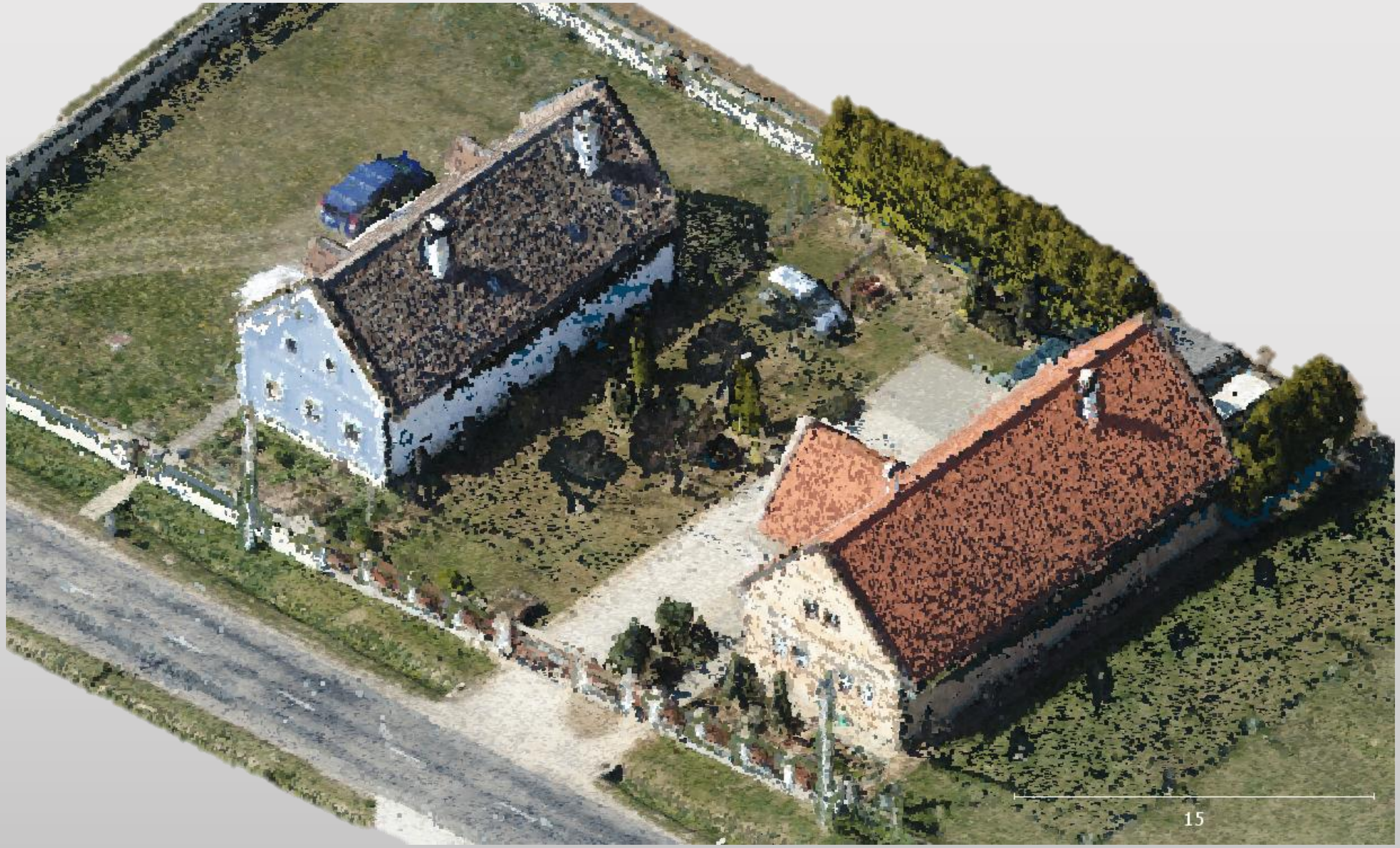
Szegmentálás – régió növelés

- Szomszédos pontok
  - Normálisok
  - Görbület
  - (Szín)
- Típusai:
  - Kicsiből nagy
  - Nagyból kicsi



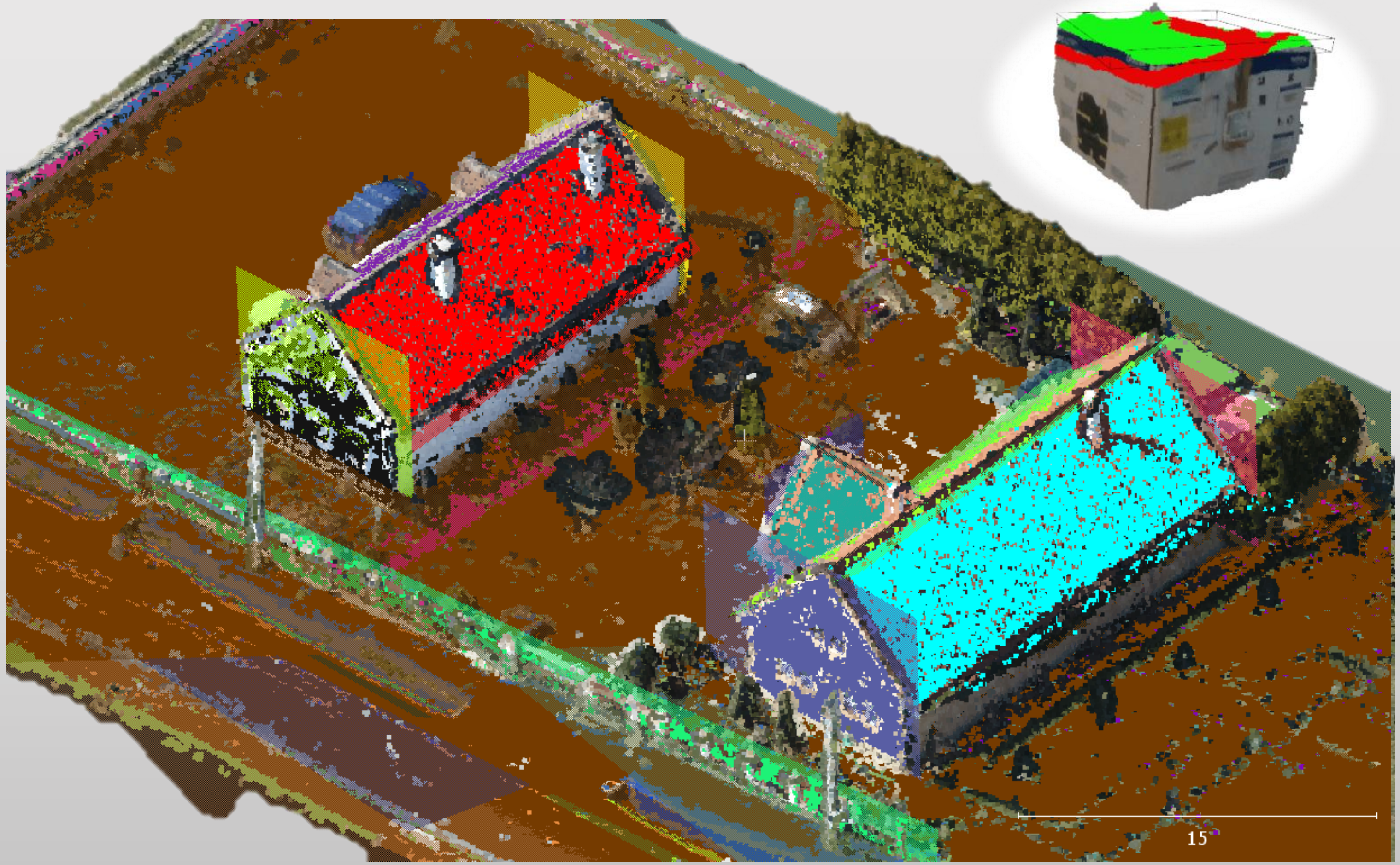
Szegmentálás – modell alapú

- Egyszerű alakzatok
  - Sík
  - Henger
  - Gömb
  - …
- Sorozatos RANSAC
  - Modell
  - Pontok száma
  - Iteráció száma
  - Küszöb



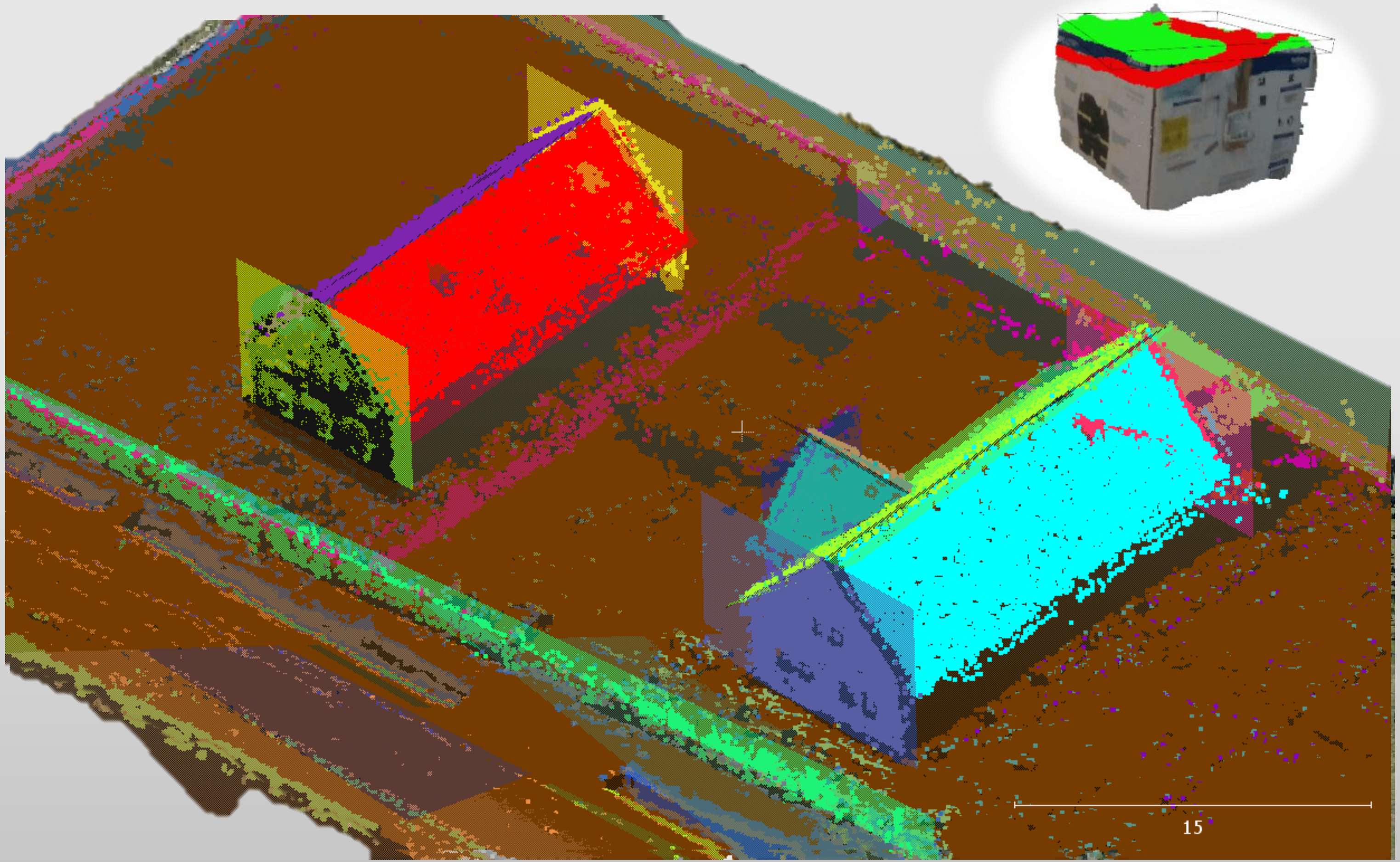
Szegmentálás – modell alapú

- Egyszerű alakzatok
  - Sík
  - Henger
  - Gömb
  - …
- Sorozatos RANSAC
  - Modell
  - Pontok száma
  - Iteráció száma
  - Küszöb



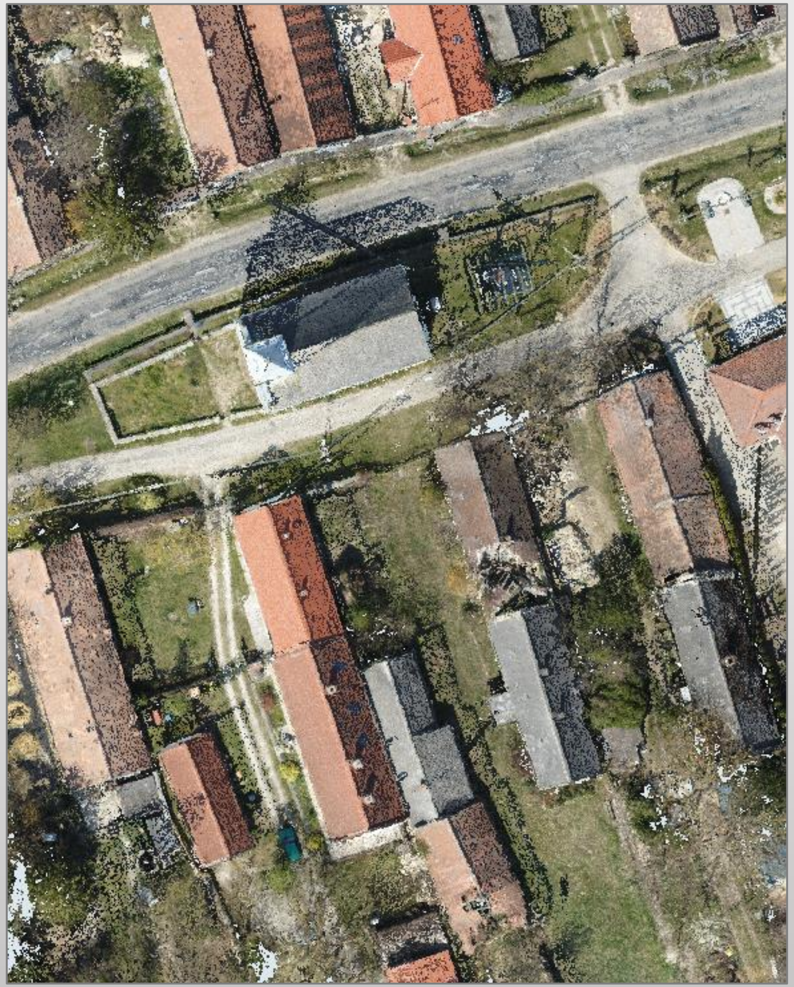
Szegmentálás – modell alapú

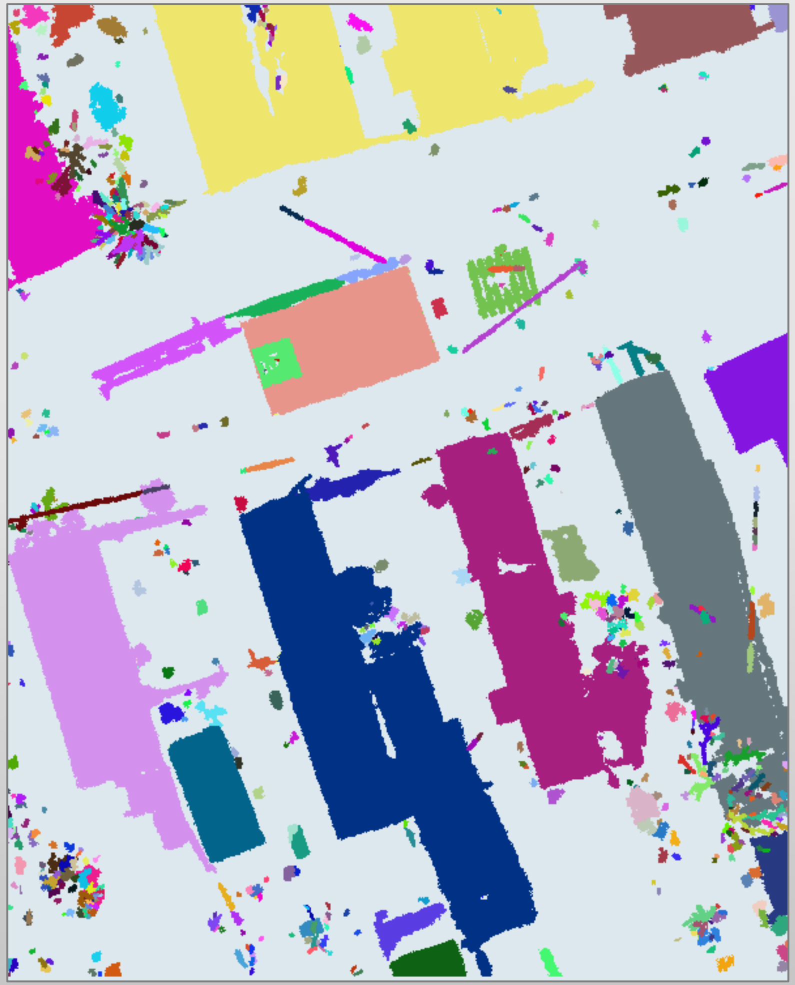
- Egyszerű alakzatok
  - Sík
  - Henger
  - Gömb
  - …
- Sorozatos RANSAC
  - Modell
  - Pontok száma
  - Iteráció száma
  - Küszöb



Szegmentálás – gépi tanulás

- Machine Learning
  - Felügyelt
    - Osztályozás
    - Regresszió
    - Neurális hálózat
  - Felügyeletlen
    - **Klaszterezés**
    - Neurális hálózat
  - Megerősített

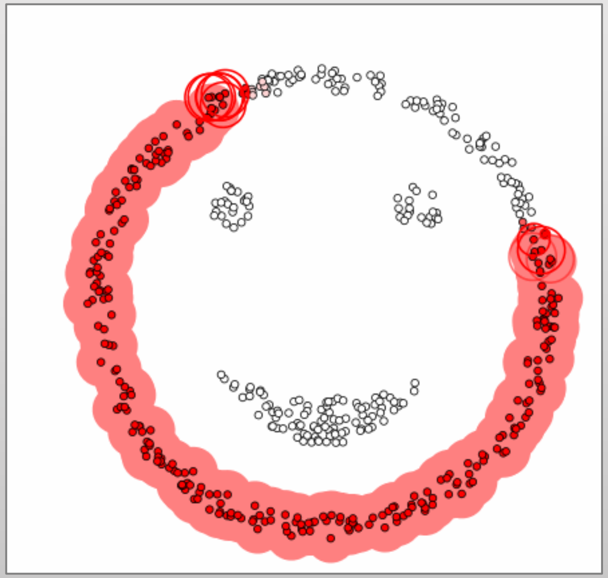


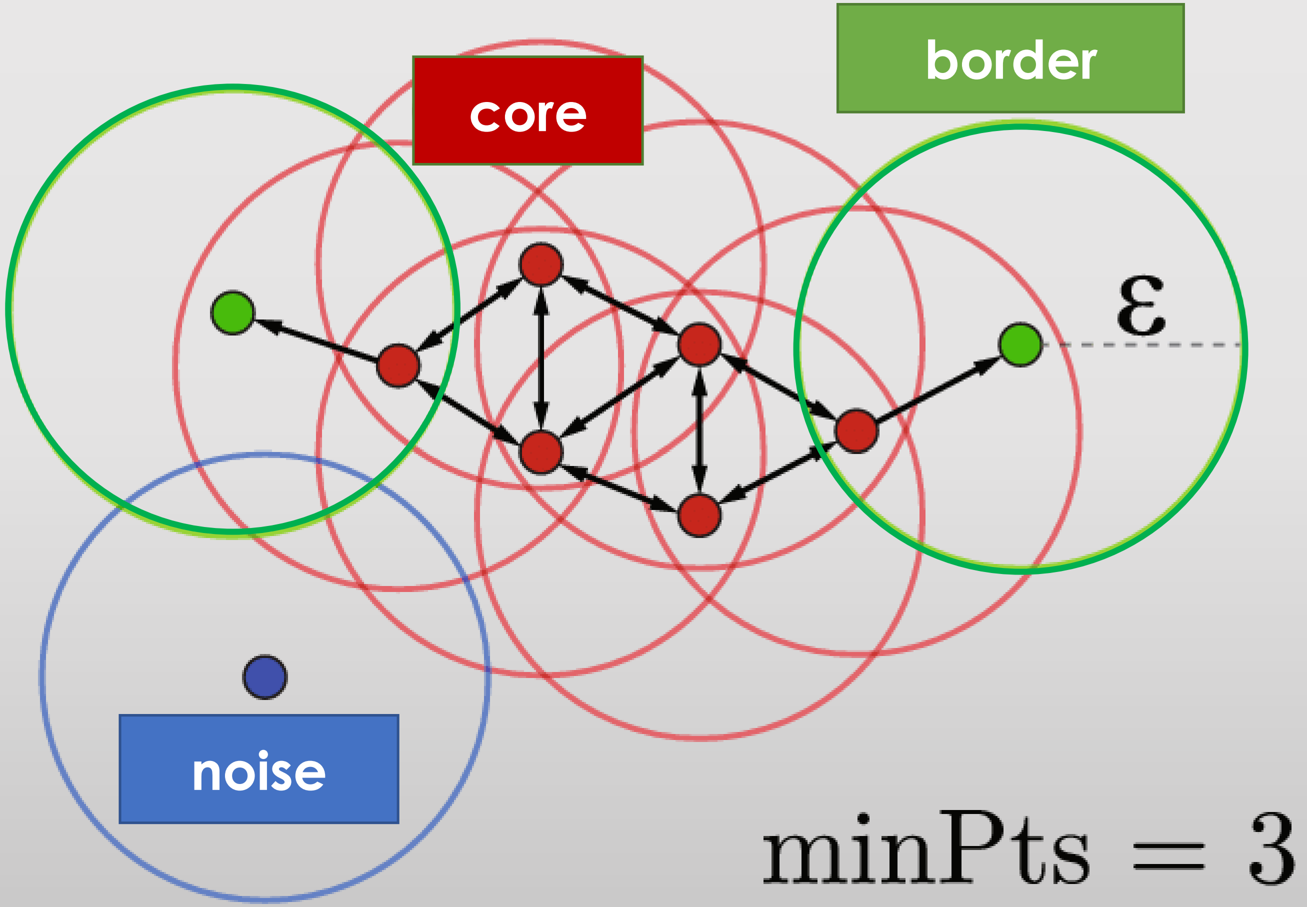


MŰEGYETEM 1782

Szegmentálás – gépi tanulás

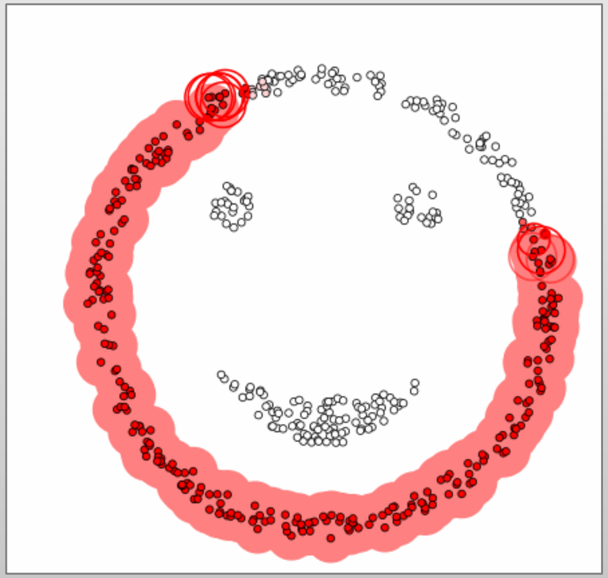
- Klaszterezés
  - K-Means
  - **DBSCAN**

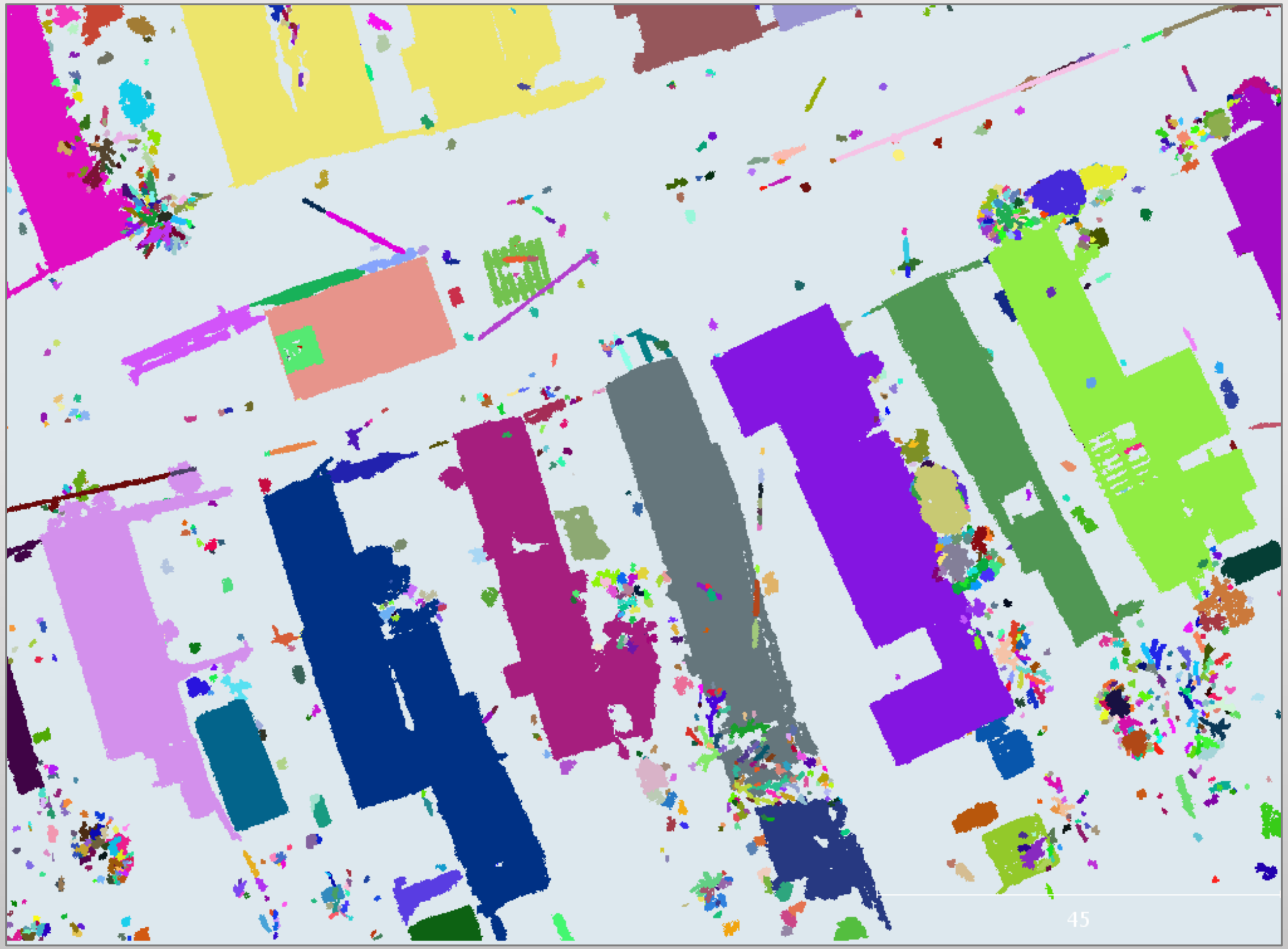




Szegmentálás – gépi tanulás

- Klaszterezés
  - K-Means
  - **DBSCAN**

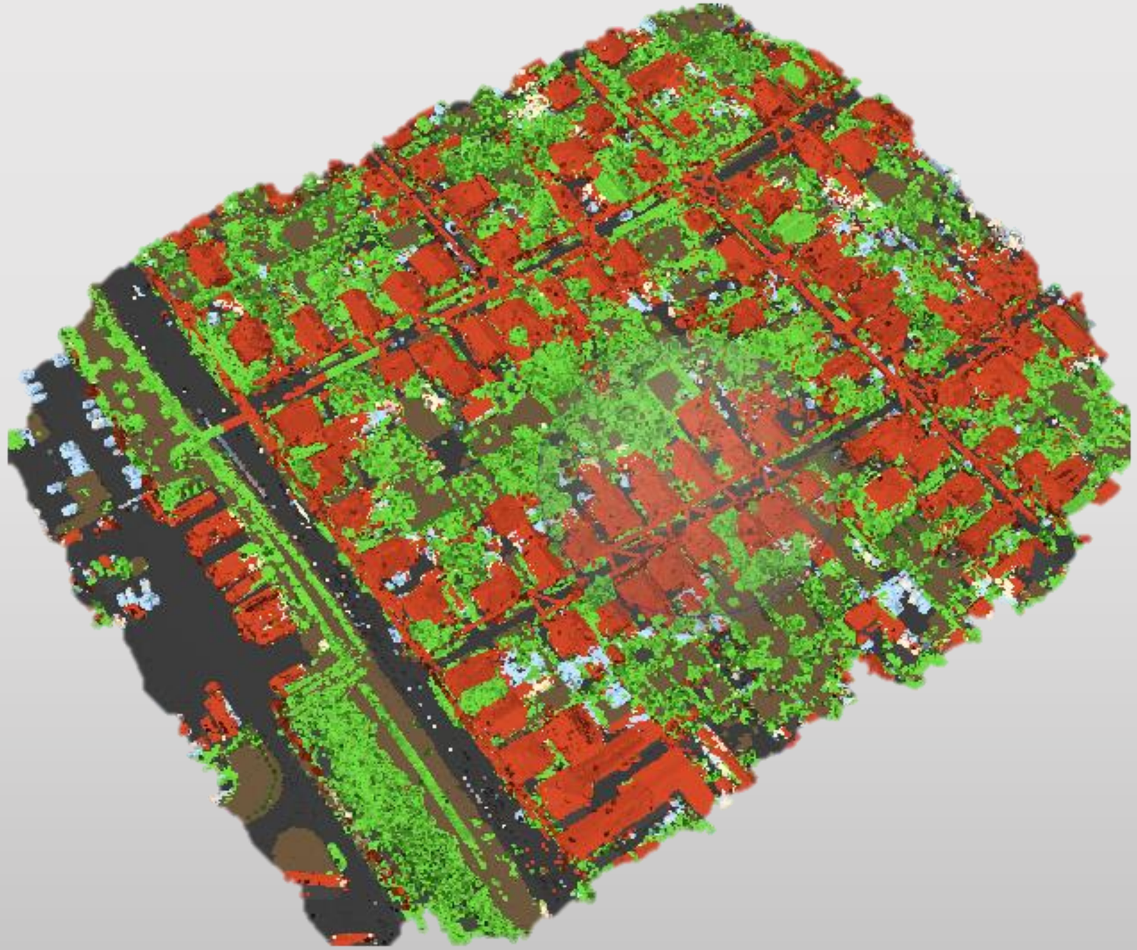




Osztályozás

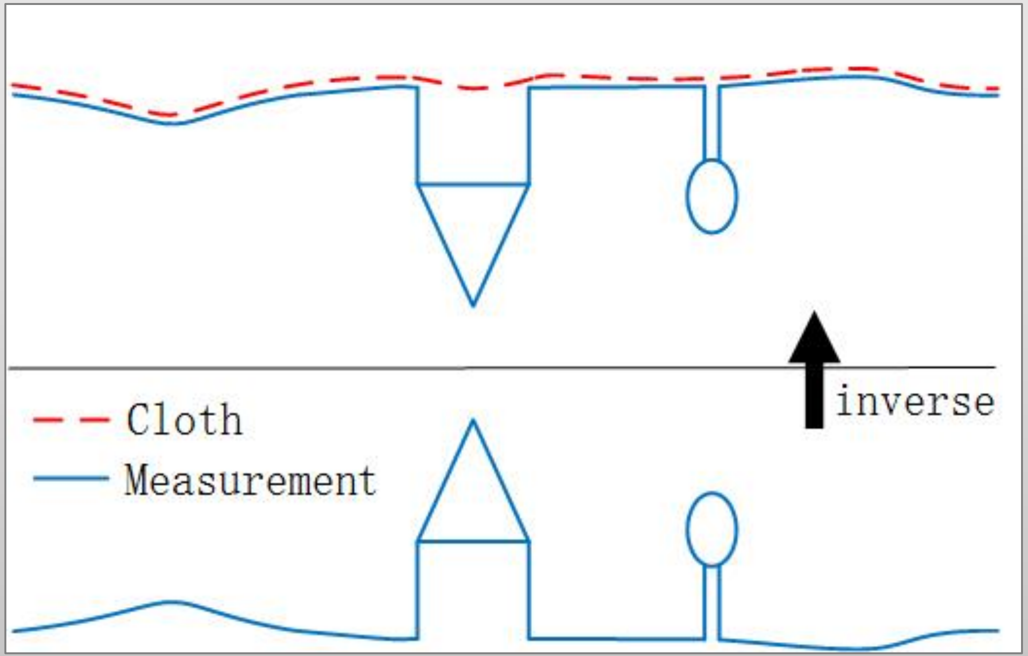
= Szemantikus szegmentáció

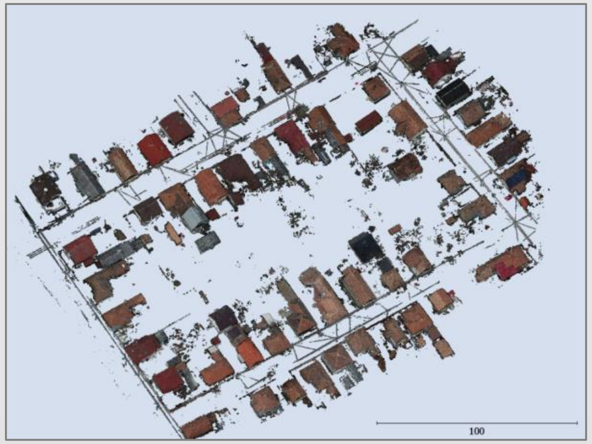
- Szegmentáláson alapul
- Szegmensek címkézése
- Típusai:
  - Felügyelt
  - Felügyeletlen
  - Interaktív

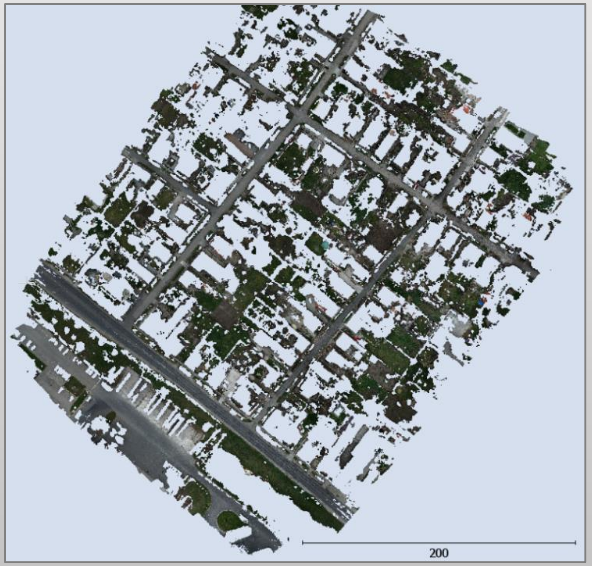


Osztályozás

- Cloth Simulation Filtering (CSF)
  - Talaj pontok
  - Nem talaj pontok

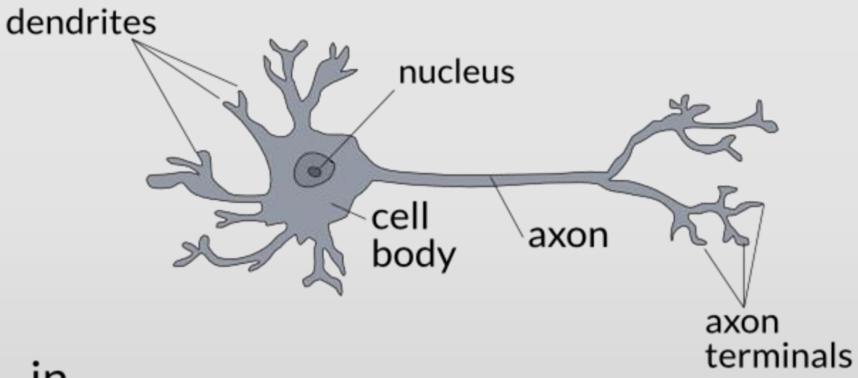


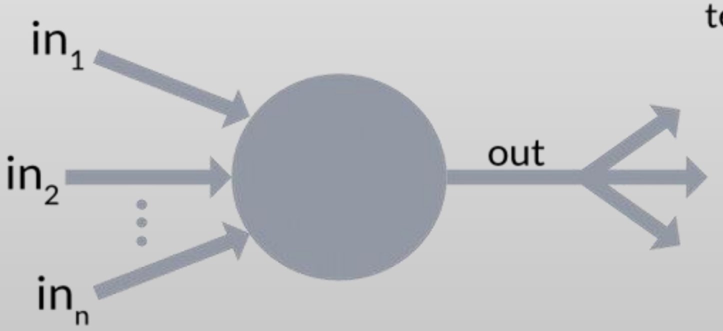


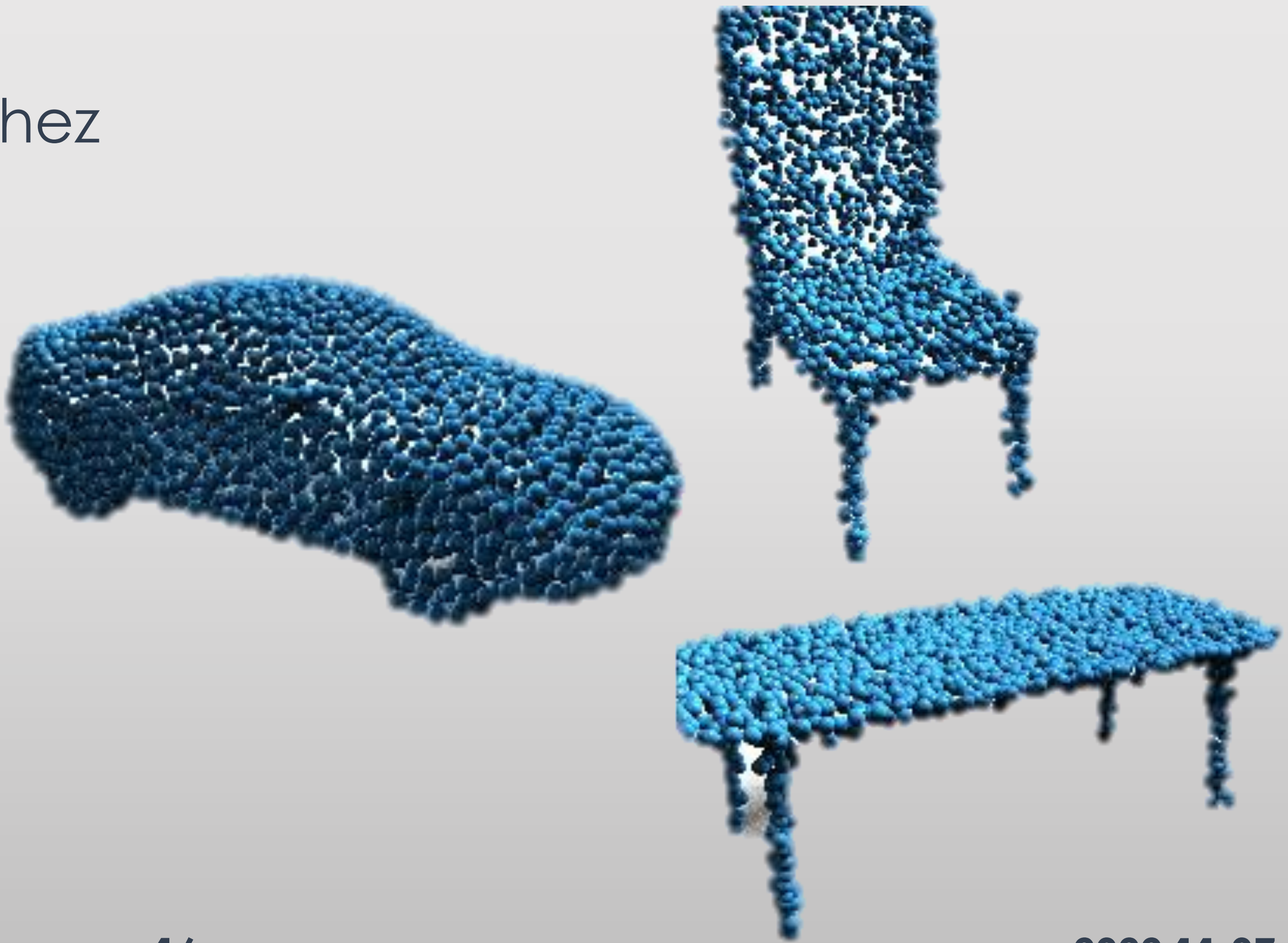


Osztályozás

- Deep Learning (DL)
  - Hasonlít az agyműködéshez

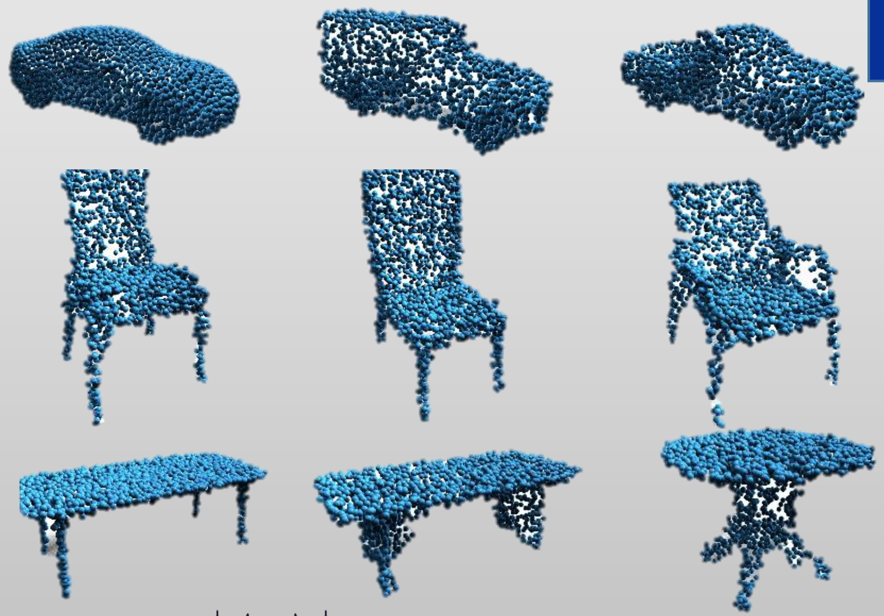


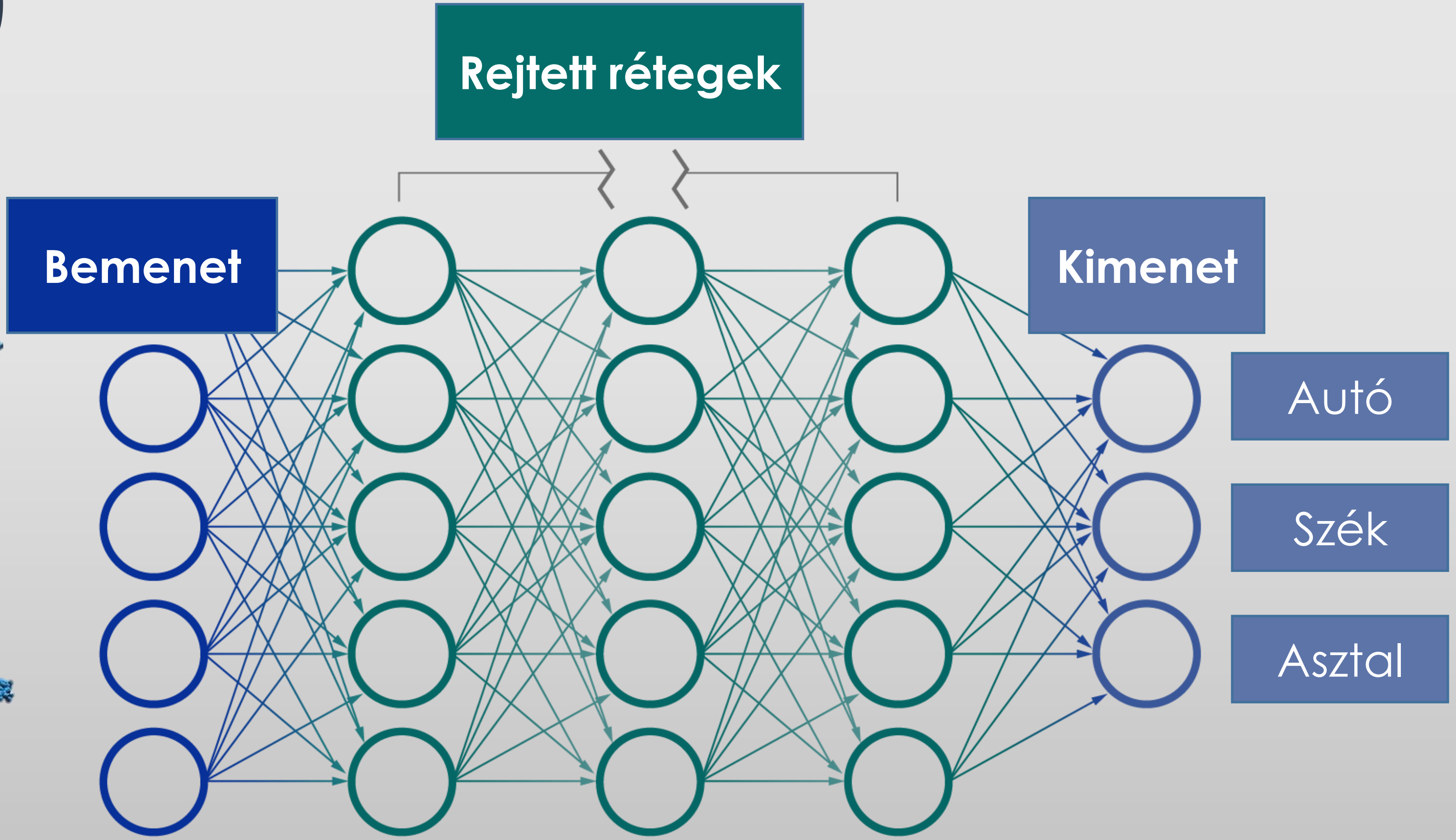




Osztályozás

- Deep Learning (DL)
  - Neurális Hálózat
  - Tanítás – felügyelt

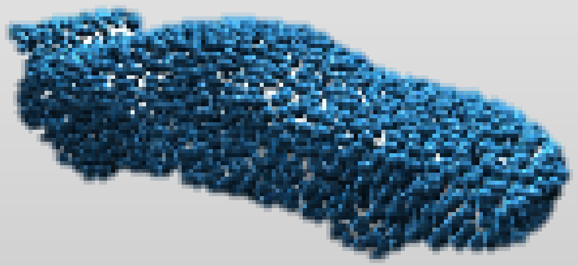


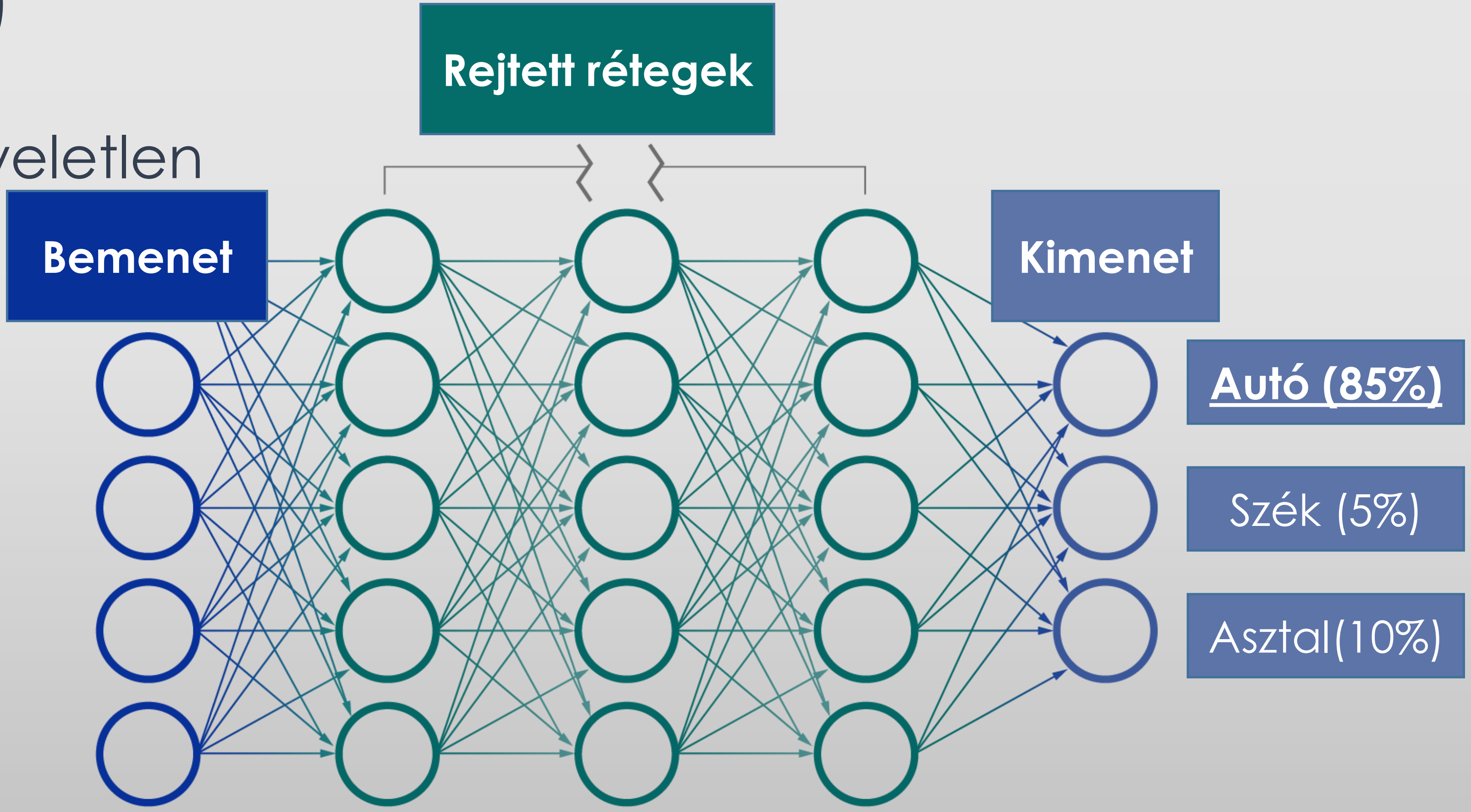


MŰEGYETEM 1782

Osztályozás

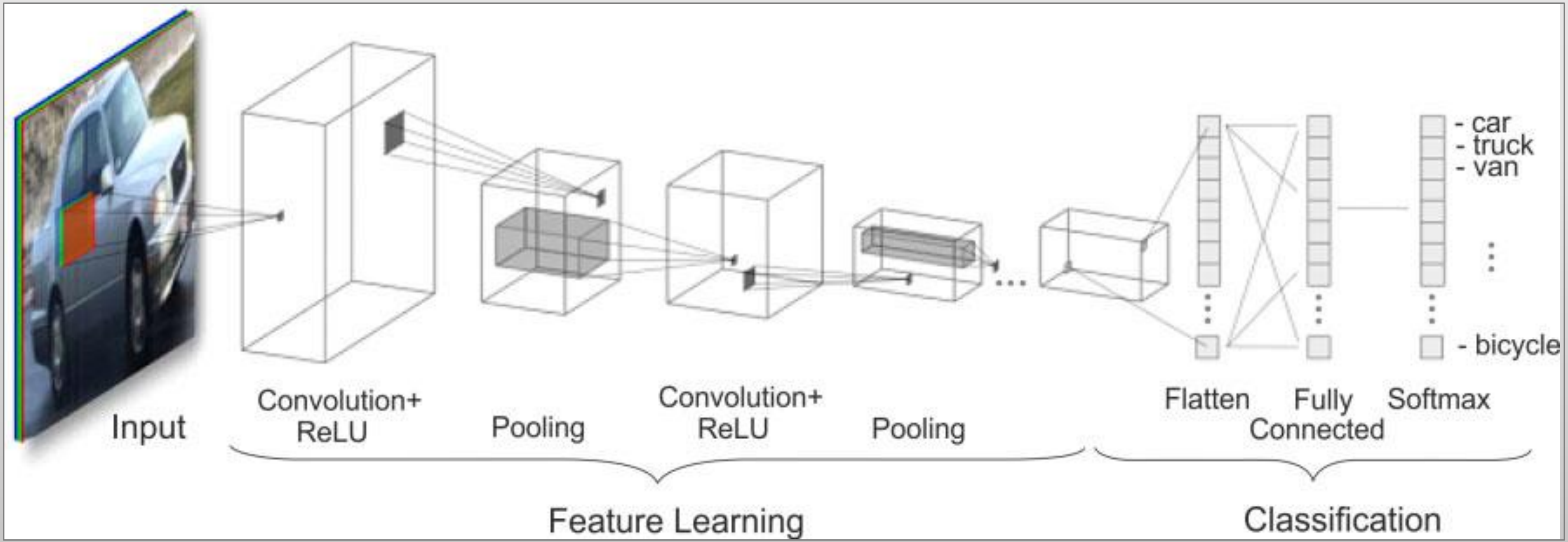
- Deep Learning (DL)
  - Neurális Hálózat
  - Osztályozás - felügyeletlen





Osztályozás

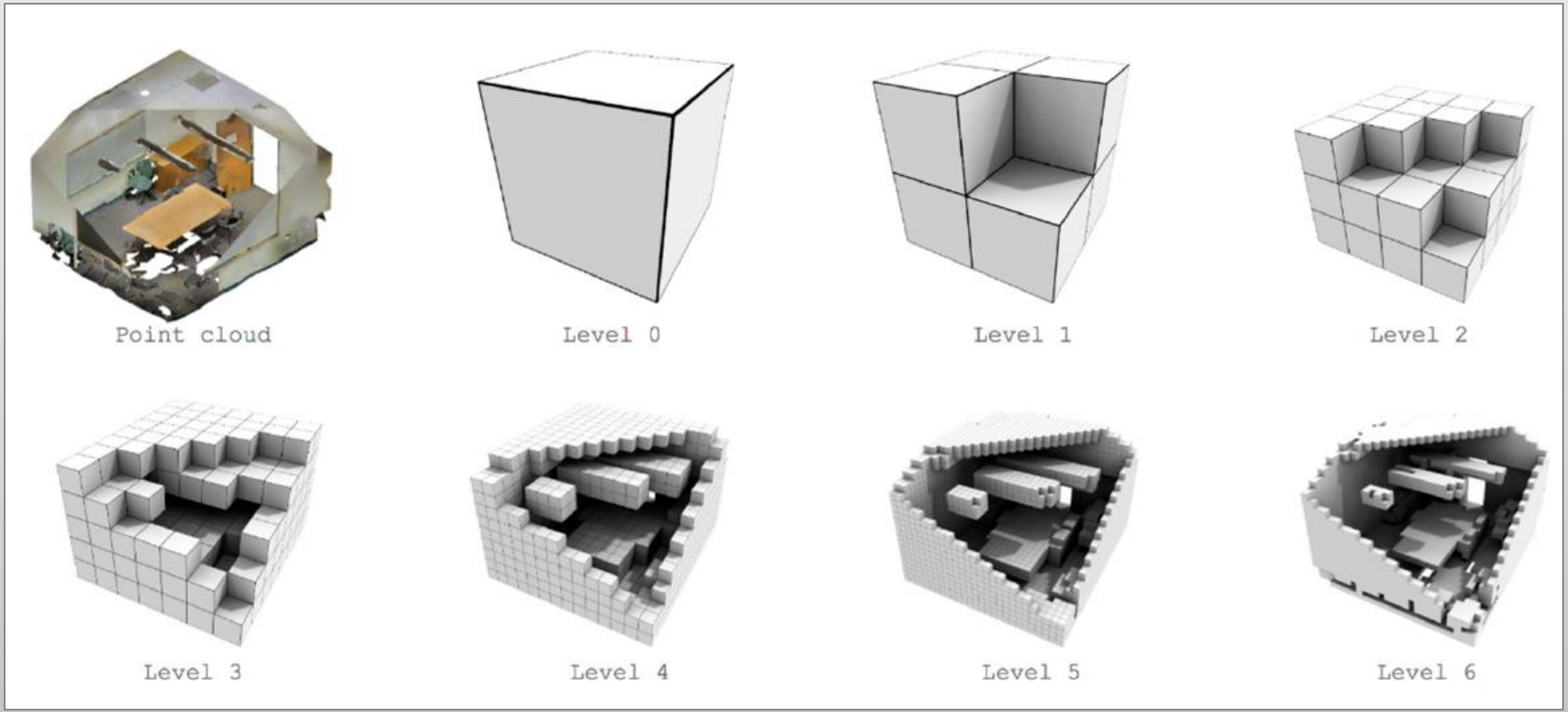
- Deep Learning (DL)
  - Convolutional Neural Network(CNN)

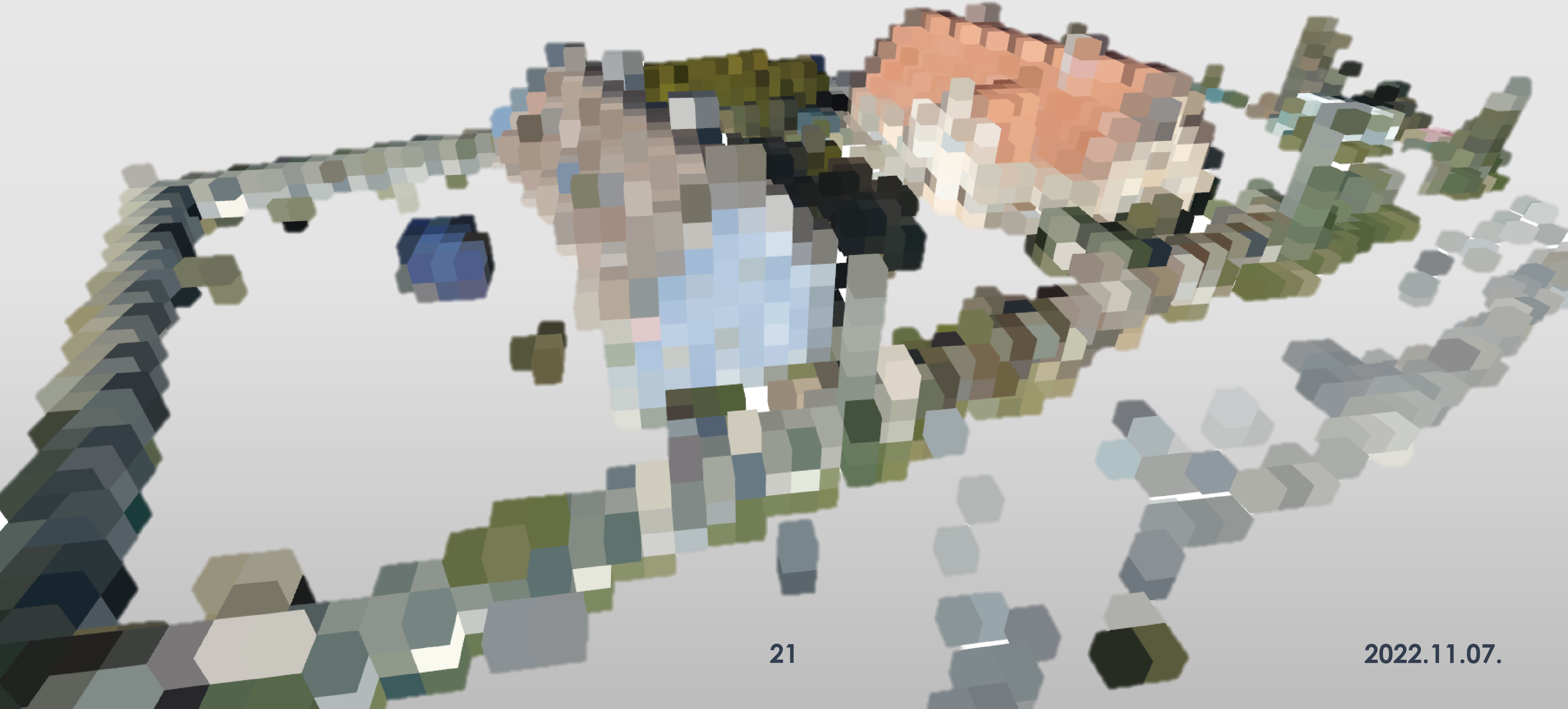


Osztályozás

- Deep Learning (DL)
  - 3D CNN
  - Voxel

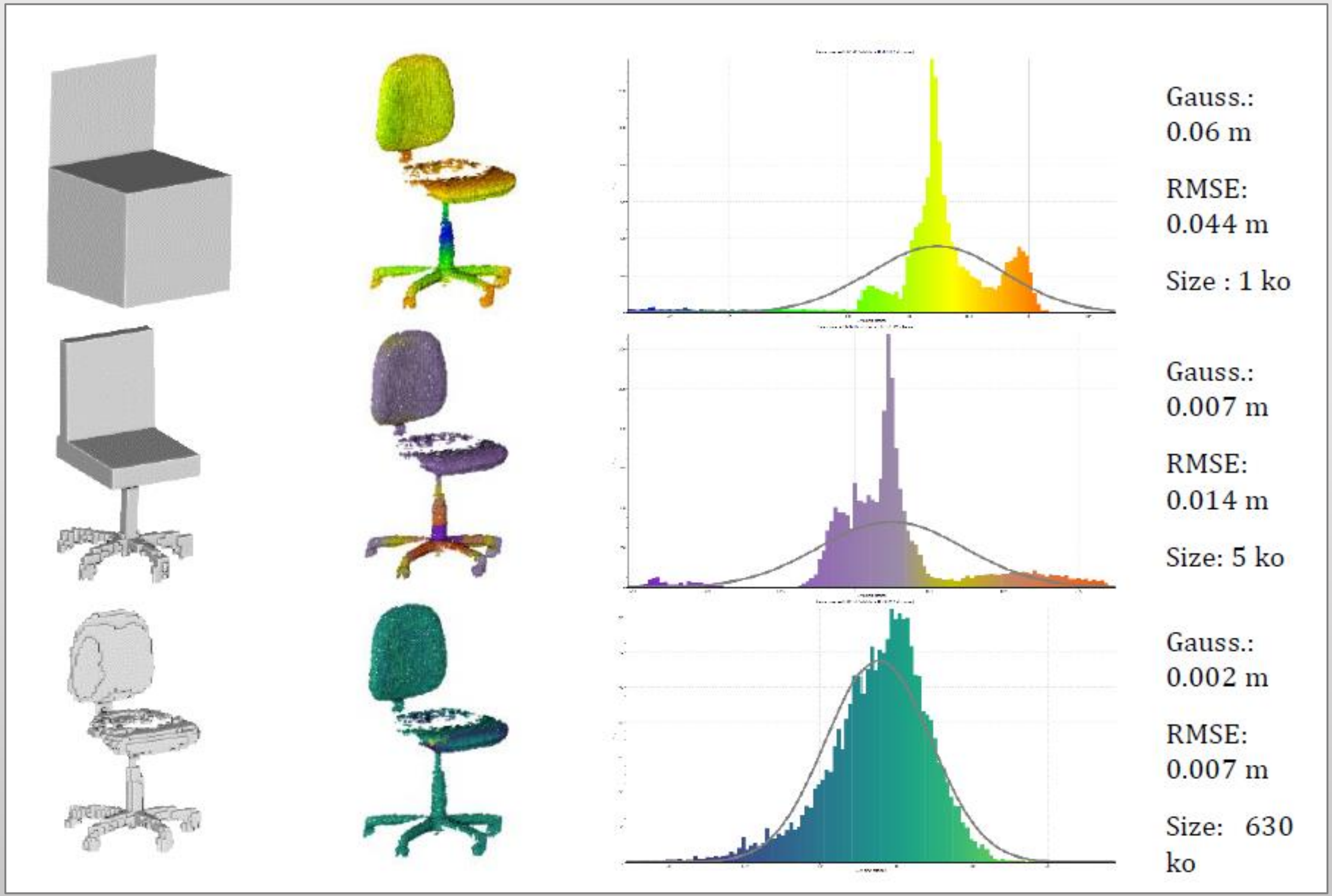
Geometrical feature	Description
$\overline{\mathcal{V}_{i_x}}, \overline{\mathcal{V}_{i_y}}, \overline{\mathcal{V}_{i_z}}$	Mean value of points in $\mathcal{V}_{i,j,k}$ respectively along $\overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z}$
${\sigma_{i_x}}^2, {\sigma_{i_y}}^2, {\sigma_{i_z}}^2$	Variance of points in voxel $\mathcal{V}_{i,j,k}$
$\mathcal{V}_{\mathcal{A}p}$	Area of points in $\mathcal{V}_{i,j,k}$ along $\overrightarrow{n_\mathcal{V}}$ ($\overrightarrow{v_3}$)
$\mathcal{V}_{\mathcal{A}}$	Area of points in $\mathcal{V}_{i,j,k}$ along $\overrightarrow{e_z}$
m	Number of points in $\mathcal{V}_{i,j,k}$
$V_\mathcal{V}$	Volume occupied by points in $\mathcal{V}_{i,j,k}$
$D_\mathcal{V}$	point density within voxel $\mathcal{V}_{i,j,k}$





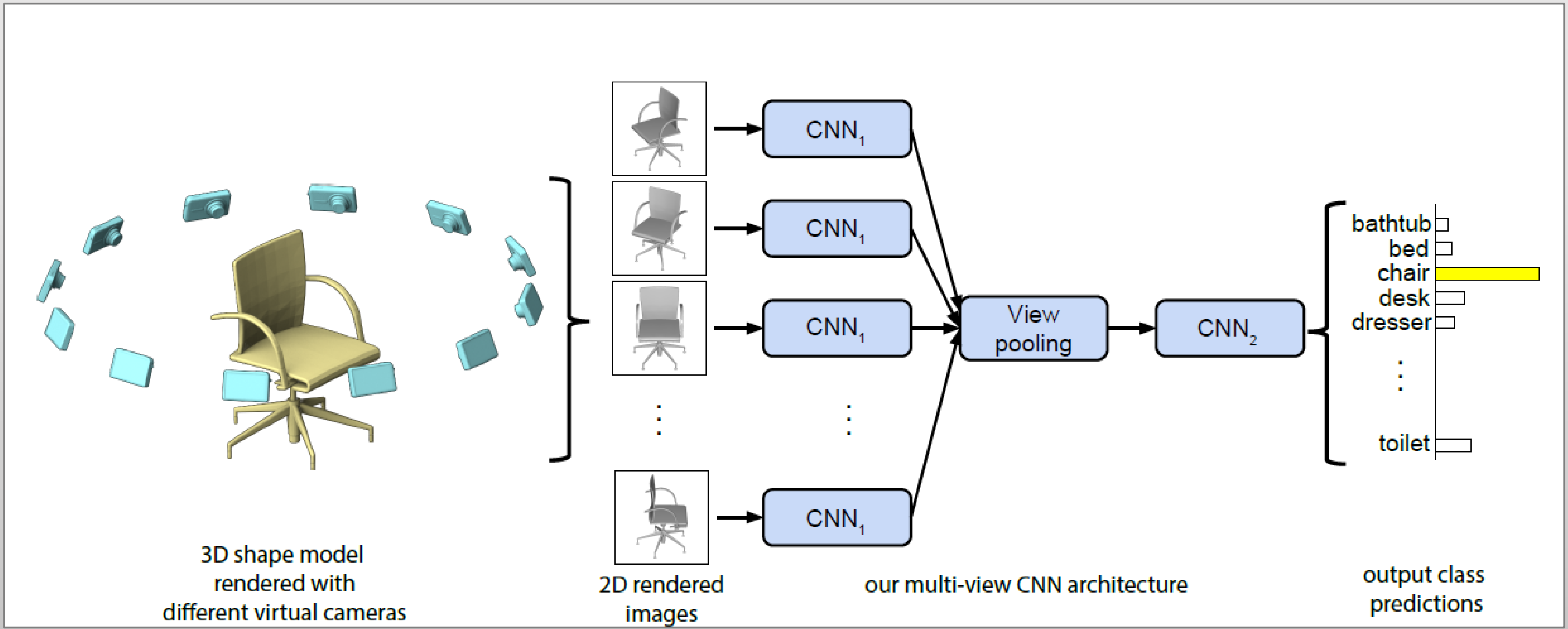
Osztályozás – lehetséges eszközei

- Deep Learning (DL)
  - CAD modellek alapján
  - ModelNet40 – dataset
    - 127.915 db modell
    - 662 kategória



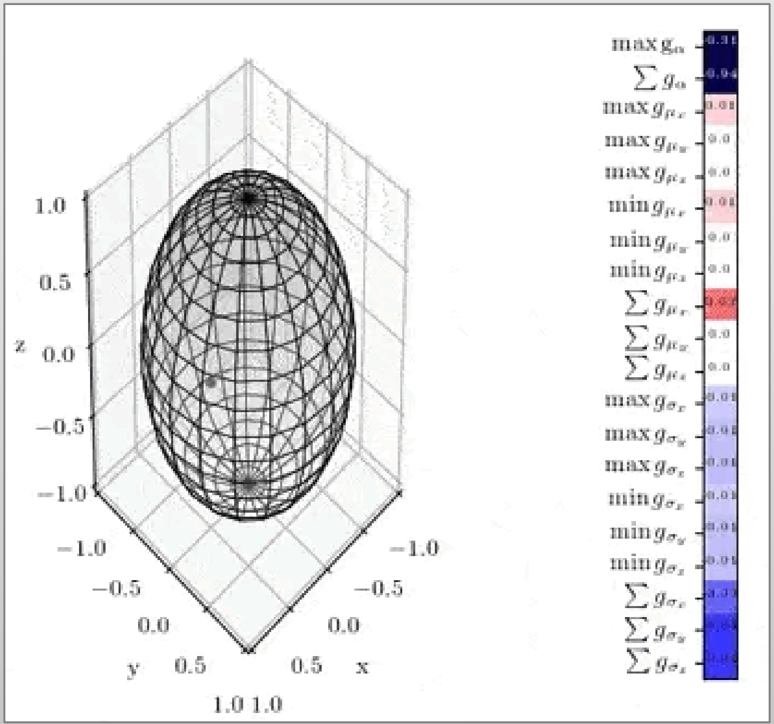
Osztályozás – lehetséges eszközei

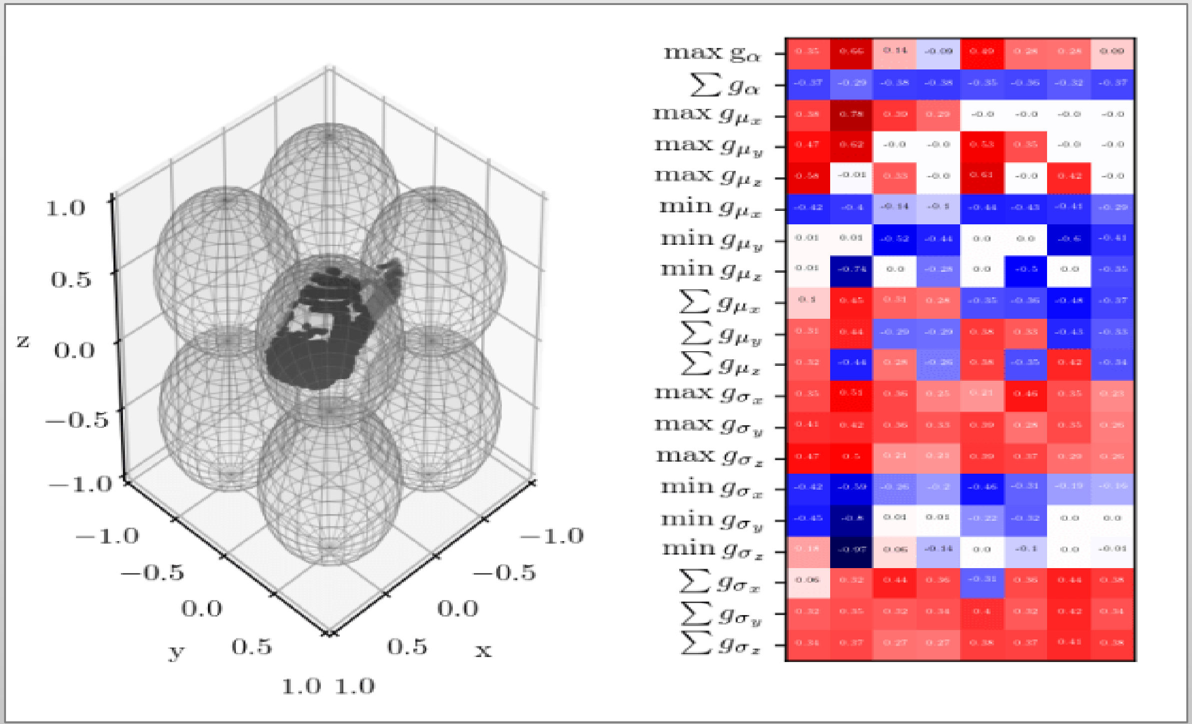
- Deep Learning (DL)
  - Multi-view CNN



Osztályozás – lehetséges eszközei

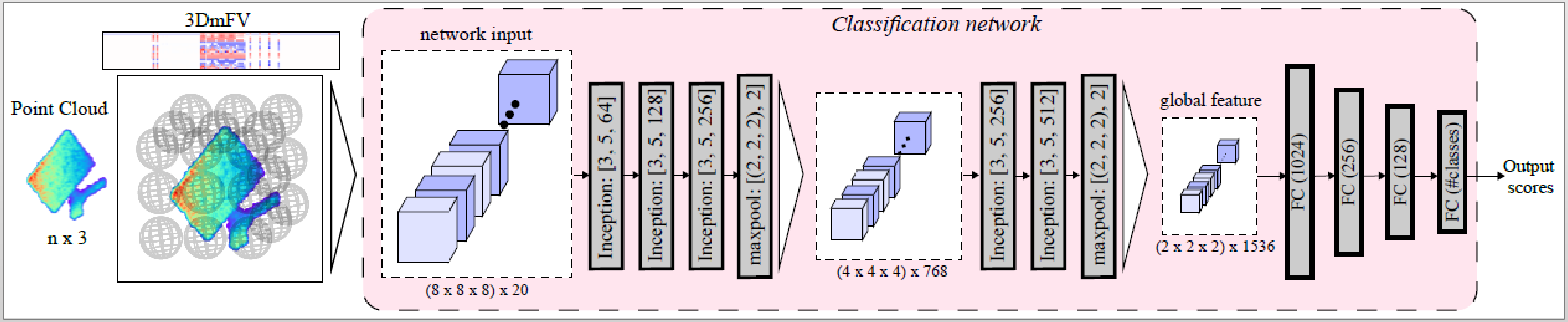
- Deep Learning (DL)
  - 3D modified Fisher vector (3DmFV)





Osztályozás – lehetséges eszközei

- Deep Learning (DL)
  - 3DmFV + CNN → osztályozás



Elérhető eszközök

- CloudCompare
  - Szegmentálás
    - Attribútum
    - Modell
  - CSF Plugin
- Python
  - Könyvtárak
    - NumPy
    - Open3D
    - PDAL
    - ...

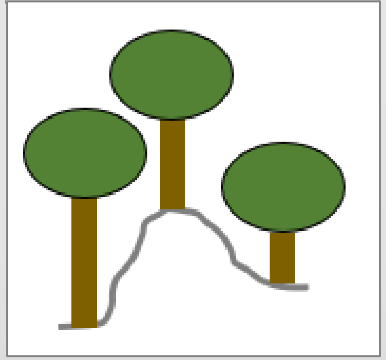

100

Pontfelhő előkészítés - nDSM

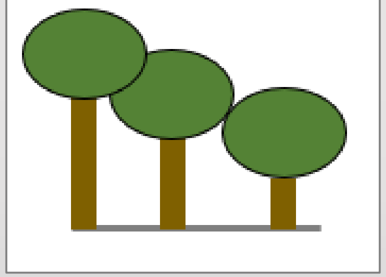
CSF plugin

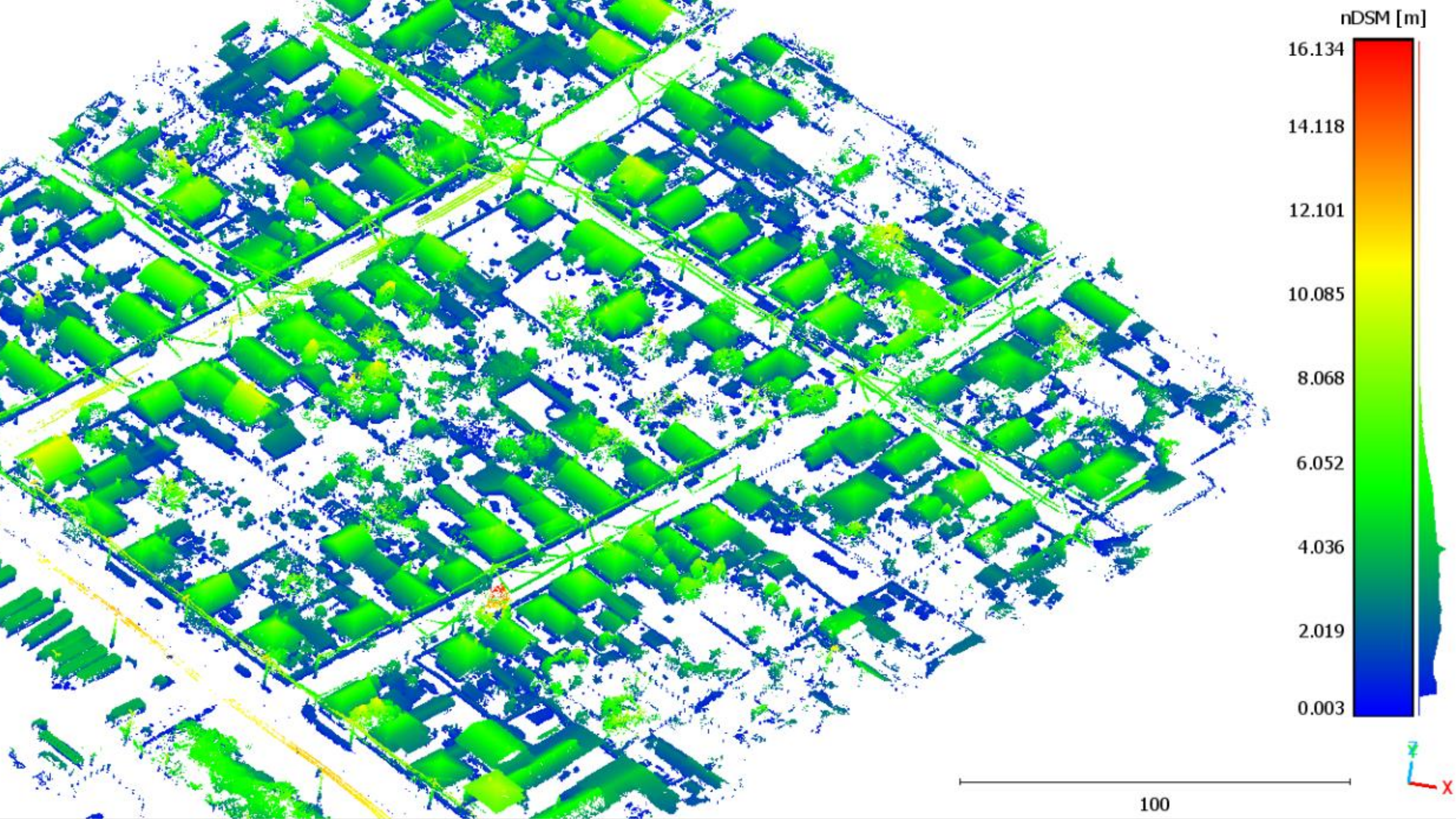
Pontfelhő → **Pontfelhő osztályozás** → **Egyéb pontok** → **Pontfelhő-felület távolság** → **nDSM**

Pontfelhő osztályozás → **Talaj pontok** → **Mesh generálás** → **Felület** → **Pontfelhő-felület távolság**



Normalizált




nDSM [m]
16.134
14.118
12.101
10.085
8.068
6.052
4.036
2.019
0.003
Z
X
100

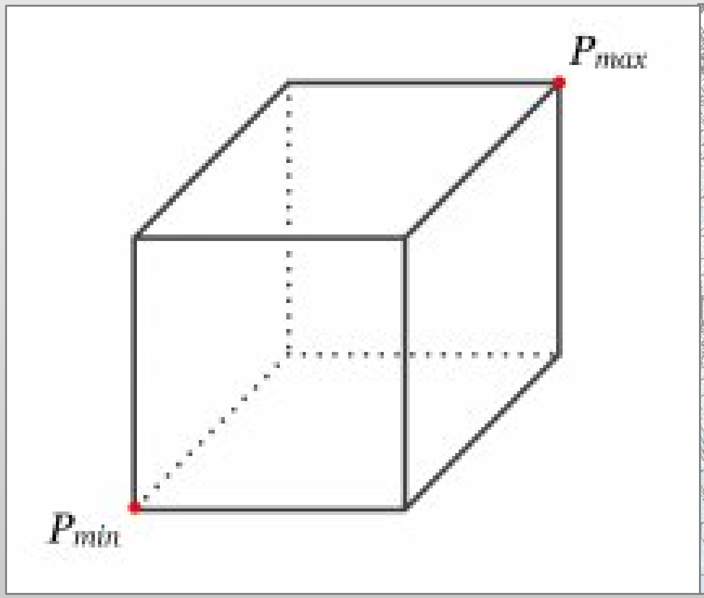
Pontfelhő feldolgozás

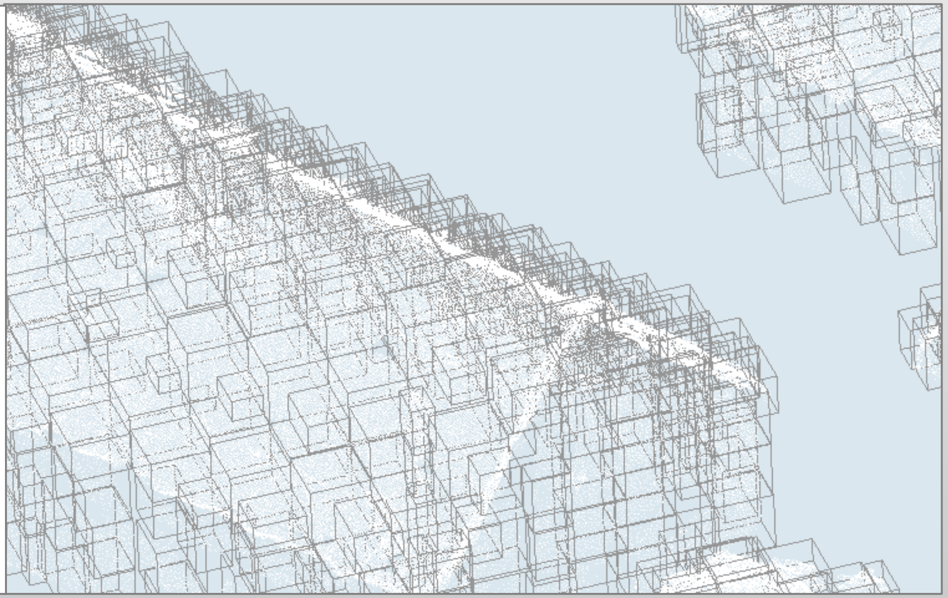
- Szegmentálás magasság alapján

Pontfelhő feldolgozás

nDSM (2.5 m - …) → **Pontok indexelése voxel mérettel** → **Indexek** → …

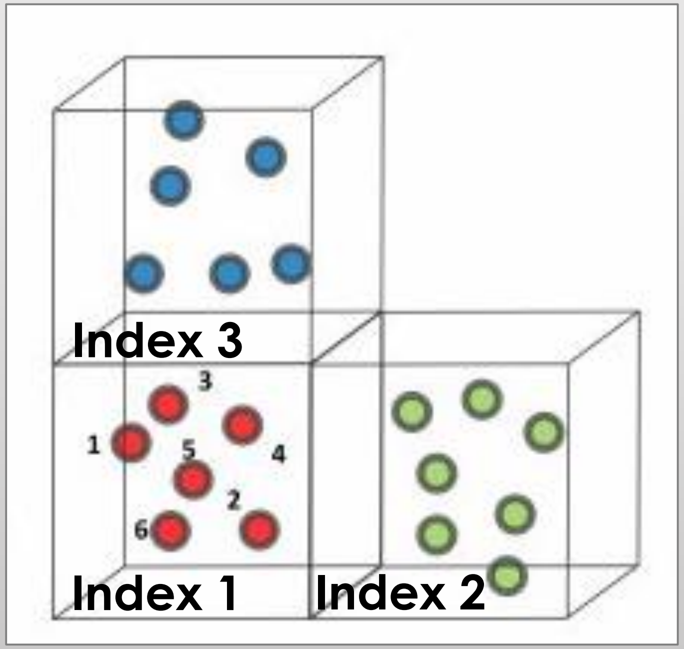
Paraméterek:
- Pontfelhő
- Voxel méret
- RANSAC min. pontok száma
- RANSAC síktól való max. eltérés
- RANSAC sík meghatározásához szükséges véletlen pontok száma
- RANSAC iterációk száma
- Függőlegessel bezárt szögek
- Arány
- RANSAC síkok száma a voxelben

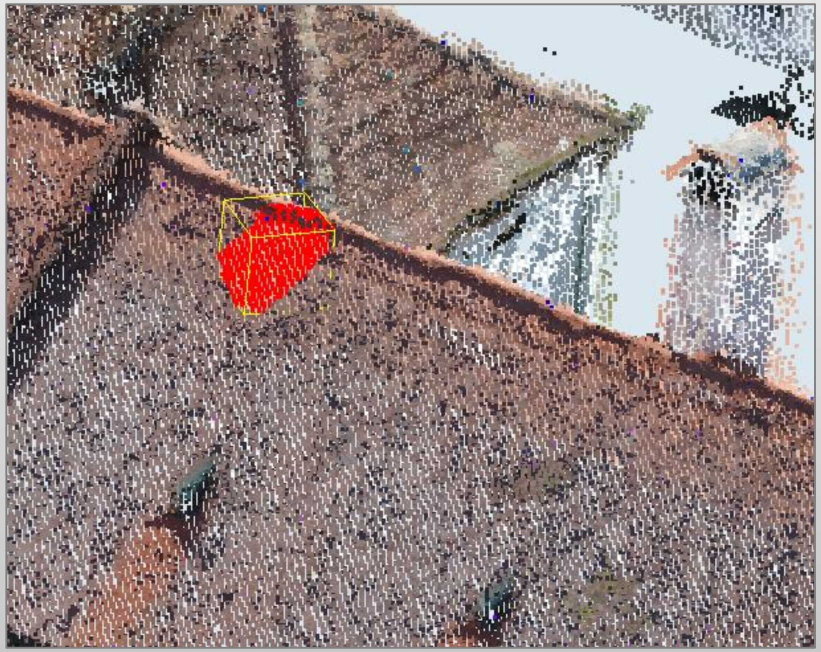


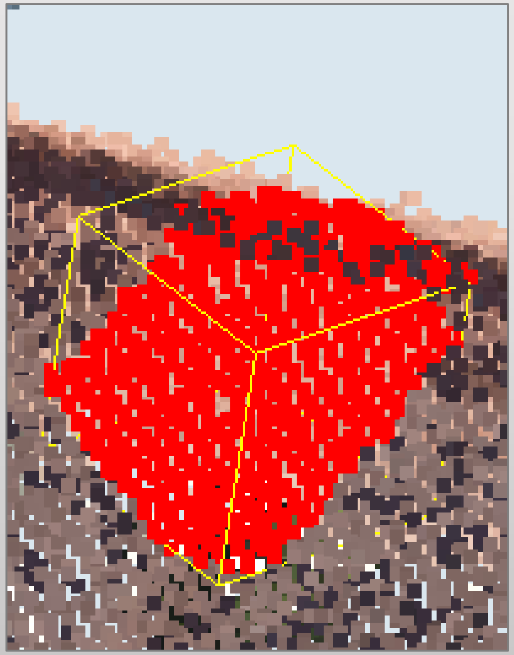


Pontfelhő feldolgozás

… → Indexek → **Voxelhez tartozó pontok megadása** → Pontfelhő darab → …

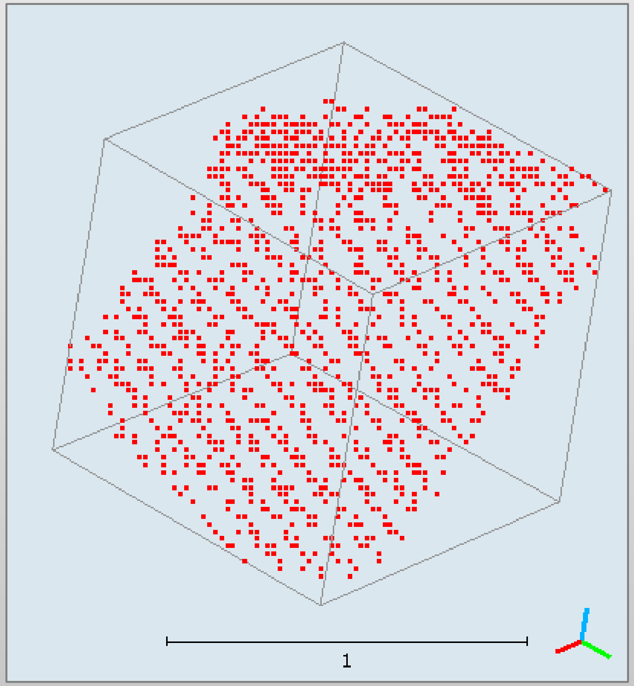


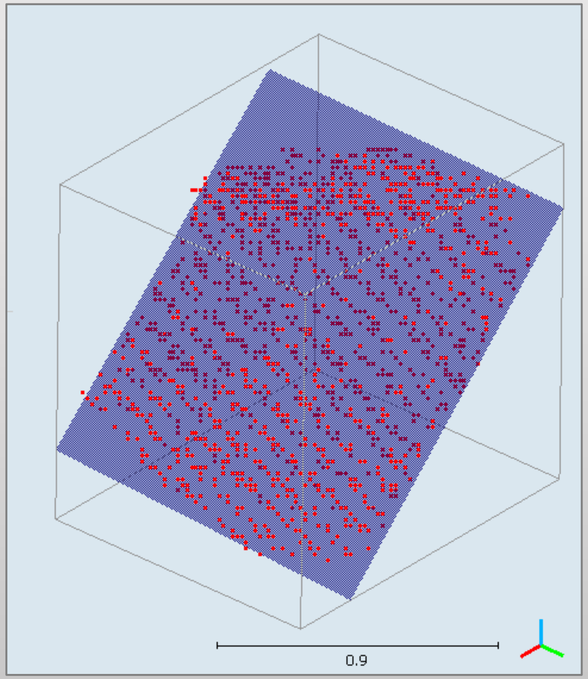


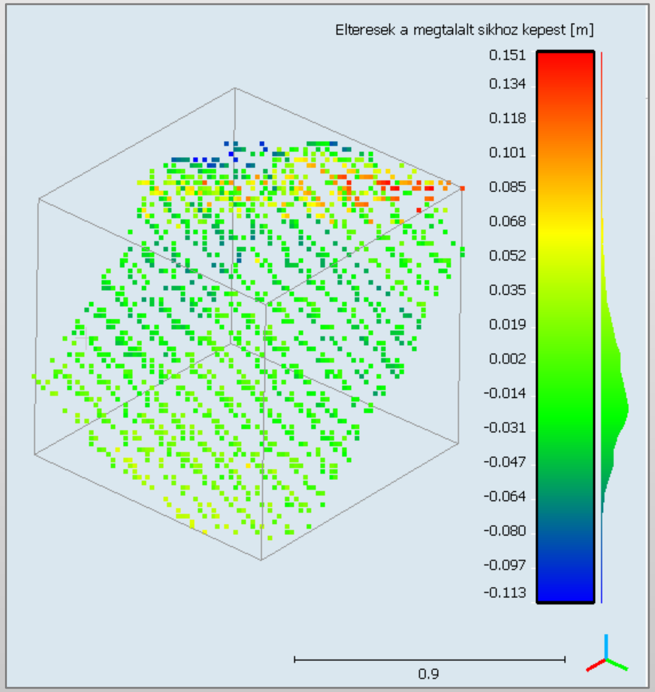


Pontfelhő feldolgozás

… → Pontfelhő darab → **Voxelen belül sorozatos RANSAC sík(ok)** → „Legjobban” síkra illeszkedő pontok (szegmensek) → …

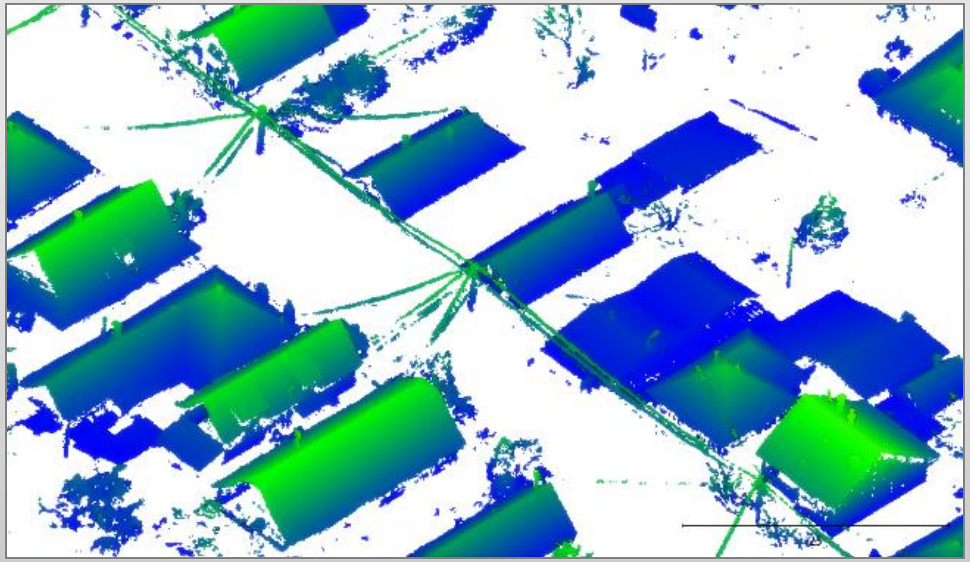


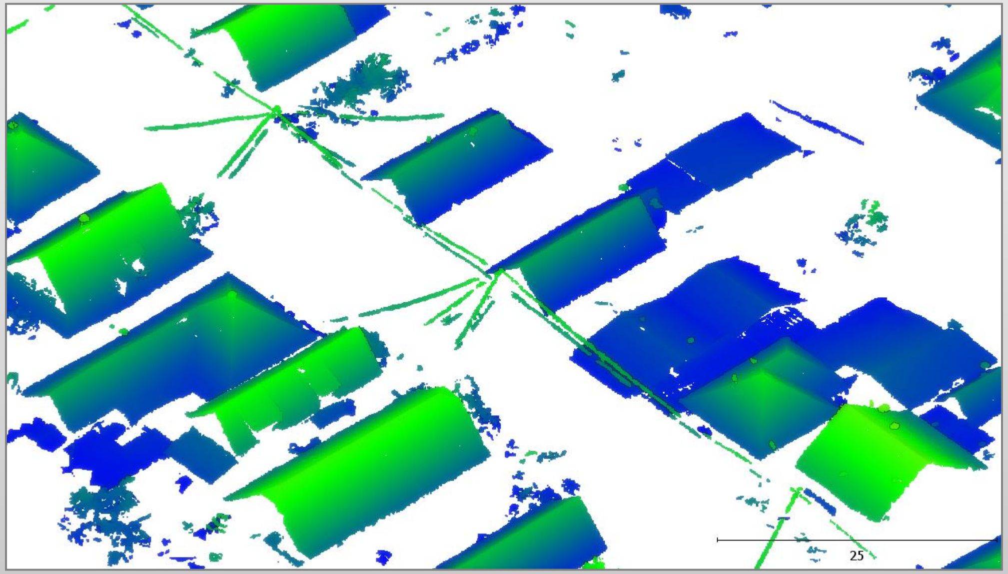




Pontfelhő feldolgozás

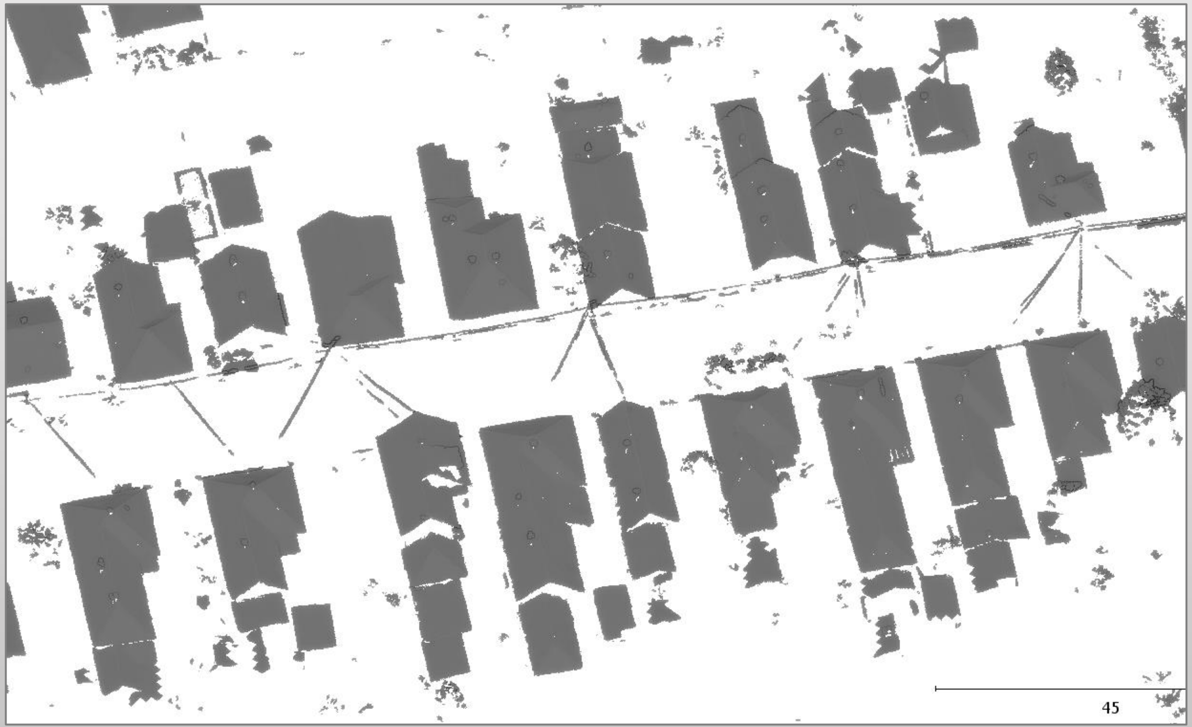
… → **Szegmensek** → **Szűrés a normálisok iránya alapján** → **Tető pontok + zaj** → …

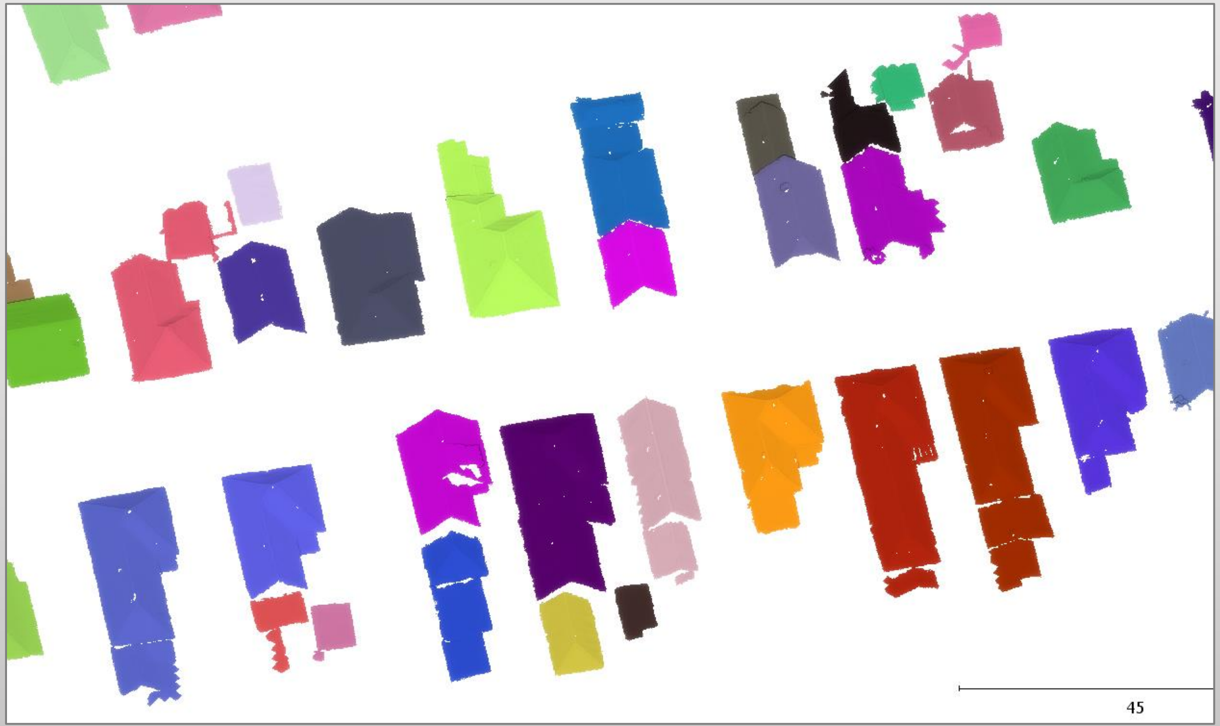




Pontfelhő feldolgozás

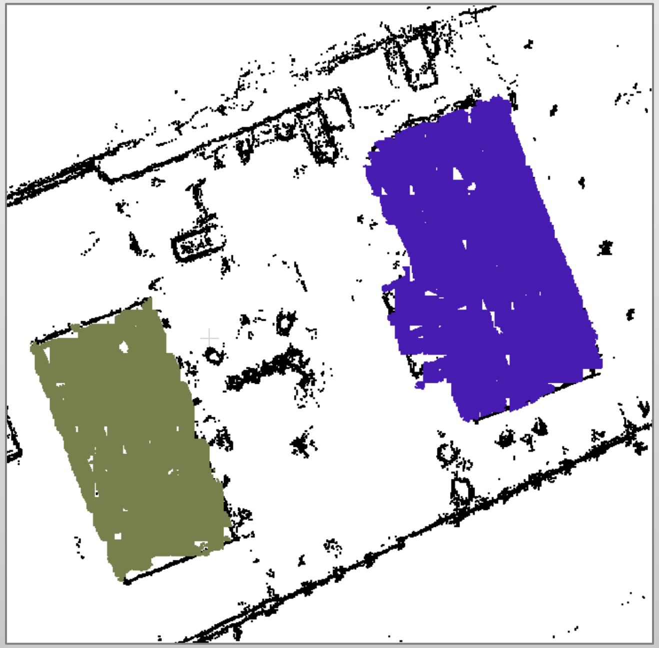
… → Tető pontok + zaj → **Klaszterezés (DBSCAN)** → Elkülönített tetőpontok → …

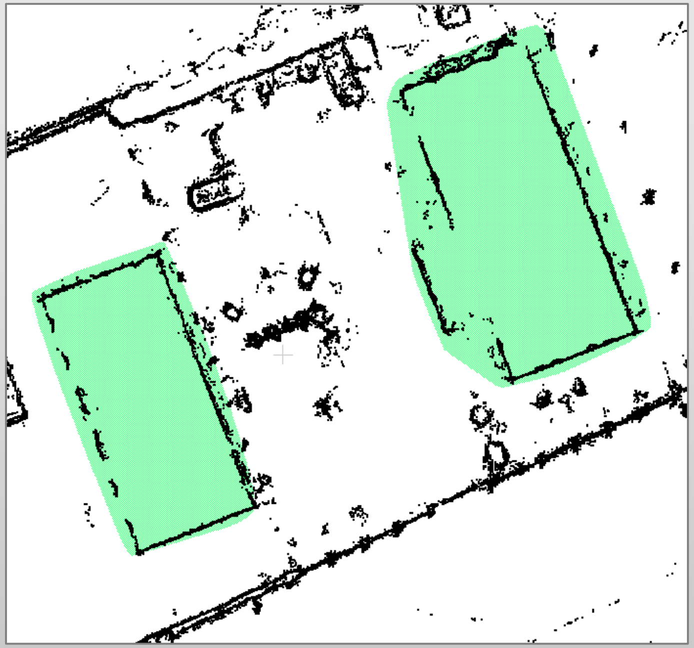




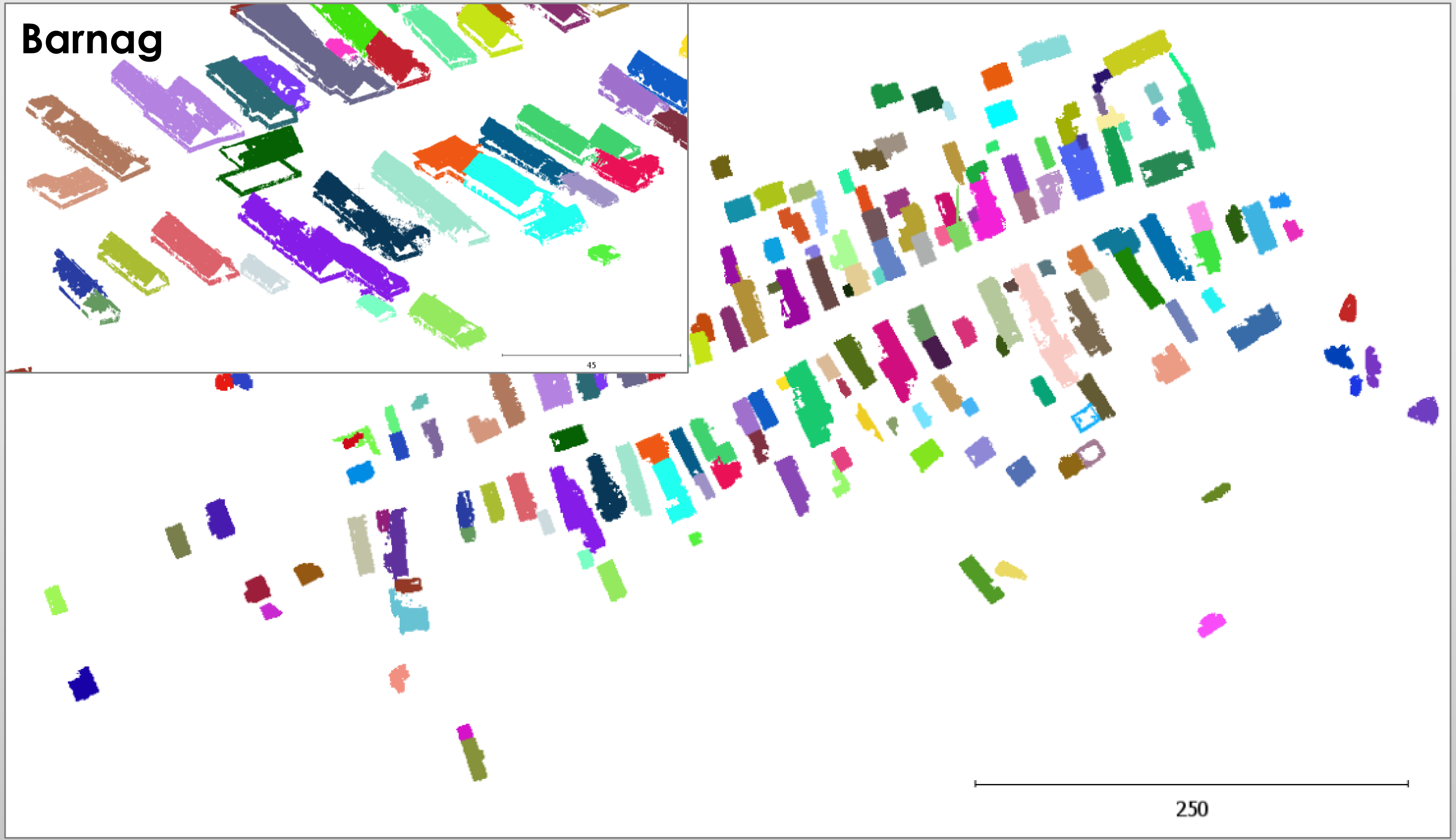
Pontfelhő feldolgozás

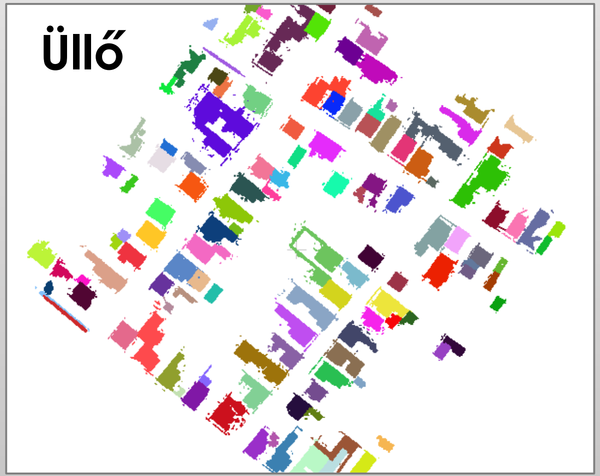
… → Elkülönített tetőpontok → **Befoglaló poligon** → Építmények





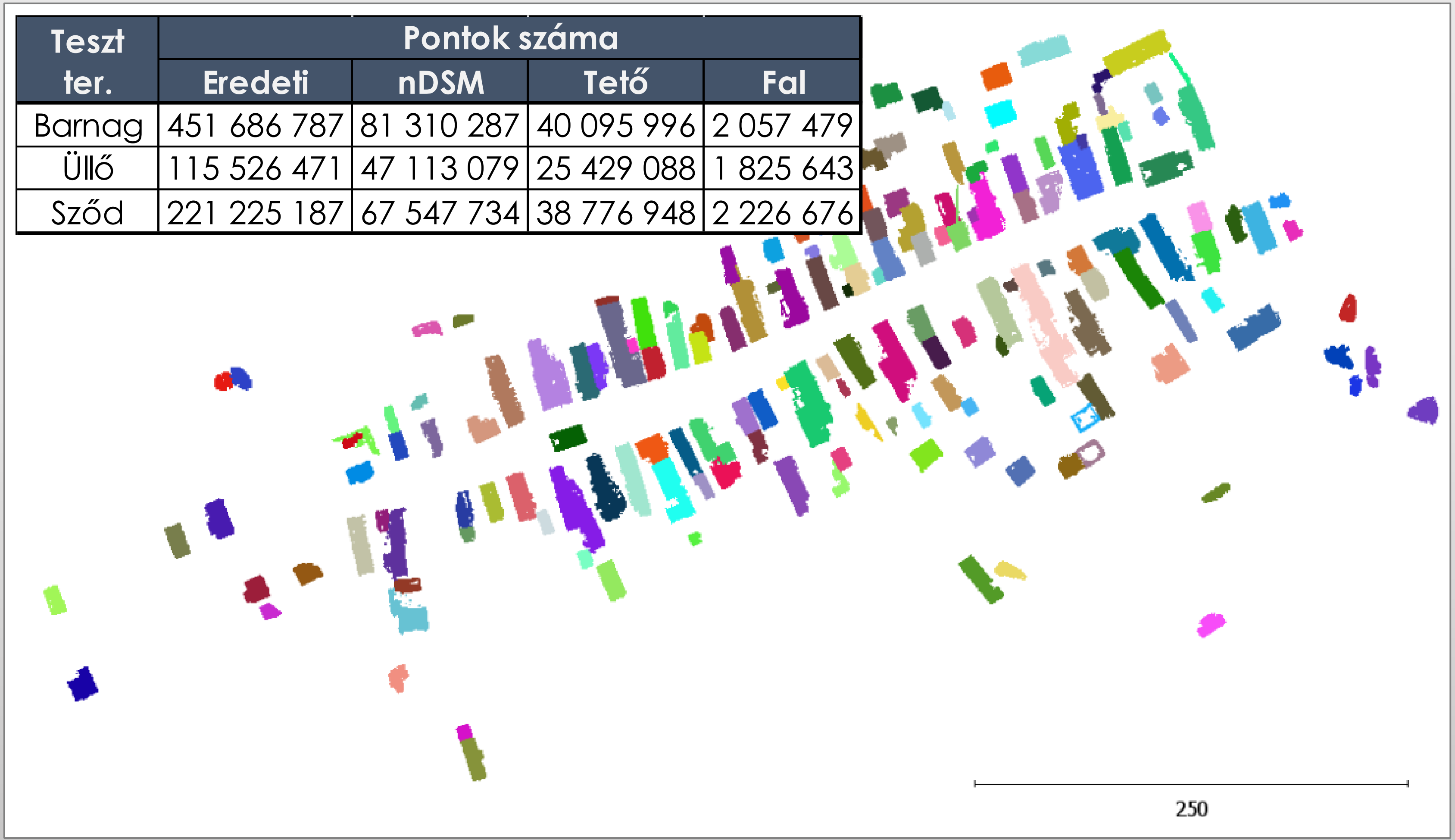
Pontfelhő feldolgozás eredménye

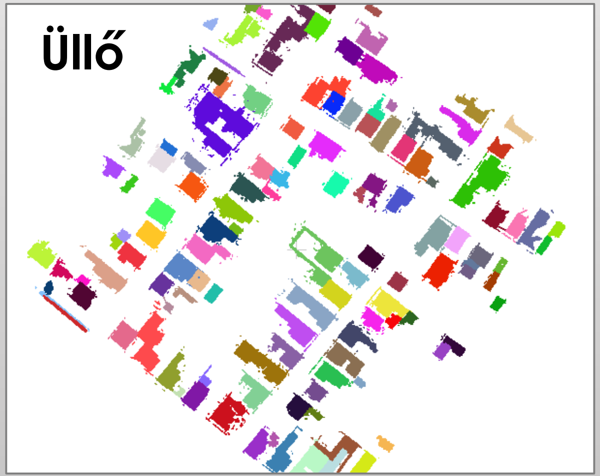




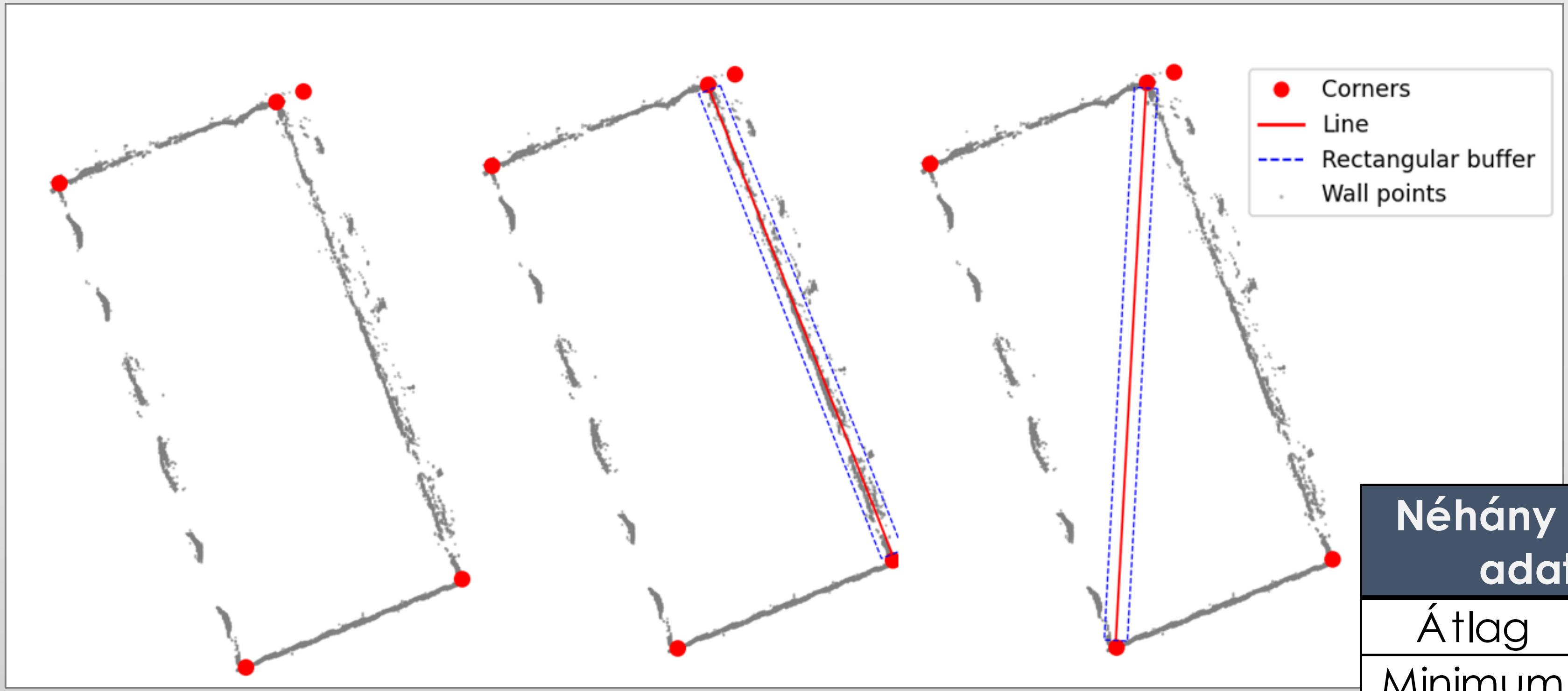
Pontfelhő feldolgozás eredménye

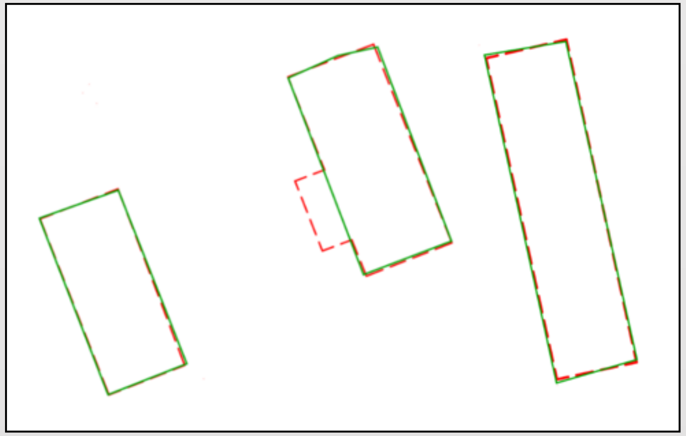
Teszt ter.	Pontok száma			
	Eredeti	nDSM	Tető	Fal
Barnag	451 686 787	81 310 287	40 095 996	2 057 479
Üllő	115 526 471	47 113 079	25 429 088	1 825 643
Sződ	221 225 187	67 547 734	38 776 948	2 226 676

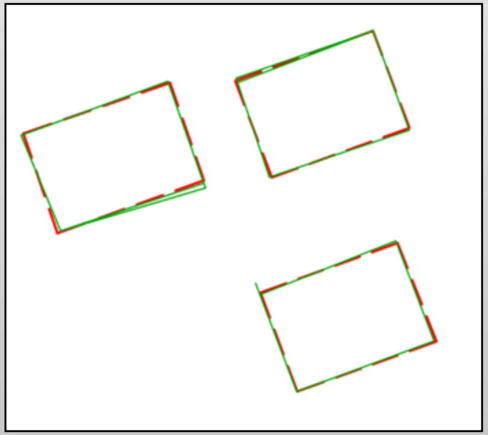




Épület detektálás és térképezés



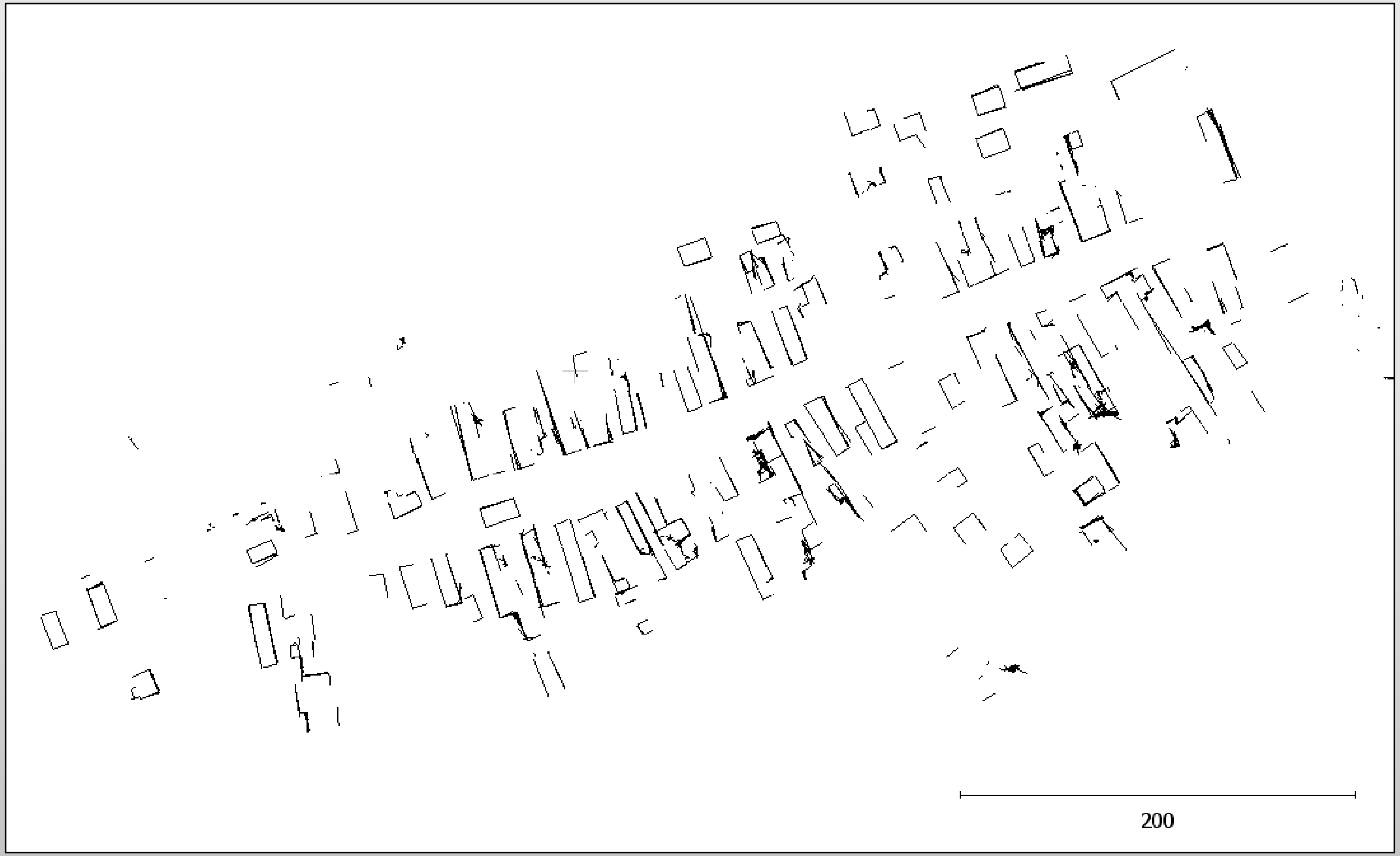




Néhány statisztikai adat [cm]	
Átlag	22
Minimum	4
Maximum	48
Medián	21
Szórás	11

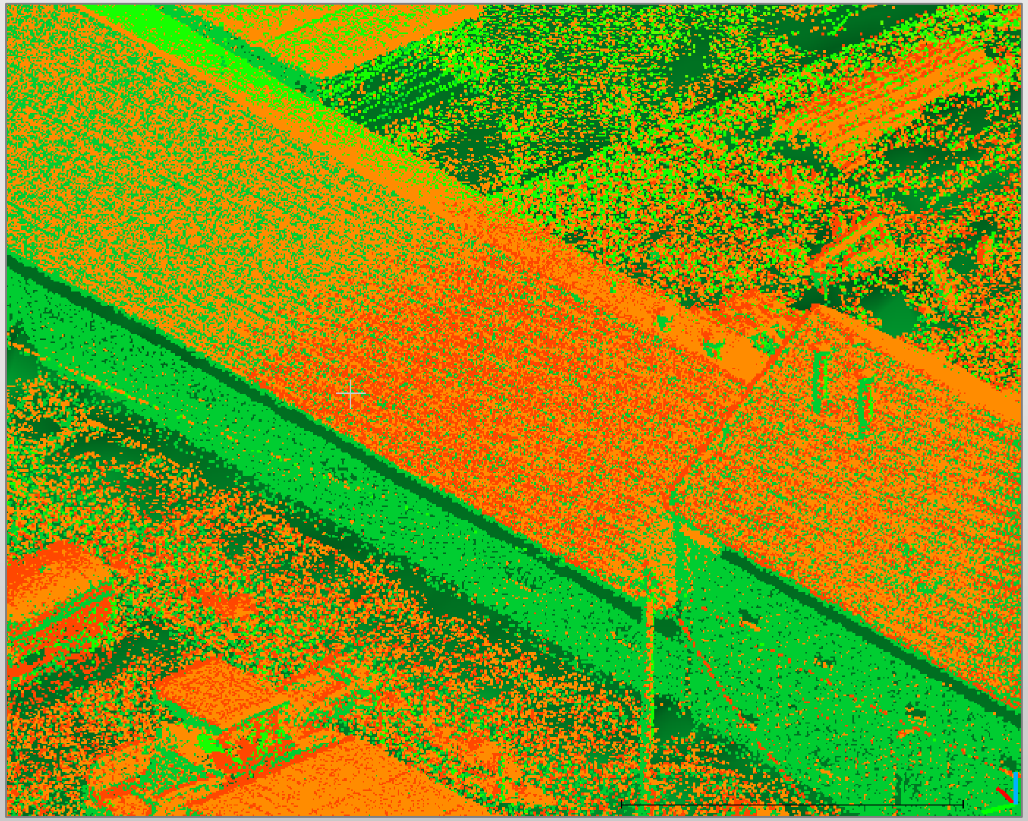
Fejlesztési irányok

- Térképezés



Fejlesztési irányok

- Fotogrammetria vs. LiDAR

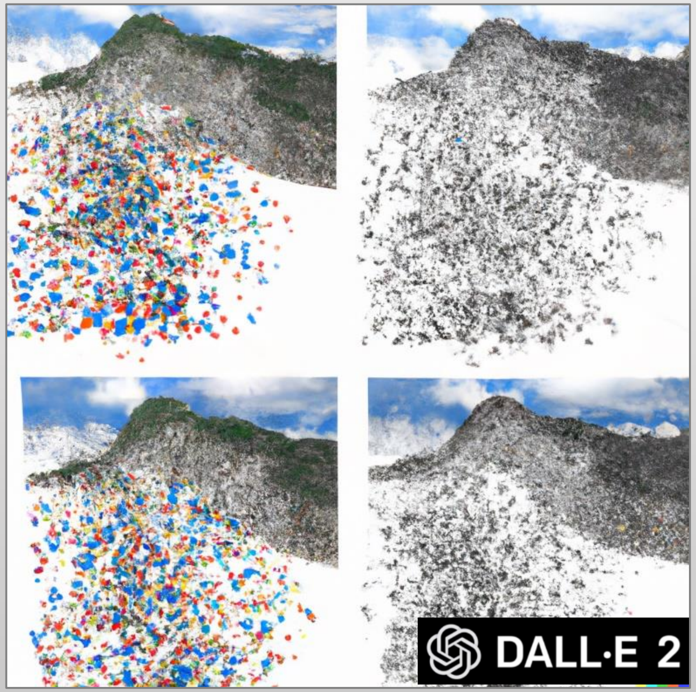


Fejlesztési irányok

- Deep Learning
  - Ortofotó?

Fejlesztési irányok

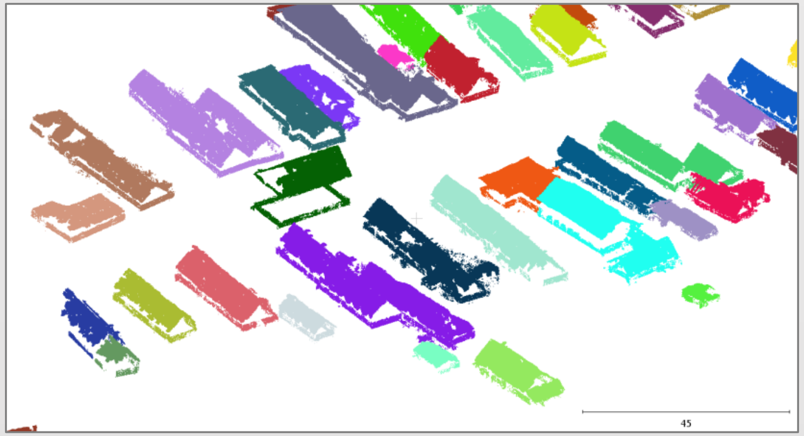
- Deep Learning
  - Pontfelhő osztályozás?

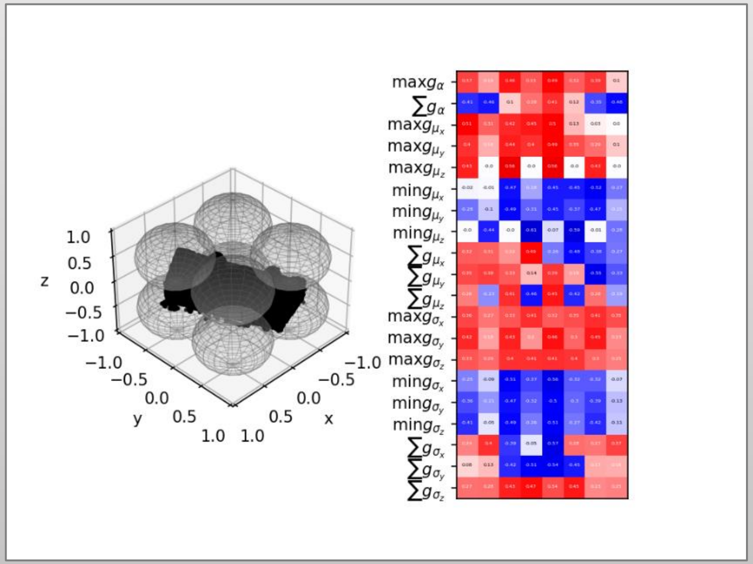


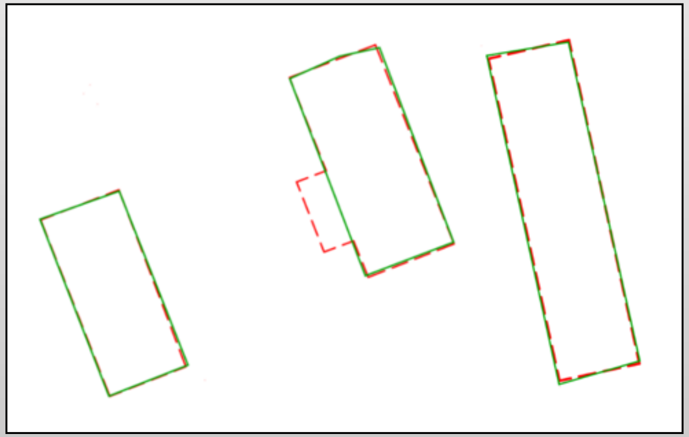
Összegzés

- Eszközök
- Épület szegmentálás
- Eredmények
- További lehetőségek

https://github.com/zsiki/pc_utils








Köszönöm a figyelmet!

Felhasznált szakirodalom

Awange, J. - Paláncz, B. – Völgyesi, L. 2020. Hybrid Imaging and Visualization. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26153-5

Ben-Shabat, Y. - Lindenbaum, M. - Fischer, A. 2018. 3DmFV: Three-Dimensional Point Cloud Classification in Real-Time Using Convolutional Neural Networks," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3, no. 4, pp. 3145-3152, Oct. 2018. http://dx.doi.org/10.1109/LRA.2018.2850061

Chang, T. 2020. Utilizing 3D scans for Labelling and Visual Recognition. *University of Canterbury COSC470 Research Project Report.*

CloudCompare 2022. CloudCompare (version 2.12.beta) [GPL software]. (2022). Retrieved from http://www.cloudcompare.org/

Grilli, E. – Menna, F. – Remondino, F. 2017. A preview of point clouds segmentation and classification algorithms. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3, 2017 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 1–3 March 2017, Nafplio, Greece.* https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-339-2017

Honti, R. – Erdélyi, J. – Kopacik, A. 2018. Plane Segmentation from Point Clouds. *Pollack Periodica 13(2):159-171. August 2018.*https://doi.org/10.1556/606.2018.13.2.16

Li, M., Rottensteiner, F., Heipke, C. 2019. Modelling of buildings from aerial LiDAR point clouds using TINs and label maps. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 154, 2019, Pages 127-138, ISSN 0924-2716,* https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.06.003

Felhasznált szakirodalom

Liu, S. – Zhang, M. – Kadam, P. - Jay Kuo, C. C. 2021. 3D Point Cloud Analysis. Traditional, Deep Learning, and Explainable Machine Learning Methods. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89180-0

Nguyen, A. – Le, B. 2013. 3D Point Cloud Segmentation: A survey. *Conference: 2013 6th International Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM) (2013)* https://www.researchgate.net/publication/269035150_3D_point_cloud_segmentation_A_survey Utolsó elérés: 2022. november. 1.

Poux, F. 2019. The Smart Point Cloud: Structuring 3D intelligent point data. *Thesis for: Doctor of Sciences* http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.20457.75367

Rusu, R. B., S. Cousins, S. 2011. 3D is here: Point Cloud Library (PCL). *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011, pp. 1-4.* 10.1109/ICRA.2011.5980567

Wang, J., Lindenbergh, R., Menenti, M. 2015. EVALUATING VOXEL ENABLED SCALABLE INTERSECTION OF LARGE POINT CLOUDS. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-3/W5, 25–31, 2015.* https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-W5-25-2015 *(Utolsó elérés: 2022. november 1.)*

Zhang W, Qi J, Wan P, Wang H, Xie D, Wang X, Yan G. 2016. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. Remote Sensing. *2016; 8(6):501. https://doi.org/10.3390/rs8060501*

Zhou, Q.Y., Park, J., Koltun, V. 2018. Open3D: A Modern Library for 3D Data Processing. *https://arxiv.org/abs/1801.09847*

Egyéb felhasznált anyagok

- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271619300553
- https://www.researchgate.net/publication/283186365_EVALUATING_VOXEL_ENABLED_SCALABLE_INTERSECTION_OF_LARGE_POINT_CLOUDS/figures?lo=1
- https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/tgis.12094
- https://leomariga.github.io/pyRANSAC-3D/
- https://medium.com/analytics-vidhya/cluster-analysis-with-dbscan-density-based-spatial-clustering-of-applications-with-noise-6ade1ec23555
- https://github.com/MasterSkepticista/Rooftop-Instance-Segmentation
- https://geoalert.medium.com/new-aero-uav-buildings-model-on-mapflow-ai-6d21a0df9af7
- https://towardsdatascience.com/how-to-voxelize-meshes-and-point-clouds-in-python-ca94d403f81d