
A vegetáció változásdetektálása LiDAR adatok alapján

FEKETE ANETT, CSERÉP MÁTÉ

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM, INFORMATIKAI KAR

2021. NOVEMBER 26.



Motiváció

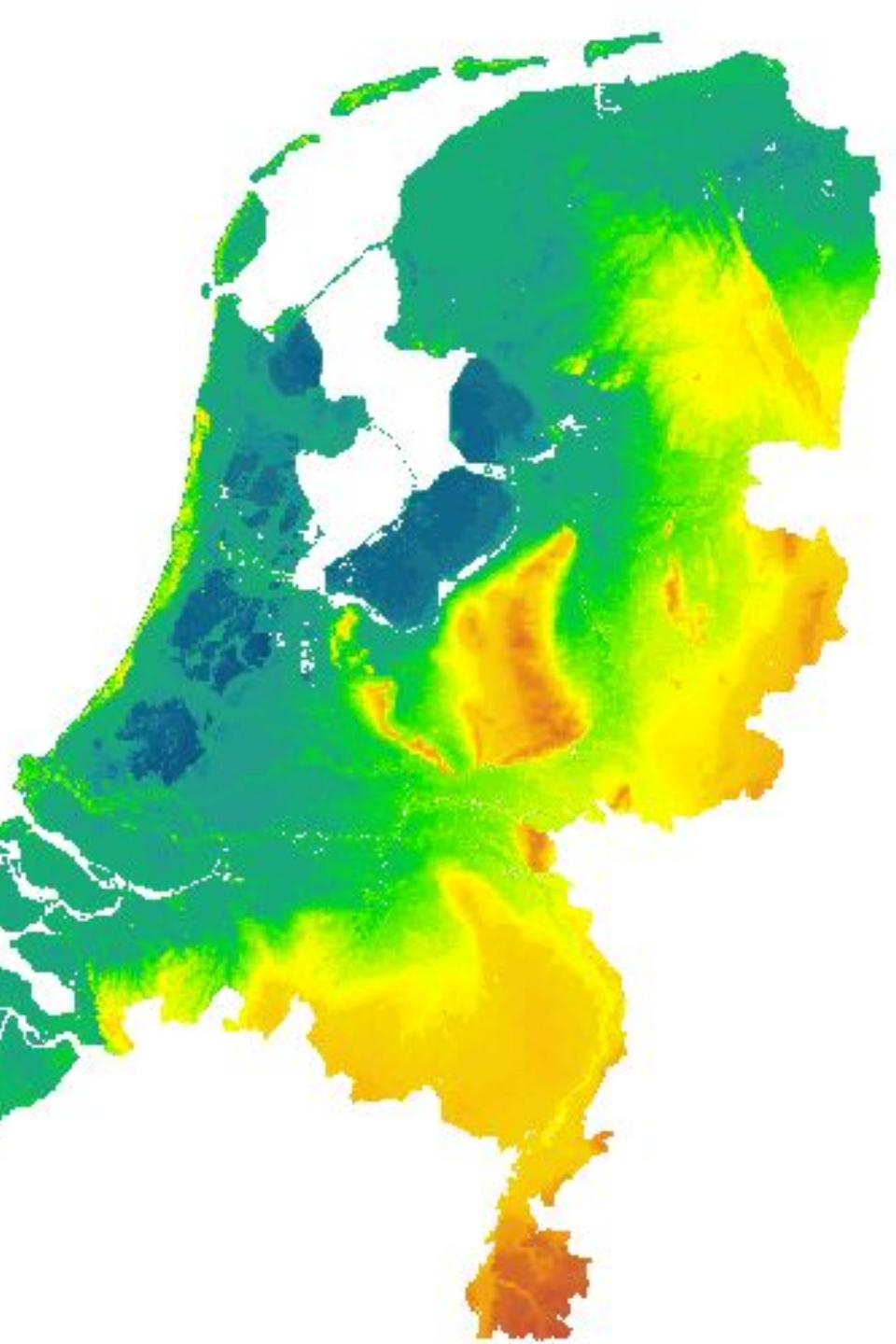
- Osztályozás a felszínborítás alapján, a vegetáció detektálása
- A vegetáció, speciálisan a fák változásának analízise városi környezeten belül
- A vegetáció változáselemzése jól hasznosítható a várostervezés folyamataiban
- A vegetáció megőrzése és bővítése elengedhetetlen a környezetvédelem szempontjából



Kutatási célok

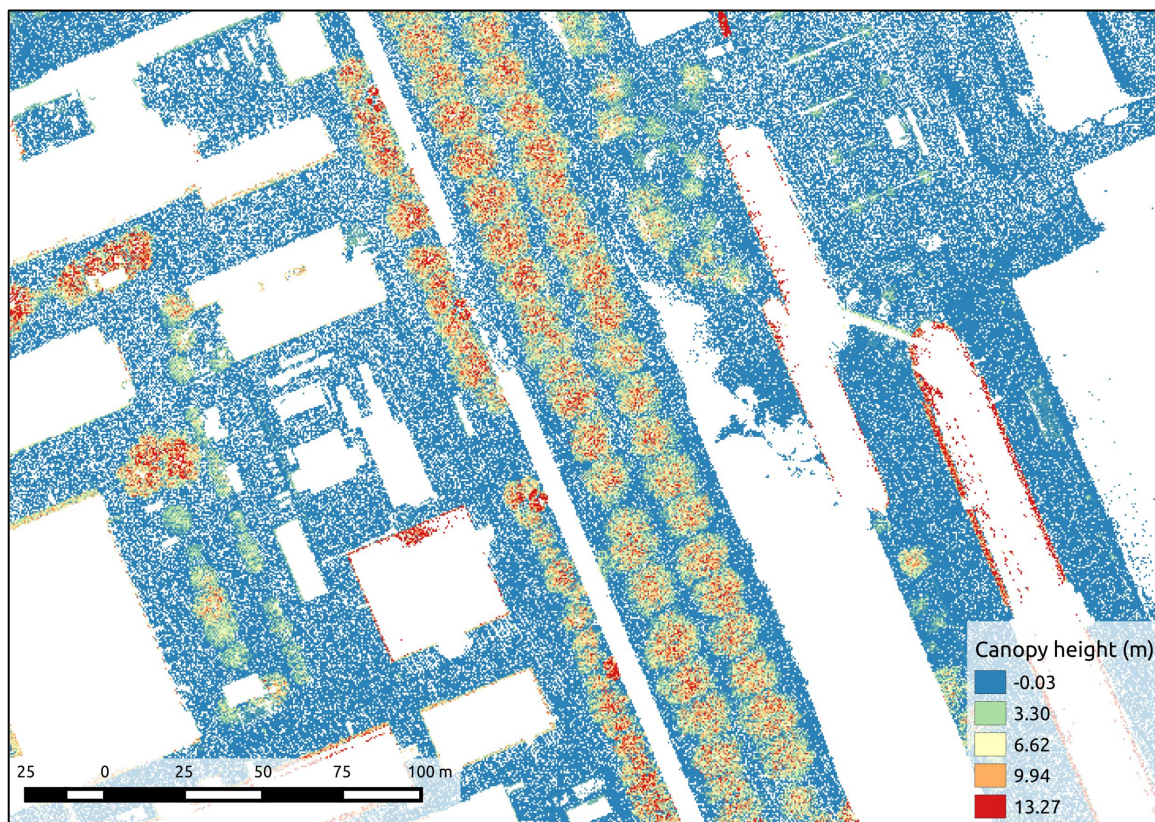
- Fák számának automatizált detektálása a két vizsgált időpillanatban
- A fák változásainak számszerűsített mérése
- Fák párba állítása, a csak az első vagy csak a második méréskor jelenlévő fák detektálása
- Fák magasságváltozása két mérés között
- Lombkoronák térfogatának változása (biomassza változása)





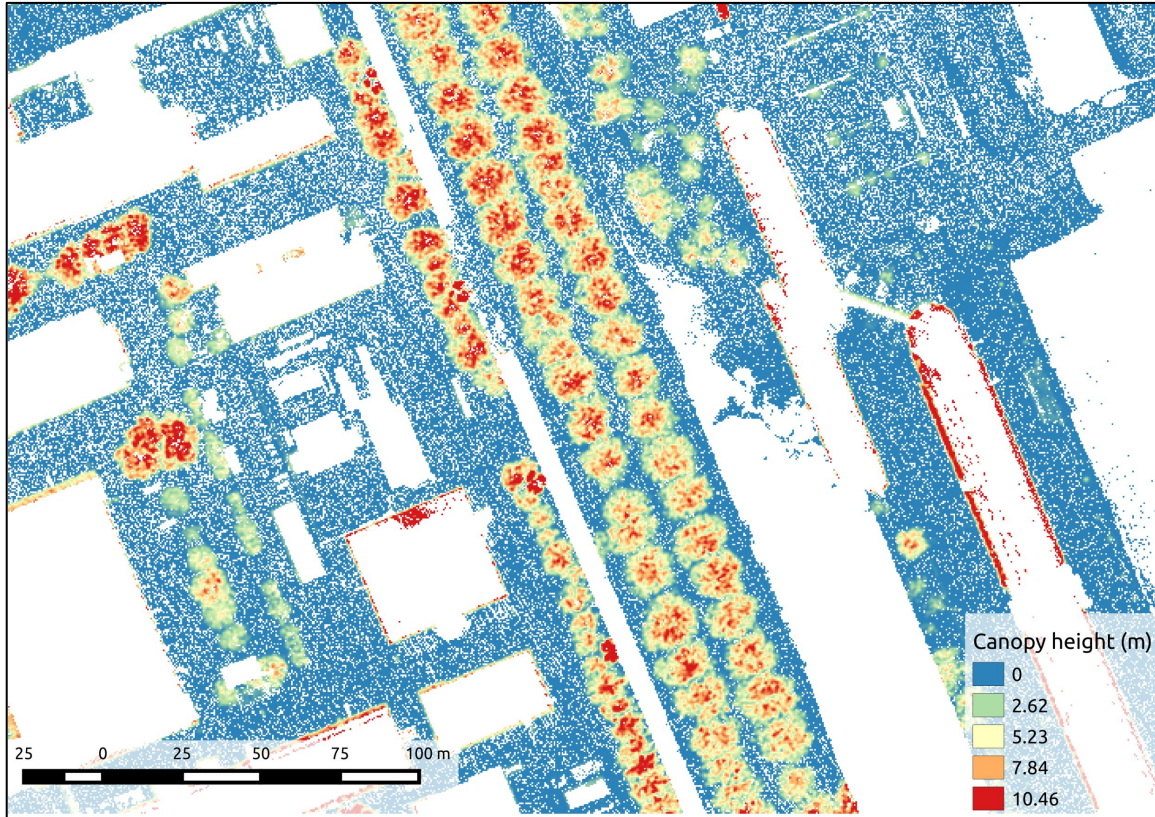
Adathalmazok

- **AHN** (*Actueel Hoogtebestand Nederland*) pontfelhő
 - 1372, Hollandiát lefedő csempe
 - Előfeldolgozott raszteres fájlok használata a futási idő csökkentése érdekében
 - 3 különböző mérés:
 - AHN-1: 1996 – 2003
 - AHN-2: 2007 – 2012
 - AHN-3: 2014 – 2019
- **Estonian Elevation Dataset**
 - Észtországot lefedő pontfelhő
 - Előfeldolgozott DEM-ek generálása *CloudCompare* segítségével
 - A mérések 2017 és 2020 között történtek, nagyobb városokat lefedve



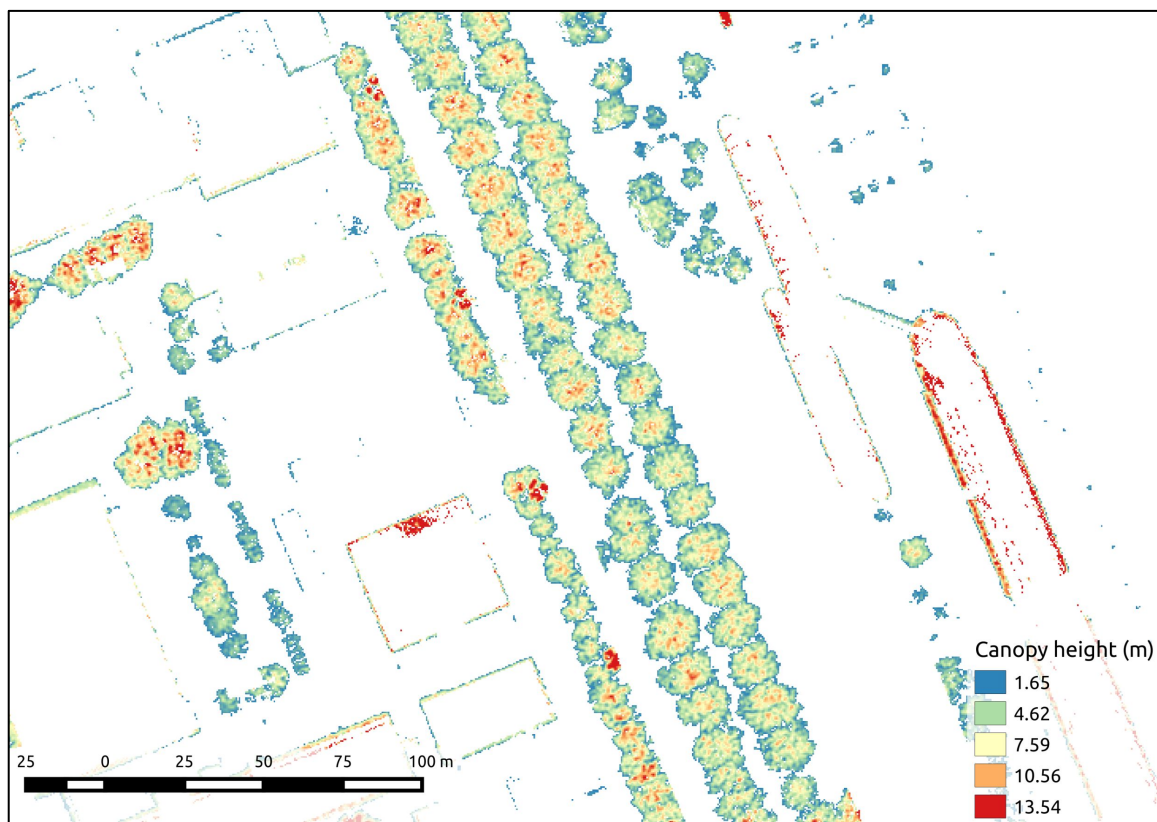
Algoritmus – lombkorona magassági modell (CHM)

- Az egy időpillanatban készült pontfelhőkből előállított DSM és DTM különbségeként áll elő
- A lombkoronák pontjain kívül más felszíni objektumok pontjait is tartalmazza
- A cél a lombkoronák pontjainak klaszterezése



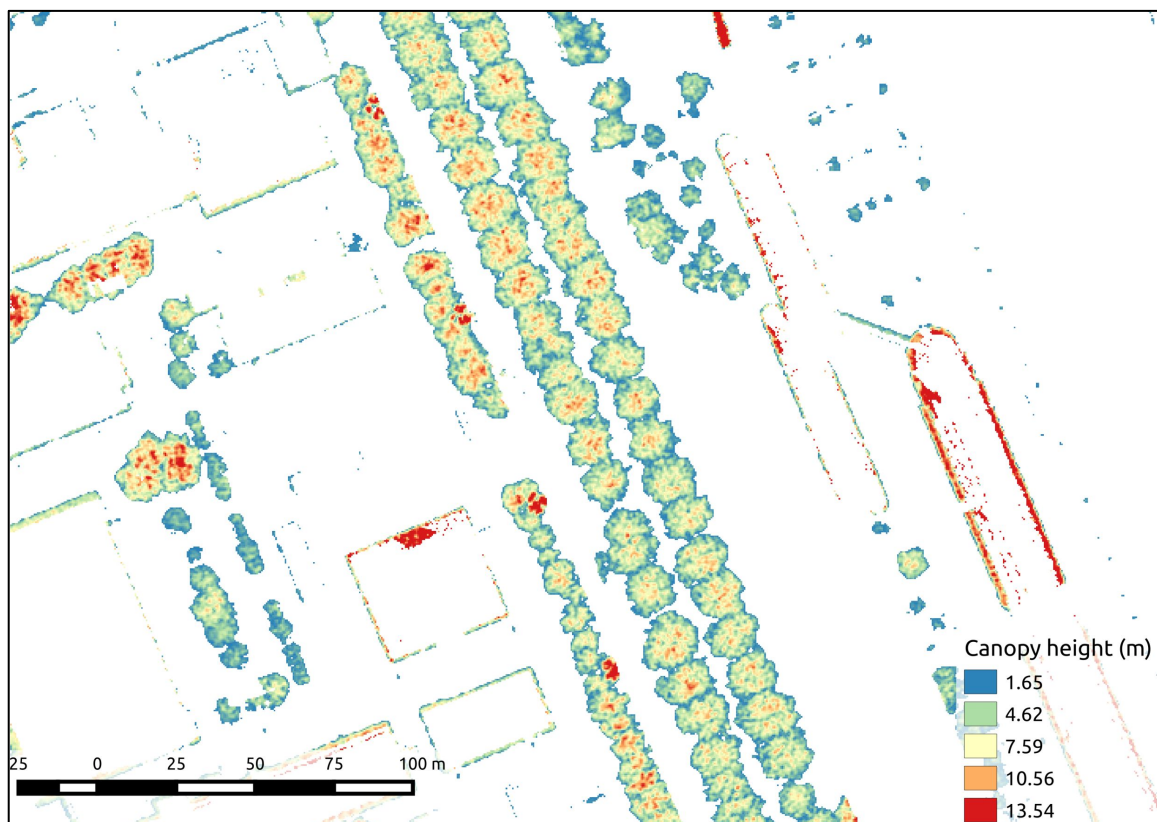
Algoritmus – konvolúciós szűrés

- A klaszterezéshez szükség van a fák csúcsaira, mint kiindulási pontokra
- A fák szabálytalan lombbal rendelkeznek, több lokális maximummal
- Egy konvolúciós mátrixszal elmosást végezve csökkentjük a lokális maximumok számát



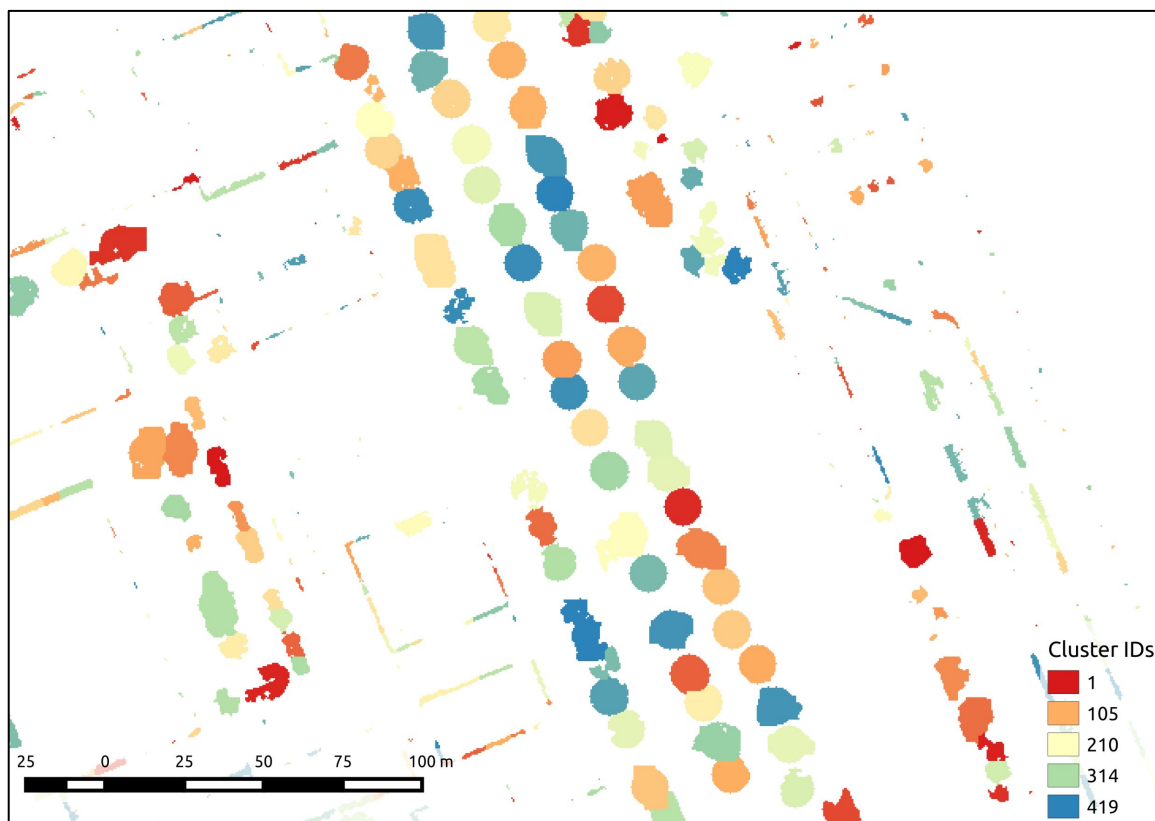
Algoritmus – alacsony pontok törlése

- A lombkorona magassági modell nem csak a fák pontjait tartalmazza
- A legtöbb egyéb objektum alacsonyabb, mint egy átlagos fa, így az alacsony pontok kiszűrhetők
- Más magas objektumok maradhatnak a modellben (pl. lámpaoszlopok), ezeket később töröljük



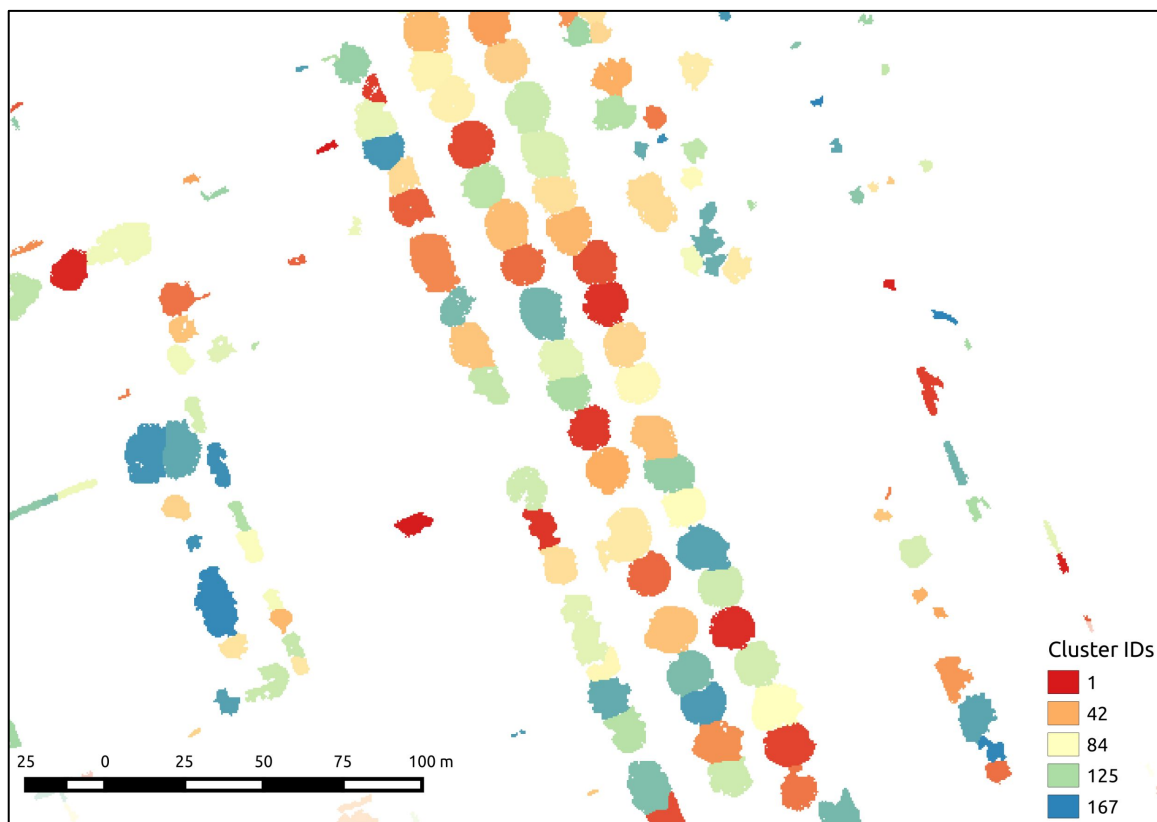
Algoritmus – hiányzó pontok interpolációja

- *nodata* pontok: olyan pontok, amelyeknek hiányzik a Z koordinátája
- A klaszterpontok által körülvett nodata pontok esetén kiszámítjuk a pontok lehetséges értékét
- Az eredmények interpoláció nélkül is érvényesek, vele együtt pontosabbak



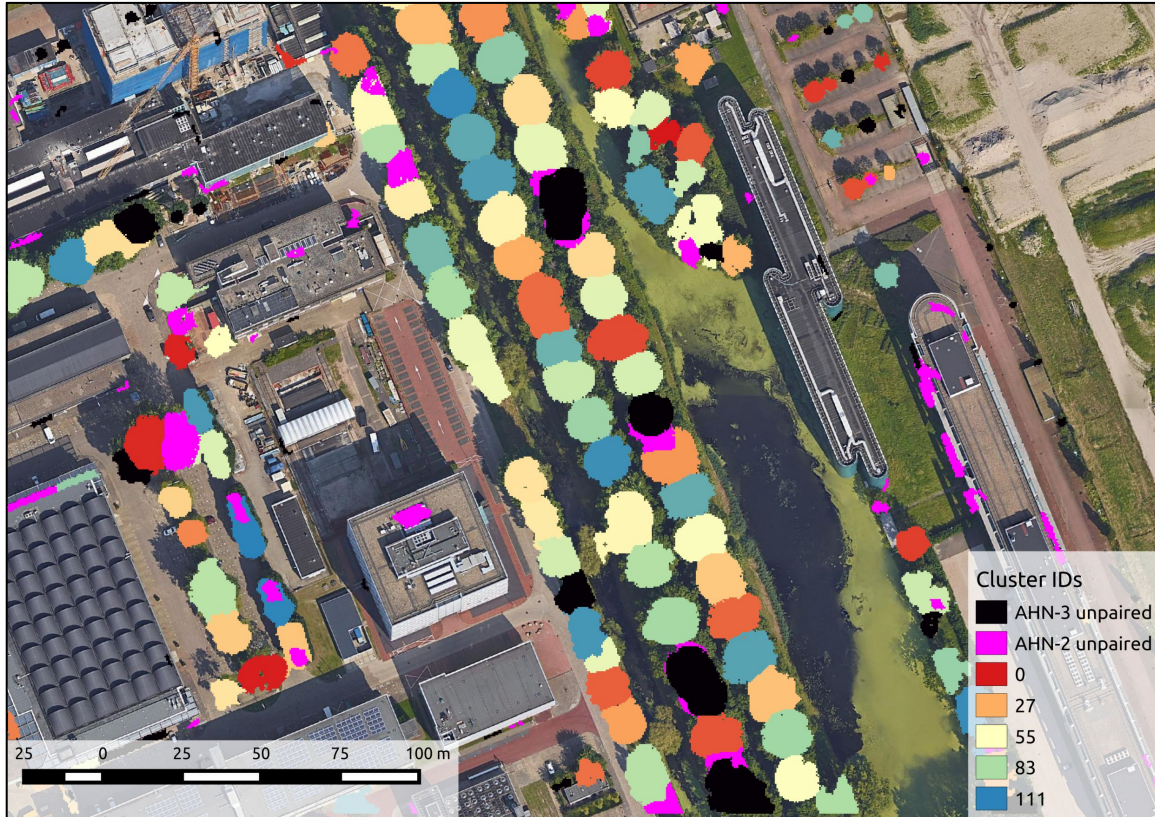
Algoritmus – lombkorona-szegmentáció

- A kiindulási pontokból klasztereket képezünk, ezeket iteratív módon bővítjük
- A bővítés horizontális és vertikális küszöbértékekhez kötött
- Egy fát több klaszter is lefedhet, ha a lombkoronában több lokális maximum maradt
- Watershed-algoritmus segítségével megállapítjuk, ha egy fát több klaszter fed le
- Ezeket a klasztereket összevonjuk



Algoritmus – morfológiai szűrés

- A korábbi küszöbértékek miatt lehetnek kimaradt pontok a klaszterek környezetében, amelyek a fához tartoznak
- Többszörös morfológiai nyitással bővítjük tovább a klasztereket
- A szűrés előtt töröljük azokat a klasztereket, amelyek túl kevés pontból állnak ahhoz, hogy egy fát takarjanak



Algoritmus – klaszterek párba állítása

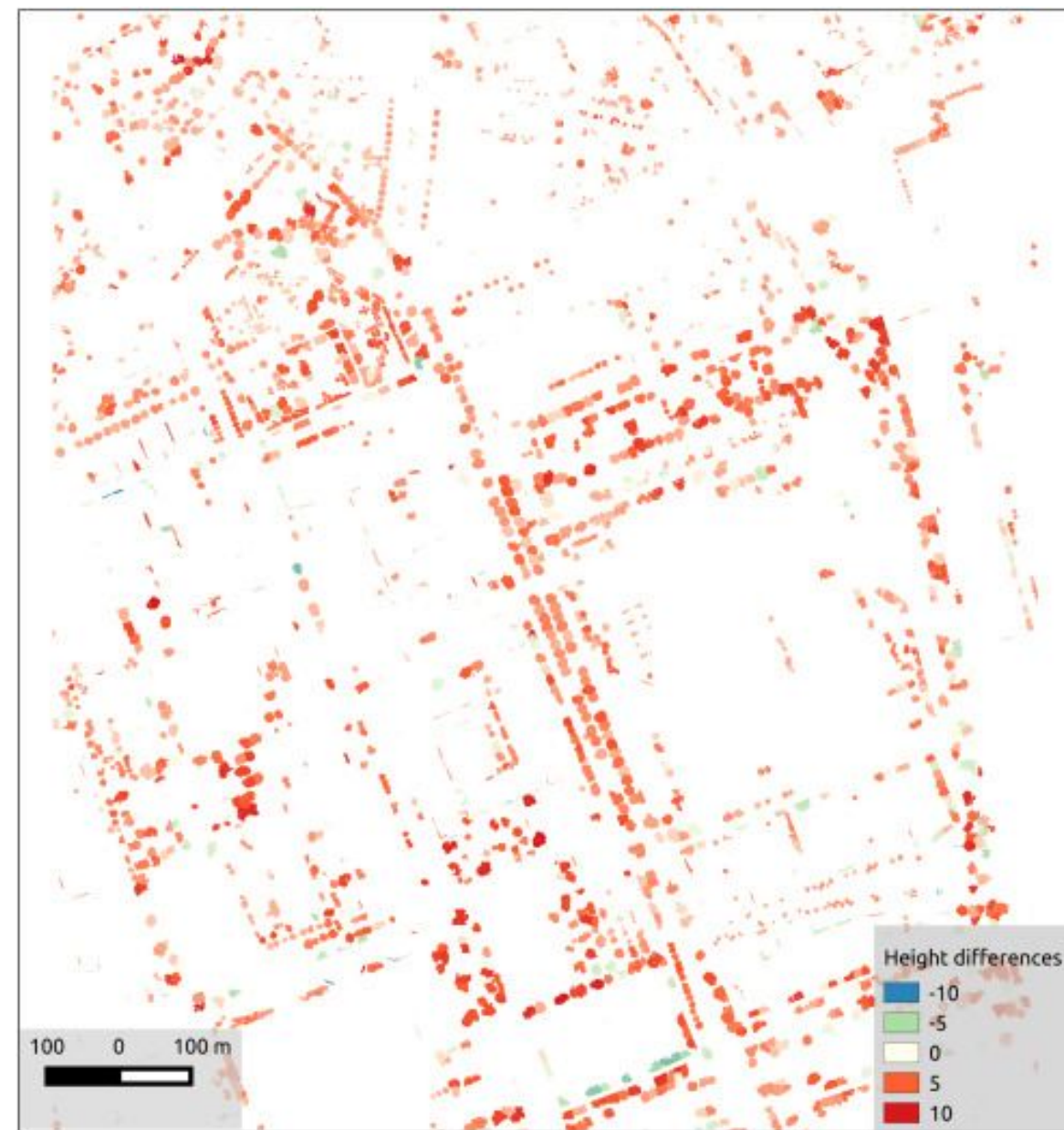
- A változáselemzéshez szükséges a különböző időpillanatban detektált fák párba állítása
- Két párosítási módszer:
 - Hausdorff-távolság: a minimális távolságok maximuma a klaszterek összes pontja között
 - Súlypont-távolság: a klasztereket súlypontjuk távolsága alapján párosítja
- A Hausdorff-távolság több lépésben történő optimalizációja után is jobban teljesít a futási időben és a megtalált párok számában is a súlypontok távolsága
- Külön kezeljük a nem párosított klasztereket

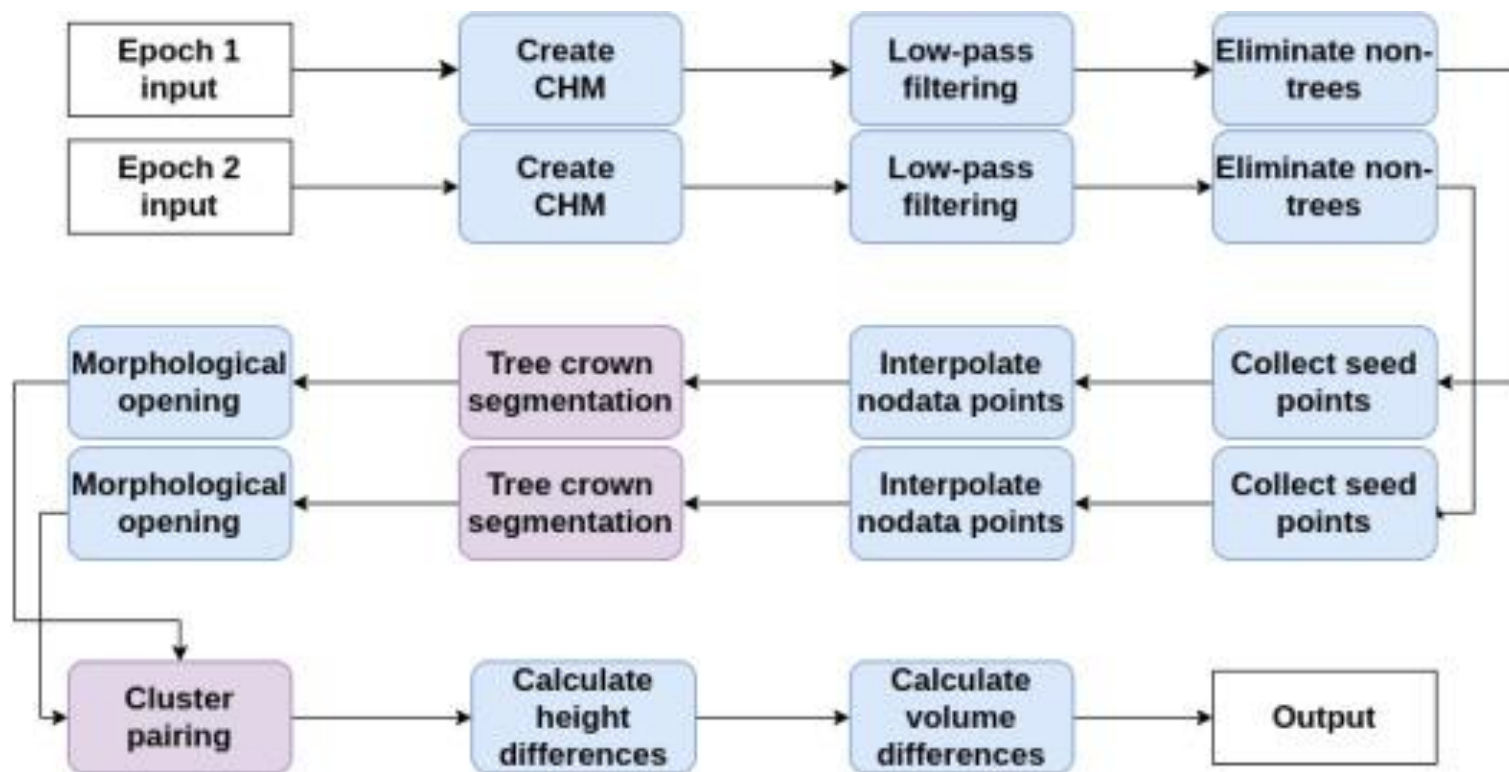
Eredmények

Mintaterület	Első mérés klaszterei	Második mérés klaszterei	Párosítás	Fapárok száma	Kivágott fák	Új fák
<i>Single street</i>	168	173	súlypont	112	56	61
			Hausdorff	106	62	67
<i>Amsterdam city center</i>	3865	3585	súlypont	2 157	1 708	1 428
			Hausdorff	2 170	1 695	1 415
<i>TU Delft Campus</i>	3834	4128	súlypont	2 115	1 719	2 013
			Hausdorff	1 922	1 912	2 206
<i>Delft city center</i>	17375	17634	súlypont	9 878	7 497	7 756
			Hausdorff	9 137	8 238	8 497
<i>Tallinn city center</i>	2109	2082	súlypont	1 431	678	651
			Hausdorff	1 343	766	739

Eredmények - magasság- és térfogatváltozás

Mintaterület	Első mérés térfogat	Második mérés térfogat	Különbség
<i>Single street</i>	80 751 m ³	128 616 m ³	47 866 m ³
<i>Amsterdam city center</i>	607 223 m ³	716 067 m ³	108 845 m ³
<i>TU Delft Campus</i>	1 582 340 m ³	2 481 330 m ³	898 989 m ³
<i>Delft city center</i>	5 669 190 m ³	8 755 340 m ³	3 086 150 m ³
<i>Tallinn city center</i>	1 487 250 m ³	1 686 700 m ³	199 453 m ³





Implementáció

- A prototípus implementáció a *PointCloudTools framework* felhasználásával készült:
<https://github.com/mcserep/PointCloudTools>
- A fejlesztés Ubuntu Linux alatt történt C++11 szabvány szerint

Validáció



- A validáció az algoritmus eredményét az Amszterdam városközpont mintaterület elérhető adataival hasonlítja össze.
- A városközpont közterületen álló fáiról 2015-ben készítettek önkormányzati felmérést.
- 1864 fából 1449 detektálása sikeres (79,88%).
- Elérhető egy interaktív online vizualizáció: http://gis.inf.elte.hu/ahn/ahn_veg_ams_ver.html

Validáció

Módszer	Talált klaszterek aránya	Találati arány	Hibásan detektált fák aránya	Kihagyott fák aránya
<i>Local max + Filtering</i>	51	45	9	59
<i>Local max + Region growing</i>	57	43	20	61
<i>Local max + Multiscale CHM</i>	101	46	61	57
<i>Local max + Watershed</i>	86	49	49	55
<i>Segmentation + Clustering</i>	139	53	95	51
<i>Local max with 3x3 kernel</i>	154	54	113	51
<i>Local max with 5x5 kernel</i>	52	41	16	63
<i>Watershed + 3D spatial distribution</i>	107.8	67.6	37.3	32.5
Javaolt módszer	123.2	80.0	35.0	20.0

Vizualizáció

Interaktív térkép a magasságváltozásokról:
http://gis.inf.elte.hu/ahn/ahn_veg_delft_wms.html



A szegmentáció validációja az “Amsterdam city center” mintaterületen
http://gis.inf.elte.hu/ahn/ahn_veg_ams_ver.html



Konklúzió

- Az algoritmus a kitűzött célt teljesíti, számszerűsíthetők a vizsgált terület vegetációjának változásai
- A módszer automatizált, nagy területre is alkalmazható, robusztus
- A szegmentáció és a párosítás jó eredményt ad
 - A küszöbértékek kiválasztásának automatizációja további fejlesztési feladat
- A különböző időpillanatokból származó DEM-ek feldolgozása jól párhuzamosítható
- További lehetőségek:
 - Az egymástól független folyamatok párhuzamosítása
 - Térbeli index készítése a klaszterezéshez
 - Az eredmények aggregált megjelenítése adminisztratív területek mentén

Publikáció

- **Anett Fekete, Mate Cserep:** *Tree segmentation and change detection of large urban areas based on airborne LiDAR*, Computers & Geosciences, Volume 156, 2021, 104900, ISSN 0098-3004, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2021.104900>.
- **Adatok elérhetősége:** <http://dx.doi.org/10.17632/9thyzzwd5d.2>
- **Forráskód elérhetősége:** <https://github.com/mcserep/PointCloudTools>

Köszönöm a figyelmet!

FEKETE ANETT, CSERÉP MÁTÉ

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM, INFORMATIKAI KAR

2021. NOVEMBER 26.