

Norvégiai űrtávérzékelési szűkármonitoring

Molnár Tamás¹

A Norvég Bioökonómiai Intézet (NIBIO) a károk felmérésére egy távérzékelési szűkármonitoring csoportot hozott létre. A jelenleg használt módszer (2. ábra) mellett a mesterséges intelligencia továbbbi két ágának alkalmazhatóságát teszteltük: az első a mélytanulást, a második a gépi tanulás technológiáját használta. A Norvég Űrügynökség által támogatott projektben a cél a betűzőszű által károsított norvég lucfenyő (*Picea abies*) állományok azonosítása Dél-Norvégiában, optikai műholdképek elemzésével és a mesterséges intelligencia segítségével.

Módszerem a Google Earth Engine (GEE) felhőalapú számítási környezet használatán alapul, amely számos lehetőséget kínál a föld megfigyelésére, beleértve az erdők egészségi állapotának monitorozását is.

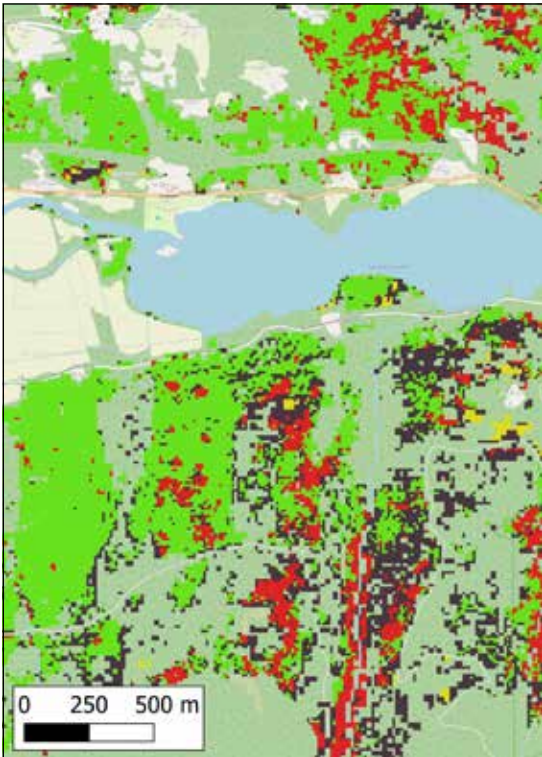
¹ tudományos munkatárs, SoE ERTI Ökológiai és Erdőművelési Osztály

A programom az Európai Űrügynökség (ESA) Sentinel-2 multispektrális képalkotó műholdak (S-2) képeit és a GEE-be beépített mesterséges intelligencia gépi tanulási algoritmusait használta. A modell bemeneti adatai a NIBIO terepi tanító és tesztadatai voltak, melyek a Fritzøe Erdészeti Zrt. területét fedik le. A 2D-s alaptérképet a légi lézerszkennelt pontfelhőből készült, 3D-s digitális borított felszínmodellből állították elő.

A távérzékelési módszertan számos lépésből áll. Először Dél-Norvégiára, alacsony felhőborításra és a nyári hónapokra szűrt S-2 kompozitokat állítottam elő. A térbeli és időbeli szűrés biztosítja a kívánt területre és időablakra vonatkozó jó minőségű kompozitot, felhők és térképi adathiány nélkül. A mintaterület Dél-Norvégiát fedte le.

A műholdképek vágásához erdőmaszkot használtam, hogy kiszűrjem a nem erdővel borított területeket. Mivel minket a 2020-as év érdekelt, amikor a

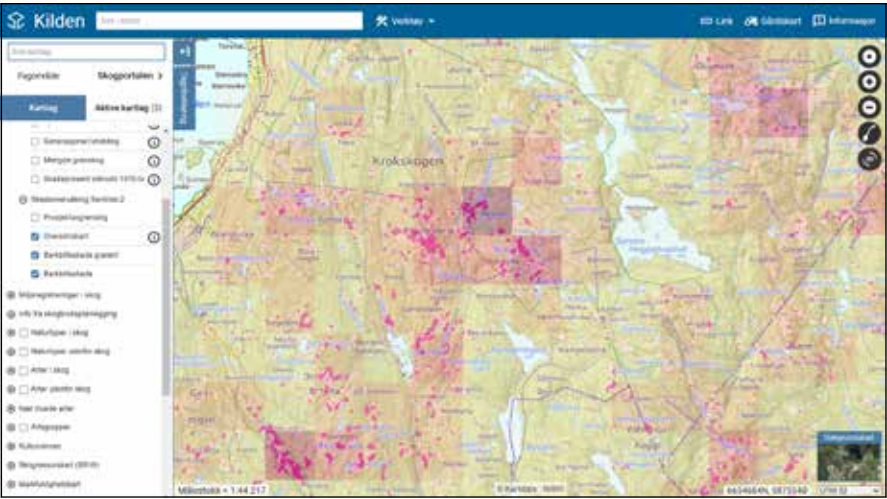
Európa számos országát, így Norvégiát is kiemelten érintik a betűzőszű (*Ips typographus*) által okozott erdőkárok. A norvégiai szűkárak súlyosságára jellemző, hogy csak 2019-ben 118 millió m³ egészségügyi termelést kellett végrehajtania az erdőgazdaságoknak, ami a 8–51-szerese az 1970–2010 közötti éves értékeknek (2,3–14,5 millió m³) (Gohli et al, 2024). A korábban foltokban megjelenő károsítás mára összefüggő területeken jelentkezik.



3. ábra Rodberg osztályozott erdőkártérképe 2024 nyarán. Jól láthatók a szűkárrostitások (piros) és a tarvágott területek is (sárga). (Forrás: saját szerkesztés)

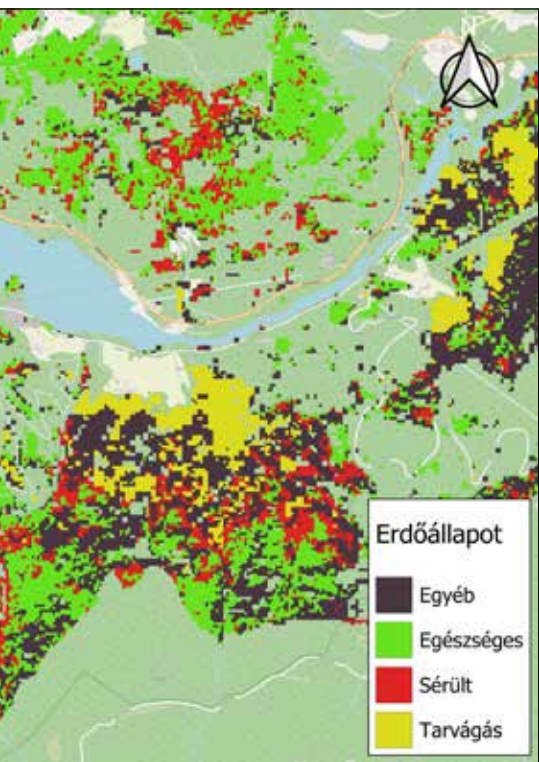
terepi adatokat gyűjtötték, és az idei, 2024-es év is, így mindkét évre lefuttattam a kódot.

Miután importáltam az adatokat a GEE-be, és létrehoztam az S-2 kompozitokat, amiken a Gradient Boost gépi tanulási algoritmust futtattam a képosztályozáshoz. Ehhez a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és a Normalizált Vízindex (NDWI) térképeket is használtam, amelyeket a vegetáció állapotának megfigyelésére a fotoszintetikus aktivitással és a lombkorona nedvességének mérésére alkalmaznak. Négy osztályt különítettem el: egészséges erdő, holt erdő, tarvágás és nem erdő.



2. ábra A norvég Kilden szűkár monitoring rendszer térképe 2024 augusztusában. A műholdképből készült kártérkép vöröses foltjai a károsodott állományokat, a nagyobb piros négyzetek áttekintésként, az adott területen összesített károk mértékét mutatják. (Forrás: NIBIO)

Eredményként osztályozott erdőtérképeket állítottam elő 10×10 m-es felbontásban, 2020-ra és 2024-re. A térképek elemzése során megállapíthattam, hogy várakozásainknak megfelelően a legtöbb erdő relatív egészséges volt, de a szű okozta pusztulás és a tarvágások is láthatóak voltak, különösen Dél-Norvégia egyes területein. Ilyen volt 2020-ban Siljan, míg 2024-ben Rødberg (3. ábra). Ez utóbbi területen nagyobb területű károk jelentkeztek, amiket a következő években figyelemmel kell kísérni a gradációk alakulásával kapcsolatban, és nemcsak az erdőgazdaságokat, hanem a természetvédelmi hatóságokat is figyelmeztetni kell a veszélyre.



Ha egyes osztályokba tartozó képpontok számát összehasonlítottam, és ezek arányát vizsgáltam, látható volt, hogy a tanítóadatok 0,8%-a holtfa és 1,1%-a volt tarvágás, míg a tesztadatoknál 1% volt holtfa és 1,2% tarvágás. Az S-2 alapú osztályozott térképen csak 0,1 és 0,3 volt holtfa és 1,2% tarvágás, amik a terepi adatokhoz képest alacsonyabb értékek, ez tehát azt jelenti, hogy a modell nem ad sok téves becslést.

Végül pontossági vizsgálatokat végeztünk hibamátrixszal. A teljes pontosság 73% volt, ami elfogadható, nem túltanított a modell. A módszer hatékonyságát összegezve megállapíthatom, hogy a GEE alkalmas a norvégiai szűkárók monitorozására.

Ezentúl a fent leírt módszer Magyarországon is alkalmazható, akár marad-

Csaknem 6000 éves fák olvadtak ki a Sziklás-hegység tundravidékén

5900 éves fák bukkantak elő az olvadó jég alól a Sziklás-hegységben. A *New Scientist* cikke szerint az ősi fák felfedezését az emberi tevékenység által okozott globális felmelegedés tette lehetővé, ami több ezer év után kiszabadította őket a jég fogságából.

Amerikai kutatók 30 darab, az Egyesült Államokban és Kanadában őshonos fahéttörzsű fenyőre (*Pinus albicaulis*) bukkantak 3100 méteres magasságban, miközben régészeti felmérést végeztek a wyomingi Beartooth-fennsíkon. A jelenlegi erdőhatár ennél 180 méterrel alacsonyabban található.

A felfedezés „betekintést enged abba, hogy milyen körülmények uralkodtak a múltban nagy magasságokban – mondta *Cathy Whitlock*, a Montanai Állami Egyetem kutatója. Mivel a fák jelenleg nem nőnek ilyen magasságokon, a múltbeli éghajlat – legalábbis ebben a régióban – melegebb lehetett. A fenyők nagyon jó állapotban őrződtek meg, ami arra utal, hogy életük végén gyorsan betemetődtek, majd ötezer éven át a jég megvédte őket a pusztulástól.

Ahhoz, hogy megértsék az egykori erdő történetét, *Whitlock* és kollégái a *PNAS* folyóiratban közölt tanulmányuk szerint megvizsgálták a fák évgűrűit, és szénizotópos kormeghatározással meghatározták a fatörzsek korát. Ez alapján a fák a holocén közepén, 5440-5950 évvel ezelőtt élhettek. Az időszak elején a május-október közötti hőmérséklet a 20. század közepén-végén jellemzőhöz volt hasonló, de aztán lassú lehűlés kezdődött. Ezt antarktiszi és grönlandi jégminták vizsgálata alapján a Föld pályaváltozásai miatt a holocén közepétől csökkenő mértékű nyári napsugárzás és vulkánkitörések okozták. A hőmérséklet csak az elmúlt évtizedekben emelkedett meg annyira, hogy a fák kiszabaduljanak a jég alól. *Whitlock* szerint az ősi erdő története arra utal, hogy a jelenlegi erdőhatár magasabbra merészlik majd a következő évtizedekben, ahogy a globális felmelegedés miatt egyre melegebb lesz. „Bár ezek a felfedezések tudományos szempontból érdekesek, szomorú emlékeztetői annak, hogy mennyire törekenyek a magashegyi ökoszisztémák a klímaváltozás hatásaival szemben” – mondta.

Forrás: **Qubit/Tudomány**, Szerző: **Tóth András**, Fotó: **Daniel Stahle**

va a lucfenyőnél, a szűkáróknál, akár módosításokkal a tölgyekre és a tölgy csipkéspoloskára való alkalmazással. De a program tanításához nagyszámú terepi adatra van szükség. A szél- és hókárok felismerésére ugyancsak képes a rendszer, de ehhez légi lézerszkennelt adatokra van szükség.

Végezetül essék szó a Norvég Bioökonómiai Intézetben kutató honfitársainkról is, akik hasonló témákkal is foglalkoznak. Az erdészeti osztály Nemzeti Erdőleltár munkacsoportjában dolgozik *dr. Koma Zsófia*, aki az erdőleltár erdészeti ökológiával és lézerezéssel foglalkozik. Az Erdészeti Gépesítés osztályon *dr. Horváth Csongor* robotikát kutat. Továbbá a Környezet- és Természeti Erőforrások Osztályán, a Biogeokémia és Talajminőség csoportban *dr. Budai Alice* és *dr. Farkas Éva*, a Hidrológia és Vízi Környezet

csoportban pedig *dr. Nemes Attila* és *dr. Farkas Csilla* dolgoznak. Nemes Attila a Norvég Élettudományi Egyetemen (NMBU) talajtant és hidrológiát is oktat. Végül *Bánfi Róbert* a Felmérési és Statisztikai Osztály, Földnyilvántartás csoportjában kartográfus. A felsorolt kutatók számos nemzetközi projektben vesznek részt, és hasznos lenne velük együttműködni, ugyanis a NIBIO Norvégia legnagyobb kutatóintézete, 750 kutatóval. A jelenleg futó erdészeti projektek száma tizenkettő.

Irodalom

Gohli J. – Krokene P. – Flo Heggem E. S. – Økland B. (2024): Climatic and management-related drivers of endemic European spruce bark beetle populations in boreal forests. *Journal of Applied Ecology* (61): 809–820. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14606>