

Hírek a XXVI. IUFRÖ világtkongresszusról II.

A legújabb távérzékelési erdőmonitoringgal kapcsolatos kutatások

Molnár Tamás¹, Szabó Orsolya², Szabó András¹, Horváth Bálint¹, Bolla Bence¹



Az IUFRÖ erdészeti világtkongresszuson való részvételünk célja az általunk végzett kutatások bemutatásán túl az volt, hogy megismerkedjünk a világ más tája-in alkalmazott legmodernebb erdészeti kutatási módszerekkel, különös tekintettel a távérzékelési és mesterséges intelligenciával (MI) támogatott megoldásokra. Számos konferenciaszekció kapcsolódott ehhez a témához, leginkább „Az erdőmegfigyelés új korszaka: Egy közös európai erdőfelügyeleti rendszer globális perspektívában” című. A szekció legérdekesebb előadásából válogattunk ki néhányat az alábbiakban.

Ilyen volt az európai távérzékelési erdőmonitoringot célzó, az EU által finanszírozott FORWARDS (*ForestWard Megfigyelőközpont az európai erdők ellenálló képességének biztosítása érdekében*), amely egy páneurópai monitoring és értékelési eszközt fog létrehozni, hogy segítse az éghajlatváltozás erdőkre gyakorolt hatásának bemutatását és a gyakorlati erdőgazdálkodással kapcsolatos döntéshozatalt a földről és a műholdakról szerzett erdészeti információk segítségével. Ebben 11 ország 19 partnere vesz részt, melynek koordinátora a Svéd Agrártudományi Egyetem (SLU).

A *Horizont Europe* keretprogram *MoniFun* projektje interdiszciplináris, többszereplős megközelítéssel, egy har-

monizált európai erdei multifunkcionális-monitoring rendszert (*EFMMS*) hoz létre, amely az erre vonatkozó információkat átfogó rendszerbe foglalja.

A rendszer a már meglévő platformokat és adatforrásokat innovatív eszközökkel integrálja. Módszertanában kombinálja a terepi parcellák (nemzeti erdőkataszterek) és a *Copernicus* űrfelvételek adatait, hogy a mesterséges intelligencia segítségével valós időben tudja nyomon követni az erdők gyors változásait.

Egyben harmonizált statisztikai becsléseket készít az információs igényeknek megfelelő pontossággal és részletességgel, valamint különböző időtávlatokban előrejelzi az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képességgel és a biodiverzitás csökkenésének megállításával kapcsolatos ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Támogatja az európai erde-

zeti információs rendszert. Vezetője a finn Természeti Erőforrások Központja (*LUKE*).

A Münchener Műszaki Egyetemen futó *ForestPaths* nevű *Horizont Europe* projekt egész Európára egységesen, 30x30 m-es felbontással és 1985-ig visszamenőleg minden évre elkészített éves *Landsat* idősorokon elemzi az erdőszerkezetet és fajösszetételt, valamint a bolygatottságot. Tesztként ezt kiegészítették *Sentinel-1* és *Sentinel-2* idősorokkal (10x10 m-es felbontás), a légi és űrből származó LiDAR-adatokkal együtt, Belgium területére.

A *Landsat*-adatokból az 1984–2022 közötti időszakra vonatkozóan a tűzkarokat külön feltérképezték négy mediterrán országban egy gépi tanulási megközelítés segítségével, ahol az alak és a spektrális visszaverődési tulajdonságok alapján tűznek tulajdonítják a



1. ábra Színezett, lézerszkennelt 3D-s erdőterkép, avagy a digitális erdő a Svéd Nemzeti Erdőterkép szolgáltatásból (Forrás: Skogsstyrelsen – 2024)

¹ Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
² Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényeszerű Fatermesztési Osztály

károkat. Pixelenként több tűzveszélyes eseményt is lehet észlelni, ahol ismételt tűzkárok vannak, így meg lehet becsülni a regeneráció mértékét is, ebből egy úgynevezett *Tűzatlasz* is készült.

A szintén német *Európai Léptékű Erdőállapot Monitoring Rendszer* a MODIS műholdképből számított NDVI idősorokon alapul, ahol az erdőállapotváltozásokat (aszály okozta növekedéscsökkenés, erdőtűz és árvíz okozta pusztulás) folyamatosan és esettanulmányok formájában is vizsgálják, szintén egész Európára. Az éghajlati alkalmazkodó képességet igyekeznek megfejteni, amivel a Sentinel-2 adatok és további vegetációs indexek (pl. NDMI, NDRE) bevezetését tervezik.

Az európai szint mellett országos megoldásokat is láthatunk. A házigazda svédek bemutatták az Svéd Erdészeti Ügynökség által kifejlesztett *Nemzeti Erdőtérkép* szolgáltatást (1. ábra), erdei szénkészletet, árkokat, szűkárkat mutató geoadatbázist és a Svéd Agrártudományi Egyetemen fejlesztett talajnedvességtérképet (2. ábra) (Ågren et al., 2022).

Mindegyik országos lefedettségű, nagyfelbontású, távérzékelte (lézerszkennelés, műhold, drón) adatokra épülő, ingyenesen hozzáférhető, rendszeresen frissített adatbázisokból építkező, MI-álta támogatott geoadatszolgáltatás.



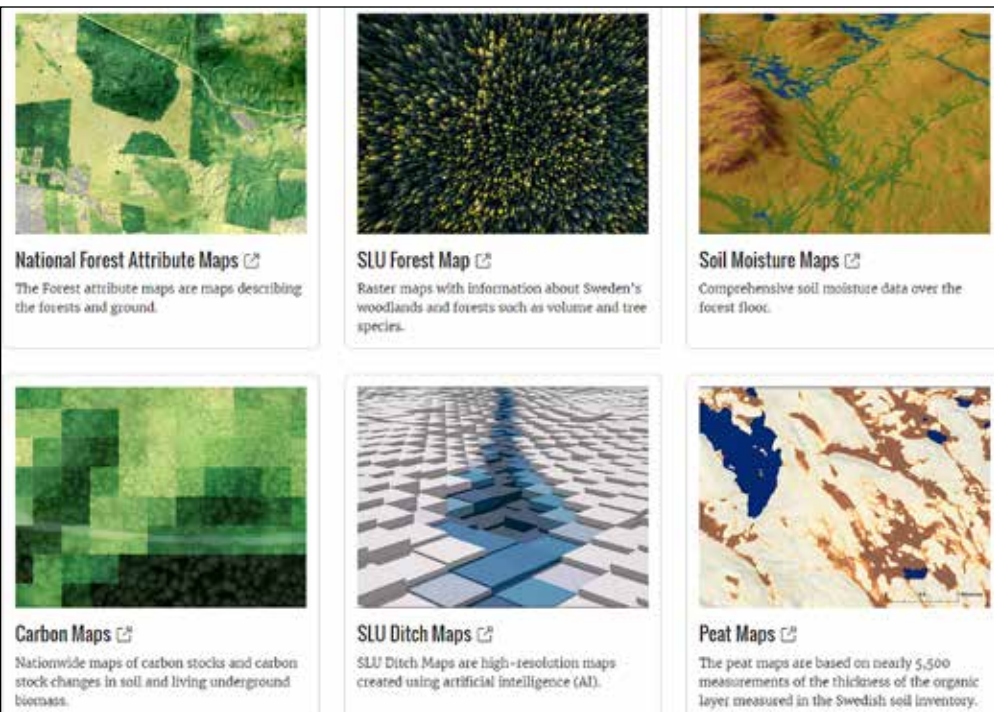
3. ábra Egyesfa-szintű erdészeti leíró adatok a Finn Erdőállomány Rendszerből. A képen a kiválasztott fa magassága, törzsátmérője, körlapösszege, biomasszája, legalsó ágának magassága és az adatfelmérés éve látszik. Forrás: Metsäkanta (2024)

Utóbbit napi szinten frissített meteorológiai adatokkal tervezik kiegészíteni, hogy a gépkezelők és az MI a letermelést a legoptimálisabban tudja megtervezni a legfrissebb térképeken. Az or-

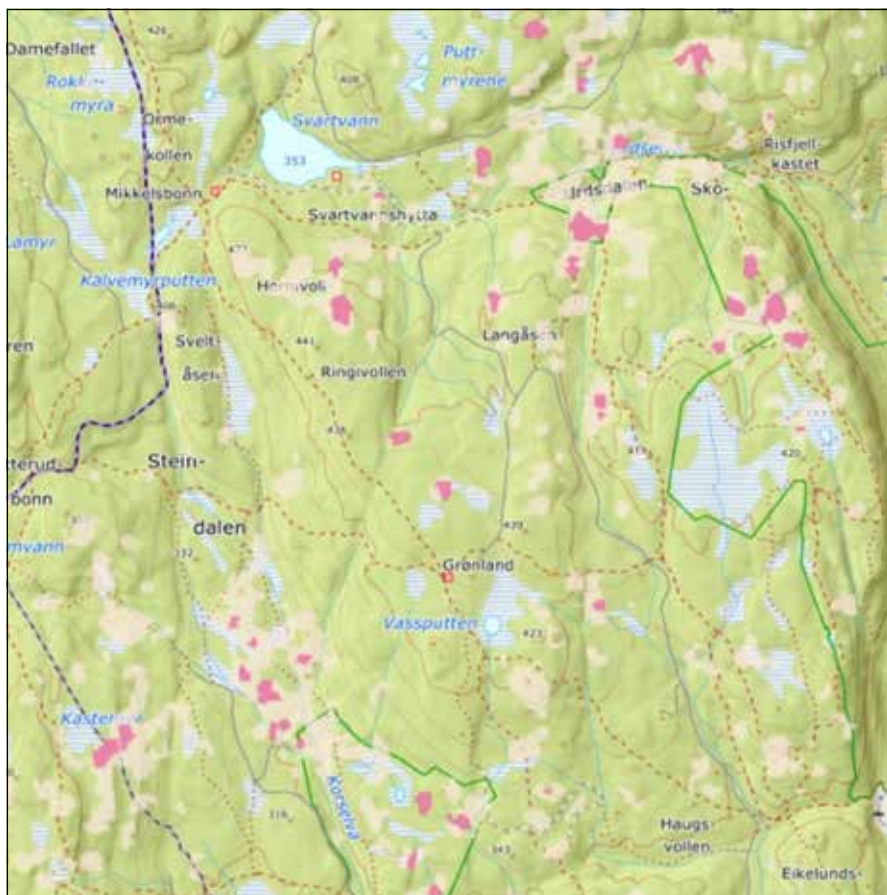
szágot behálózó mocsárlecsapolást szolgáló árkok alig 9%-ról volt korábban térkép, amit az MI segítségével 90%-ra lehetett emelni, ami a teljesen gépesített erdőgazdálkodásban kulcsfontosságú.

A konferencia egyik napján szakmai kiránduláson vettünk részt, ahol a *Skogforsk* (a svéd erdészeti tudományos intézet) és az SLU által szervezett túra során több helyen is előadásokat hallhattunk, illetve a szűkárosított erdőállományok felmérését és letermelését láhattuk harvester-forwarder géppárral. Svéd, norvég, finn kutatók is beszéltek a legújabb technikai megoldásokról, önvezető drón és egyesfa-szintű NFI térképek bemutatásával, utóbbi lézerszkenneléssel készült el, egész Finnországra vonatkozóan (3. ábra).

A konferencia újabb napján a Norvég Bioökonómiai Kutatóintézetben (NIBIO) kifejlesztett *Kilden* szűkármonitoring rendszert mutatták be, ahol láthatóak a terepi észlelések adatai a generációk számával és fogásmennyiséggel, valamint grafikonon az elmúlt kb. 40 évre visszamenőleg. Továbbá a mesterséges intelligencia által jelzett szűkárk is Sentinel-2 műholdképekből származtatva (4. ábra), közel valós időben képpont és aggregált téradatok szintjén, Dél-Norvégiára interpretálva.



2. ábra Erdőtérkép szolgáltatások (leíró adatok, térképek, talajnedvesség, szénkészlet, árkok, tőzeg) a Svéd Agrártudományi Egyetemen (Forrás: SLU – 2024)



4. ábra A norvég Kilden szűkármonitring rendszer Ramsås környékére. A Sentinel-2 műholdképek és a terepi észlelések adatait felhasználva többfokozatú kártérkép készült (Forrás: NIBIO (2024))

A német Thünen Erdei Ökoszisztéma Kutatóintézetben Németország egészére kiterjedő, egyhektáros felbontású térképeket készítettek a lucfenyő, az erdeifenyő, a bükk, a kocsányos tölgy és más tűlevelű és lombos fajok átlagos pusztulásáról. Több mint 400 változót vezettek le azzal a feltétellel, hogy az adatoknak egész Németországra vonatkozóan rendelkezésre kellett állniuk (éghajlat, talaj, domborzat, földborítás, légköri lerakódások stb.). Az adatokhoz egy többszörös logisztikus regressziós modellt illesztettek elpusztult vagy élő fa kimenettel. A legfontosabb prediktorokat minden egyes fajra vonatkozóan a jellemzők kiválasztásával azonosították. A lucfenyőnél 25%-os értékeket is lehetett sajnos tapasztalni.

A lengyel Jagelló Egyetemen a vegetáció fenológiájában az elmúlt évtizedekben megfigyelt változásokat és annak ökológiai hatásait vizsgálták az éghajlatváltozás tükrében. A Sentinel-2 műhold adatainak felhasználásával társzvi fenológiai modelleket dolgoztak ki Lengyelország fő lombhullató faja-ira, idősorok alapján származtatott (MTCI és EVI) és szezon kezdetének (SOS) modellezését és terepi észlelését

használták. A lombhullató fajok korai és késői lombfakadását, illetve a lombhullást is ki tudta mutatni a módszer.

Saját előadásunk „Az erdők egészségének és fajokainak felmérése műholdfelvételeken, a felhőalapú számítástechnika és a mesterséges intelligencia támogatásával” címet viselte. Az Európai Űrügynökség nagyfelbontású Sentinel-2 műholdfelvételeinek felhasználásával új felhőalapú erdőmonitoring rendszert hoztunk létre.



A képfeldolgozás és -elemzés a felhő alkalmazásban történt, ahol a műholdképekből vegetációs és vízindex térképeket és diagramokat hoztunk létre felszínborítás-vizsgálatra, fajok osztályozására, erdőkárok felderítésére. Az erdőkárok között biotikus (rovarok, gombák, vírusok), abiotikus (tűz, árvíz, szélvihar, jég-törés stb.) és antropogén (illegális fakitermelés) típusok is szerepelnek. Gépi tanulási algoritmusokat használtunk ezek osztályozására. Az alkalmazott módszerek sikeresen azonosították a különböző erdőkártípusokat és fajokokat is.

Az előadások meghallgatásán túl kulcsfontosságú volt a szakmai közösségépítő programokon való részvétel, hiszen a nemzetközi kapcsolati hálót építeni kell, a közös kutatási ötleteket, terveket meg kell beszélni, erre pedig a világkongresszus kiváló alkalom volt.

Illusztrációk: **IUFRO, Forestwise, Karlsruher Institut für Technologie**

Irodalomjegyzék

- Ägren, A., Hasselquist, E., Stendahl, J., Nilsson, M., Paul, S. (2022): Delineating the distribution of mineral and peat soils at the landscape scale in northern boreal regions. *SOIL*. 8. 733-749. 10.5194/soil-8-733-2022.
- Metsäkanta (2024): Metsävaratiedot yksittäisten puiden tarkkuudella. [Egyesfásintű erdészeti leíró adatok]. Online: <https://metsakanta.fi/>
- Norvég Bioökonómiai Intézet (NIBIO) (2024): Skogportalen. [Erdőtérkép]. Online: <https://kilden.nibio.no/>
- Skogsstyrelsen (2024): National Forest Attribute Maps. Online: <https://www.skogsstyrelsen.se/en/digital-open-forest-data/national-forest-attribute-maps/>
- Svéd Agrártudományi Egyetem (SLU) (2024): SLU Maps. Online: <https://www.slu.se/en/environment/programmes/forest/slu-maps/>