

DESIH hiperspektrális űrfelvételek első magyarországi alkalmazása termés hozam becslésre

Gudmann András¹ – Nizom Farmonov² – Bónus Krisztián³ – Mucsi László⁴

¹ PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., gudmandras@geo.u-szeged.hu

² PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., farmonov.nizom@stud.u-szeged.hu

³ Árunövény és precíziós gazdálkodási csoportvezető, Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt., Mezőhegyes, bonus.krisztian@mezohegyesbirtok.hu

⁴ Egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., mucsi@geo.u-szeged.hu

Absztrakt: A termés hozam becslés a mindenkori mezőgazdaság egyik kulcsfontosságú témája, amelyre az idők során különböző tapasztalati és objektív méréseken alapuló megoldások születtek. Jelen kutatásunkban az Nemzetközi Űrállomáson működő DESIS hiperspektrális szenzor felvételei felhasználásával készítettünk termés hozam becslést a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. egyes őszi búzával bevetett tábláira. A regressziós modell alkalmazásával pixel és parcella szinten is megbecsültük a termés hozamot. A precíziós technológiával meghatározott hozamadatok alapján ellenőriztük becsléseink pontosságát, így megállapítva, hogy a hiperspektrális felvételek alapján megfelelően lehet a termés hozamot megbecsülni. Továbbá megállapítottuk, hogy egy bizonyos parcellán betanított modell sikeresen kiterjeszhető az azonos típusú növényvel bevetett többi parcellára is.

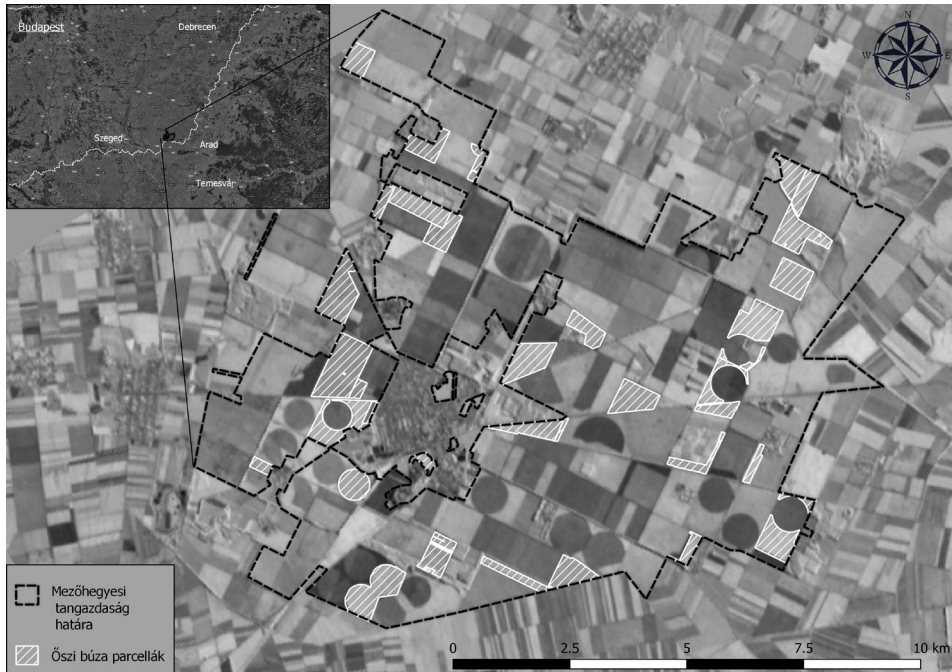
Bevezetés

A távérzékelés klasszikus alkalmazási módja a mezőgazdasági kutatásokban való felhasználás. Ennek oka a távérzékelte adatok nagy térbeli kiterjedése, kedvező felvételezési időközök és a hordozott információ mennyisége (spektrális, geometriai, radiometrikus). A geoinformatikai és képfeldolgozó eljárások révén lehetséges a pontos, megbízható és gyors információ kivonás a térbeli adatokból. Ennek köszönhetően szerteágazó kutatási irányok alakultak ki ezen felhasználási körben. Az egyik elsődleges kutatási terület a mezőgazdasági növények termés elemzése és termésbecslése, amelynek köszönhetően jobban tervezhető a betakarítás, az értékesítés és a tárolás (PAP – PAP 2012). A termés elemzése során a tenyészidő alatt megfigyeléseket végzünk, amelyek kiértékelésével folyamatosan követjük a növény növekedését, fejlődését. Ezáltal lehetővé válik számunkra a termést befolyásoló tényezők beazonosítása és megfigyelése, illetve a termés hozam becslése. A termés hozamot befolyásoló tényezők közül többet meg tudunk figyelni távérzékelési módszerekkel, mint pl. a vetés előtti talajállapotokat, a kelés utáni tőszámot, érés, bokrosodás idejét, a növény víz- és klorofilltartalmát, a biomassza tömege (PAP ET

AL. 2018). A növények, így a felsorolt tényezők részletesebb megfigyelését teszik lehetővé a hiperspektrális mérőműszerek, amelyek a spektrális tér egy darabját nagy felbontással felvételezik (CSENDES–MUCSI 2016). Ennek a nagy spektrális felbontásnak köszönhetően, a növény legkisebb spektrális eltéréseit is megmérhetjük, így könnyen tudjuk azonosítani a növények fajtáját, ill. a terméshozamot befolyásoló tényezőket is megfigyelhetünk (pl.: különböző károsítók, talaj nedvességtartalom csökkenése). Kutatásunk során a DESIS hiperspektrális kamera felvételeit használtuk fel az őszi búza betakarítása előtti több időpontból, a várható terméshozam megbecsülésére a mezőhegyesi Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. több parcelláján. A terméshozam becsléshez, és annak pontosságának méréséhez a tangazdaság által mért pontszerű terméshozam adatokat használtuk fel. A kutatás fő célja a DESIS hiperspektrális szenzor bemutatása és a nagy spektrális felbontású adatokon alapuló termésbecslés egy lehetséges módszerének és pontosságának ismertetése.

Anyag és módszer

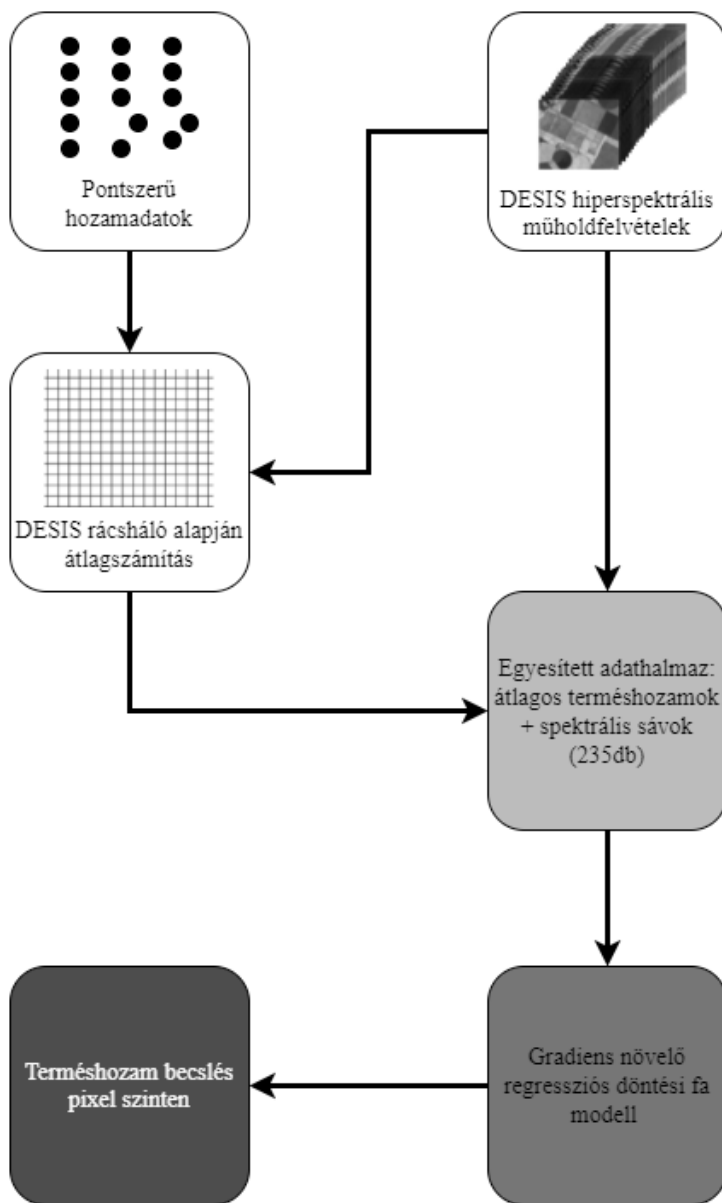
Kutatásunk alapját a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Német Repülési és Űrutazási Központ, röviden DLR) DESIS (DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer) hiperspektrális kamerájának felvételei jelentették. A DESIS a DLR és a Teledyne Brown Engineering közös projektjében fejlesztett és üzemeltetett hiperspektrális kamera, amelyet a Nemzetközi Űrállomáson (International Space Station – ISS) lévő, a Teledyne által működtetett, MUSES (Multi User System for Earth Sensing) platformra telepítettek 2018-ban. A kamera a látható és közeli infravörös tartományban (400–1000 nm) felvételez, 2,55 nm minimális spektrális mintavételezési távolsággal, aminek köszönhetően a műszer 235 sávban képes a felszínt felvételezni. A felvételek 30x30 km-es (~900 km²) területet fednek le, 30 méteres térbeli felbontással (MÜLLER ET AL. 2016). A képek készítésének ideje az ISS pályájától függ, ami miatt egy adott területről körülbelül 2 havonta készül, pár hetes időszakban több felvétel (akár egy napon belül több is). A műszert a Teledyne üzemelteti, és a képek kereskedelmi értékesítését is ez a cég végzi, azonban a DLR tudományos és humanitárius szolgáltatásokra saját műszeridővel rendelkezik (KERR ET AL. 2016). Ennek köszönhetően a tudományos célú tevékenységekhez DESIS képek ingyenesen szerezhetők be, a DLR számára eljuttatott tudományos és felhasználási szándékot bemutató indítvánnyal. Az adatok ingyenes hozzáférhetőségének és a műszer karakterisztikájának jóvoltából, a DESIS felvételek számos célra felhasználhatók, mint pl.: közép- és hosszú távú környezetmonitoring a bányászati területeken, vegetáció monitoring, talajdegradáció mérése stb. (KERR ET AL. 2016). Kutatási mintaprojektünk 2021 májusától október végéig tart és főként a tavaszi vetésű kukorica, napraforgó fenológiai fázisához igazítottuk a felvételezési időablakot. A projekt jelen szakaszában még ezekre a növényekre nincsenek hozam adatok, így a rendelkezésre álló felvételeket az Avenue fajtájú őszi búzával vetett parcellákon teszteltük. A mezőhegyesi tangazdaság Magyarország Délkeleti részében helyezkedik el a magyar–román határ mellett (*1. ábra*).



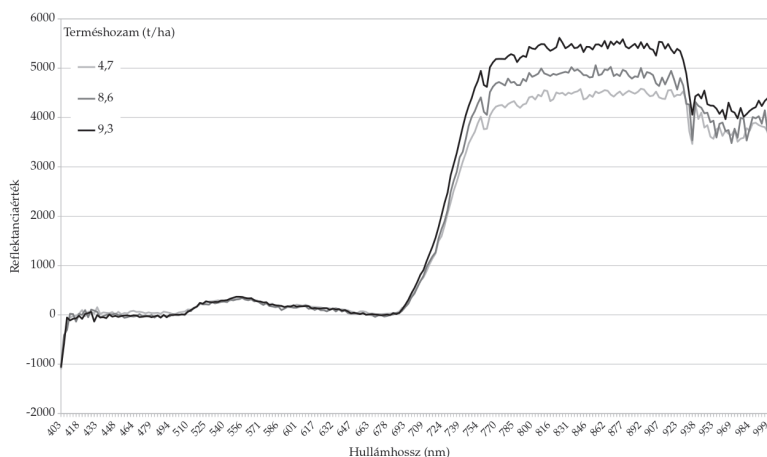
1. ábra A mezőhegyesi tangazdaság és annak őszi búza parcellái a 2021-es évben

A tangazdaság területének közepén helyezkedik el Mezőhegyes városa, továbbá a területen a tangazdaság parcelláin kívül kisebb erdőfoltok találhatóak. A terület kiválóan alkalmas a vizsgálatunkhoz, mivel nagyméretű parcellái lehetővé teszik a közepes térbeli felbontású műholdfelvételekkel történő vizsgálatok elvégzését. A tangazdaság 8130 hektárnyi területén többféle mezőgazdasági növényt és növényfajtát termesztenek, mint pl. őszi búza, szója, napraforgó, árpa, repce, lucerna, siló és hibrid kukorica. A 2021-es évben a hibrid kukorica után az őszi búza vetemény nagysága volt a legnagyobb, kb. 1223 hektár nagysággal, 27 parcellán elosztva (átlagosan 45,3 hektár egy parcella). A DESIS felvételezési időszakból 3 képet választottunk ki az őszi búza betakarítása előtti 1–2 hónapból (06.08, 06.16, 06.21). A geometriailag korrigált képek az ISS pályája miatt kialakuló koordináta/pixel elcsúszásokkal rendelkeznek, amit manuális korrigáltunk. A termésbecslés referencia adatát a mezőhegyesi Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. által rendelkezésünkre bocsátott pontszerű hozam adatok szolgáltatták. Az aratást végző John Deere w650-os típusú kombájn helymeghatározó rendszere és a hozammérő berendezés által gyűjtött hozam adatok könnyen illeszthetőek voltak a térinformatikai és képfeldolgozó szoftverkörnyezetbe. A 30x30 m-es terület egységekre eső, 40–50 db hozam adatot pixel szinten átlagolva használtuk fel. Az átlagolt terméshozam értékhez a DESIS spektrális sávjainak értékeit rendeltük. A két adathalmaz kapcsolatának elemzéséhez regressziós modellt használtunk és a modell alapján becsültük pixel szinten a terméshozamot. A modellépítést és becslést python programozási környezetben hajtottuk végre sklearn, gdal és numpy könyvtárak

implementációjával, gradiens növelő regressziós döntési fa modell alkalmazásával. A modellépítés során rácskereső paraméter becslési eljárással határoztuk meg az ideális modellépítő változókat. Az elkészült modellek alapján becsléseket készítettük az egész parcellára és más azonos fajtájú őszi búzával bevetett parcellákra. Ezután megállapítottuk becsléseink pontosságát pixel és parcella szinten is. Az általunk kialakított módszertan előnye a nagyfokú robusztusság, így könnyen és gyorsan felhasználható más, nagyobb kiterjedésű területeken is (2. ábra).



2. ábra A hozambecslés folyamatának egyszerűsített ábrája



3. ábra A különböző terméshozamú területek spektrum görbéi

Eredmények

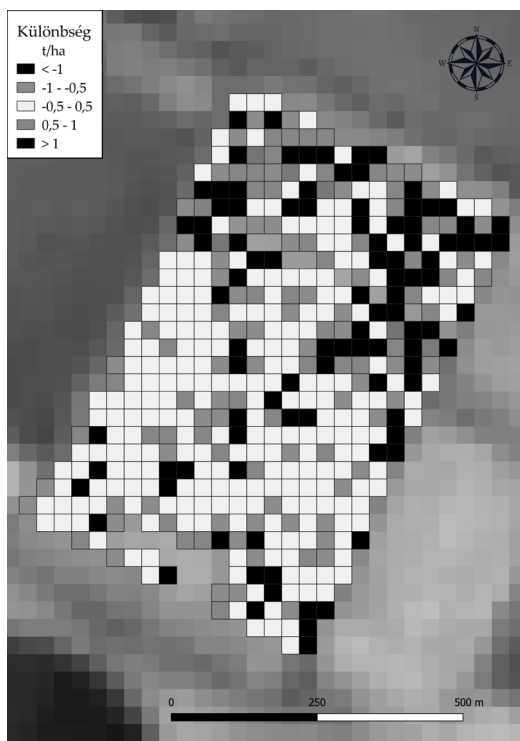
A különböző terméshozamú területek, foltok DESIS felvételek alapján megállapított spektrális reflektancia görbéje alapján jól látható, hogy a látható fény tartományán belül a különböző hozamú területek reflektancia értékei nem térnek el egymástól jelentősen (3. ábra).

Azonban a vörös él utáni közeli infravörös sávokban (135-ös sávtól, 744 nm) az eltérő terméshozamú területek spektrális tulajdonságai is eltérnek egymástól. Ezen sávokban a nagyobb terméshozamú területek nagyobb spektrális értékekkel, míg az alacsonyabb terméshozamú pixelek kisebb értékekkel rendelkeznek, amely a magasabb klorofill tartalommal van összefüggésben. A közeli infravörös sávokban mérhető eltérések biztos alapot szolgáltatnak a termésbecsléshez. A termésbecslés során használt regressziós modell segítségével sikeresen becsültük meg a várható terméshozamokat pixel és parcella szinten is. A június 08-ai és a június 21-ei felvételekre vonatkozó regressziós modellek átlagos hibaértékei közel azonosak (0,98; 0,94). A legjobb átlagos hibaértékű modell a június 16-ai képre vonatkozik (1. táblázat).

A regressziós modellek által becsült értékek parcella szintű statisztikai értékei (minimum, maximum, átlag, medián, szórás, tartomány) és a mért hozamok közötti eltérések megfigyelésével megállapítható, hogy mindhárom modell megfelelő becsléseket adott. Az átlagos hozamértékek közötti eltérés mindhárom időpontban kevesebb mint 0,2 t/ha és a június 16-ai felvétel alapján a különbség csupán 0,01 t/ha

1. táblázat Különböző időpontokban készült DESIS felvételek alapján készített regressziós modellek hiba értékei

Időpont	2021-06-08	2021-06-16	2021-06-21
Átlagos abszolút hiba	0,98	0,76	0,94
Átlagos négyzetes hiba	1,26	0,95	1,25



4. ábra A június 16-ai DESIS kép alapján készített hozambecslés és a valós hozam közötti eltérések pixel szinten

(10 kg/ha). Azonban ezek a statisztikai mutatók rámutatnak arra is, hogy a véletlenszerűen kiválasztott tanítópontok miatt, a becslések és a valós értékek szélsőértékei (minimum, maximum) között jelentős eltérések vannak. A tanítópontok kiválasztásakor további statisztikai paraméter, pl. szórás alkalmazásával vélhetően a tanítópontok, ill. a hozzájuk kapcsolódó képelemek jobban reprezentálják a hozamosztályok átlagos reflektancia-tulajdonságait, így a regressziós modell hibája tovább csökken. A pixel szintű összevetésben ezek az eltérések pontosan lokalizálhatóak is. A legtöbb pixel esetében az eltérések kisebbek mint 0,5 t/ha, azonban ahol ennél nagyobb eltérések vannak, ott a különbség mértéke sokkal nagyobb (1 t/ha felett) (4. ábra).

A jelentős eltérések több okból adódnak. Egyrészt a már említett véletlenszerű mintázás okozta szélsőértékek hiányából, másrészt a parcella szélén (nyílt talajfelszín, más növényzet), és a parcella közepén lévő egy sávban (fasor) lévő vegyes pixelekből.

Egy másik, azonos búza fajtavál bevetett tábla hozamértékeit is megbecsültük a regressziós modellek segítségével. A modellek kiterjesztéseiből láthatóvá vált számunkra, hogy a reflektancia értékek és a hozamértékek között mennyire szoros a kapcsolat. A statisztikai értékek nagyobb különbségeket mutatnak mind az átlagos hozamértékek, mind a medián és a szórás értékek között is. Azonban ezen értékek között is látható, hogy a június 16-ai felvétel alapján készített modell jobb értékeket

mutat, mint a többi modell. Ezen modell átlag és a valós értékek között 0,18 t/ha, a medián értékek között 0,09 különbség van, míg a többi modell esetében ezen mutatók 0,61 – 0,99 t/ha és 0,95 – 0,75. A fenti eredmények alapján megállapítható, hogy a hiperspektrális sávok reflektancia értékei és az átlagos hozamértékek között szignifikáns kapcsolat van. Ennek a kapcsolatnak köszönhetően a DESIS hiperspektrális sávjai alapján megfelelően lehet a hozambecslést megvalósítani. Továbbá az általunk bemutatott módszertan robusztussága miatt a hozambecslési eljárás könnyen és nagy hatékonysággal kivitelezhető más területeken is. Emellett a betanított regressziós modelleket közepes hatékonysággal lehet más parcellák becsléséhez felhasználni, amelynek köszönhetően kevesebb terepi adat felhasználásával is lehetőség nyílik nagy területek hozambecslésére. Azonban a pixel szintű eredmények jól mutatják, hogy a becslési pontosság tovább javítható az ellenőrzött mintavételezéssel, illetve további paraméterek alkalmazásával (talajszkenner adatok, meteorológiai adatok).

Köszönetnyilvánítás

A kutatásban való segítségnyújtásért és szakmai tanácsaikért, melyek nélkül e kutatás nem valósulhatott volna meg, külön köszönetet nyilvánítunk a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. közreműködő munkatársainak.

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium NKFI-6 K124648 sz. projekt támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- CSENDES B. – MUCSI L. (2016): Identification and Spectral Evaluation of Agricultural Crops on Hyperspectral Airborne Data. *Journal of Environmental Geography*, 6(3–4), pp. 49–53, doi: 10.1515/jengeo-2016-0012
- KERR, G. – AVBELJ, J. – CARMONA, E. – ECKARDT, A. – GERASCH, B. – GRAHAM, L. – GÜNTHER, B. – HEIDEN, U. – KRUTZ, D. – KRAWCZYK, H. – MAKARAU, A. – MILLER, R. – MÜLLER, R. – PERKINS, R. – WALTER, I. (2016): The hyperspectral sensor DESIS on MUSES: Processing and applications. 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 268–271. doi: 10.1109/IGARSS.2016.7729061
- MÜLLER R. – AVBELJ J. – CARMONA, E. – ECKARDT, A. – GERASCH, B. – GRAHAM, L. – GÜNTHER, B. – HEIDEN, U. – ICKES, J. – KERR, G. – KNODT, U. – KRUTZ, D. – KRAWCZYK, H. – MAKARAU, A. – MILLER, R. – PERKINS, R. – WALTER, I. (2016): The new hyperspectral sensor DESIS on the Multi-Payload Platform MUSES installed on the ISS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLI-B1, pp. 461–467, doi: 10.5194/isprs-archives-XLI-B1-461-2016
- PAP N. – PAP J. – SCHMIDT R. (2018): Őszi búza termésbecslése, XXXVII. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, pp. 178–184.
- PAP N. – PAP J. (2012): A termésbecslés és termélelemzés jelentősége a precíziós növénytermesztésben, LIV. Georgikon Napok, Keszthely, pp. 94.