

Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskola

**A távérzékelés és a digitális képfeldolgozás mezőgazdasági
alkalmazhatósága**

PhD értekezés

Témavezető: Dr. Nagyváradi László

Doktoriskola vezető: Prof. Dr. Dövényi Zoltán

írta:

Horváth Zoltán

PTE TTK Földrajzi Intézet

Pécs

2018

TARTALOMJEGYZÉK

1. Célkitűzések, Tézisek.....	1
2. Bevezetés	2
3. Kutatási előzmények.....	5
3.1. Különböző növénykultúrák elkülönítése távérzékeléssel nyert felvételeken	5
3.1.1. A távérzékelés.....	5
3.1.2. A hiperspektrális távérzékelés	5
3.1.3. Magyarországi alkalmazás	6
3.1.4. A növényzet jellemzői	7
3.2. Növénykultúrák elkülönítése színtérképezéssel.....	8
3.2.1 A színek jelentése	8
3.2.2 A tesztterület botanikai jellemzése	10
3.3. A távérzékelte adatok információtartalma	11
3.3.1 Vizuális tulajdonságok mérése és adatgyűjtés távérzékeléssel	12
3.3.2 A spektrális reflektancia görbék.....	13
3.3.3 A hullámhossz szerepe a távérzékelésben.....	15
3.4. Szarvasgomba jelenlétének detektálása távérzékeléssel	15
3.5. Phytophthora infestans.....	18
3.6. Eloszlással súlyozott SFD vizsgálat	19
3.7. GPS és GLONASS	20
4. Anyag és módszer.....	24
4.1. Különböző növénykultúrák elkülönítése távérzékeléssel nyert felvételeken	24
4.1.1. Képek elemzése, digitális képfeldolgozás.....	26
4.2. Növénykultúrák elkülönítése színtérképek segítségével	26
4.2.1 Tesztterület	27
4.2.2 A kísérlet bemutatása	28
4.2.3 Színtérképezés.....	28
4.2.4 Fourier transzformáció	33
4.2.5 Quadtree.....	34
4.2.6 Növénymagasság becslése beesési szögből.....	38
4.2.7 Növénymagasság becslése a quadtree segítségével	39

4.3. Távérzékeléssel nyert kétdimenziós felvételekből georeferálás nélkül készített háromdimenziós modell	40
4.3.1 A kísérlet bemutatása	41
4.4. Szarvasgomba	44
4.4.1 A kísérlet bemutatása	44
4.4.2 Képek előfeldolgozása	45
4.4.3 Képek irányított osztályozása	45
4.4.4 A módszerek ismertetése	46
4.5. Phytophthora infestans fertőzés vizsgálata Burgonyalevélen contour segítségével laboratóriumi körülmények között.....	49
4.5.1 A kísérlet bemutatása	49
4.6. Eloszlással súlyozott SFD vizsgálata	52
4.6.1 A Spektrális Fraktáldimenzió (SFD).....	52
4.6.2 Az SFD és HSFDF értékének összehasonlítása	53
4.6.3 Számításigény.....	54
4.6.4 Szeparálóképesség	54
4.7. Objektum digitális képének skaláris mutatói	55
4.7.1 Az alkalmazott Spektrális Tehetetlenségi Nyomaték (STN) fogalom	55
4.7.2. Az alkalmazott Redukált Spektrális Konvex Burok Mérték (RSKBM)	56
4.7.3 Az alkalmazott Spektrális Távolság (ST ₂) fogalma.....	56
4.7.4 Mérési körülmények.....	56
4.7.5 Mérési bizonytalanság.....	57
4.7.6 Funkcionálértékek eloszlása	57
4.7.7 Szeparáló érték keresése funkcionáloknál.....	57
4.8. A GPS jelek pontosságának vizsgálata.....	58
4.8.1 A kísérlet bemutatása	58
4.8.2 Lineáris regresszió	59
4.8.3 Kálmán filter	60
5. Eredmények	62
5.1. Különböző növénykultúrák elkülönítése távérzékeléssel nyert felvételeken	62
5.2. Növénykultúrák elkülönítése képfeldolgozási eljárásokkal.....	63
5.2.1 A gyepek gazdasági értékének meghatározása.....	65
5.3. Távérzékeléssel nyert kétdimenziós felvételekből georeferálás nélkül készített háromdimenziós modell	68
5.4. Szarvasgombával fertőzött bokrok azonosítása	70

5.5. Phytophthora.....	71
5.6. Szeparálóképesség.....	73
5.7. Funkcionálértékek eloszlása.....	76
5.1.1 Szeparáló érték keresése funkcionáloknál.....	78
5.1.2 ST2 alapú szeparáló érték keresése	83
5.8. GPS jelek pontossága	83
6 Következtetések, javaslatok	87
7 új tudományos eredmények	88
8 Köszönetnyilvánítás	91
9 Irodalomjegyzék	92
10 Függelék	106
9.1. Különböző növénykultúrák elkülönítése távérzékeléssel nyert felvételeken	106
9.2. Növénykultúrák elkülönítése színtérképezéssel.....	107
9.3. A távérzékelte adatok információtartalma	108
9.4. Szarvasgomba jelenlétének detektálása távérzékeléssel	110
9.5. Phytophthora infestans.....	114
9.6. Eloszlással súlyozott SFD vizsgálat	115

1. CÉLKITŰZÉSEK, TÉZISEK

A doktori disszertáció célja a távérzékeléssel nyert adatok alkalmazhatóságának vizsgálata a mezőgazdasági szegmensben, olyan digitális képfeldolgozási és matematikai módszerek kidolgozása, amelyek segítségével költséghatékonyabbá lehet tenni ezt a szektort. Továbbá, amelyek megkönnyítik a rendelkezésre álló adatok gyors és hatékony elemzését és feldolgozását. Fontos szempont, hogy a feldolgozás után rendelkezésre álló adatok egyértelműek és pontosak legyenek.

Disszertációm céljait az alábbi tézisekkel kívánom bizonyítani:

1. Mely képfeldolgozási módszerekkel, algoritmusokkal különíthetőek el különböző növénykultúrák távérzékeléssel nyert felvételeken?
2. A felvételeken talált mikorárnyékok és árnyékok segítségével elkülöníthetőek-e a növénykultúrák és az erdők?
3. Távérzékeléssel nyert kétdimenziós felvételekből georeferálás nélkül készíthető-e háromdimenziós modell a felszint borító növényzetről?
4. Távérzékeléssel nyert adatokkal kimutatható-e a szarvasgomba mogyoró bokrokon?
5. Előre jelezhető-e a phytophthora fertőzés terjedése burgonyaleveleken?
6. Burgonyagumók elkülöníthetőek-e színbeli tulajdonságok alapján? Továbbá vannak-e fajtaspecifikus jellegek, amelyek színből kifejezhetőek?
7. Az objektum digitális képének skaláris mutatói alkalmasak-e szeparációra?
8. Az eltérő GPS szenzort használó okostelefonok és tabletek esetében mennyire megbízhatóak a szenzorok által szolgáltatott adatok, továbbá mennyire pontosak az eszközök által használt operációs rendszerek, illetve mennyire platformfüggetlenek a mérési eredmények?

2. BEVEZETÉS

"Ha az érzékelés ajtóit megtisztulnának,

minden úgy tűnne fel az ember előtt, amilyen valójában: Végtelennek."

(William Blake)

A dolgozat a távérzékelés és a digitális képfeldolgozás mezőgazdasági alkalmazhatóságának problematikáját járja körül. Az elsődleges célja, a témakörnek azon sokszínű felhasználhatóságára felhívni a figyelmet, amely sokak véleménye szerint kiaknázható lehetőségeket rejt. A problémakör konkrét vizsgálata előtt érdemes azonban figyelmet szentelni a kifejezés hivatalos meghatározásának.

A technika fejlődésével szinte már mindennapjaink részévé vált ez a technológia. Elég csak arra gondolnunk, hogy a mobiltelefonok nagy része már rendelkezik GPS vevővel, használjuk a Google Earth programot, különböző térképeket, amelyeknek egy részén műholdfelvétel is választható mint alapréteg (Karen 2010, Nick et al. 2012). Ennek ellenére nagyon fontos tény, hogy a rendelkezésre álló adatoknak, információknak csupán töredéke kerül felhasználásra és alkalmazásra. Az alkalmazási terület nagyon sokféle és szerteágazó lehet. A disszertáció a technológiák mezőgazdasági alkalmazhatóságát szeretné bemutatni olyan területeken, ahol nagyon is kézenfekvő a távérzékelés és a digitális képfeldolgozás használata (Daniel et al. 1984). Elég csak arra gondolni, hogy a mezőgazdaságban dolgozó munkagépek - legyenek ezek traktorok, kombájnok, permetezők, tápanyag-visszapótló gépek - már rendelkeznek GPS-szel. A távérzékeléssel nyert adatok tekintetében kézenfekvő, hogy azok ezen a területen is felhasználásra kerüljenek. De akár egy megfelelő felbontású légifotóról is feltérképezhető egy adott terület, ahol megfelelő képfeldolgozási és távérzékelési elemzésekkel elkülöníthetők az eltérő növénykultúrák (Lóki 1996). Továbbá az adott terület méretének meghatározása is lehetséges. Ezek az elérhető funkciók pedig nélkülözhetetlenek az EU-s területalapú támogatásoknál is.

Azon cél elérése érdekében, hogy a technikai lehetőségek, újítások megfelelő módon kihasználásra kerüljenek, mindenekelőtt szükség van az esetleges negatívumok feltárására és - lehetőség szerint - azok kiküszöbölésére. Talán már sokakban felmerült a kérdés, hogy egy adott területről hogyan készíthető háromdimenziós modell? Sokan talán azt válaszolnák, hogy szükség van valamiféle georeferálásra, mert nélküle nem kivitelezhető a terület felszínének modellezése. A disszertációban található vizsgálat is azt járja körül, hogy a távérzékeléssel

nyert vizuális felvételekből miként lehet háromdimenziós modellt készíteni. Az alap felvetés az emberi látásból indult ki, hiszen az ember is képes érzékelni a térben elhelyezkedő objektumokat. Annál jobb bizonyításra talán nincs is szükség, mint, hogy a modell elkészíthető, viszont ezt már kicsit nehezebb átkonvertálni a feldolgozó berendezés nyelvére. A disszertációból kiderül, hogy azonban ez sem lehetetlen.

A disszertációban a szarvasgomba a távérzékelés segítségével lesz „látható” egy távérzékelési és egy képfeldolgozási eljárásnak köszönhetően. Az egyik megoldás az infrakamerával készített légifelvételek osztályozásával, a gyökereket átszőtt micélium arányának vizsgálata volt, a másik pedig a mikorrhizált és gombapartner nélkül élő növények összehasonlítása a fertőzöttel. A kutatás létjogosultságát talán a gomba hétköznapi ára indokolja a legjobban.

A *Phytophthora* terjedésének előrejelzésére irányuló vizsgálatok célja az volt, hogy a keresztezésekkel létrehozott különböző burgonyafajták tesztelésre kerüljenek a *Phytophthora* (*Phytophthora infestans*) fertőzés tekintetében (Bolch et al. 2008). Továbbá annak megválaszolása, hogy képfeldolgozási módszerekkel mennyire lehet előre jelezni ennek a gombának a terjedését burgonyaleveleken, ha ez egyáltalán lehetséges. Ez a kísérlet azért is fontos és aktuális, mert ennek a fertőzésnek nagyon kedveznek a hazánkra jellemző környezeti adottságok, mivel a *Phytophthora* a nedves, hűvös környezeti feltételeket kedveli, és nem csak a burgonyaállományt veszélyezteti.

A távérzékeléshez szorosan kapcsolódik a képfeldolgozás, amellyel hatékonyabban nyerhetőek ki a felhasználó számára fontos információk. A vizsgálatok célja az volt, hogy kiderüljön az ország egyik legfontosabb haszonnövényének, a burgonyának, vannak-e olyan színbeli tulajdonságai, amelyek alapján elkülöníthetőek a különböző fajták egymástól. Ennek a kérdésnek az adja a létjogosultságát, hogy ha van ilyen tulajdonsága, akkor a betakarítás, illetve a gumók szeparációja is gépesíthető egy nagysebességű kamerával.

De nem elég csak a színbeli megjelenésre gondolni, mert ezt a tulajdonságot a gépek nyelvére is le kell fordítani. Ehhez pedig matematikai eljárásokra, algoritmusokra van szükség. Továbbá a rendelkezésre álló és feldolgozandó információkat tárolni is kell. Az is érdekes kérdéseket vet fel, hogy melyik az a formátum, amelyik megfelelően tárolja az információkat, illetve, hogy a különböző tárolási metódusok között van-e lényegi különbség?

A disszertáció végén bemutatásra kerülő téma pedig azért fontos, mert napjainkban szinte mindenki használja a kültéri navigációt. De gondolhatunk egyszerűen a precíziós

mezőgazdaságra is, mint gyűjtőfogalomra, hiszen ennek is a pozicionálás az alapja. Viszont arról kevés szó esik, hogy ezek az eszközök mennyire szolgáltatnak pontos információt a felhasználók számára. A disszertációban ismertetett kutatások eredménye talán sokakat meg fog lepni, de sajnos az általunk annyira pontosnak és megbízhatónak hitt megoldás csak bizonyos feltételek mellett nyújt megbízható információt.

A felvetett kérdések és megoldási javaslatok mellett azonban nem szabad elfelejteni, hogy ilyenkor minden esetben jogosan merül fel a kérdés, hogy a vizuális információkat hogyan tudjuk számszerűsíteni úgy, hogy azok egyértelműek legyenek minden felhasználó számára. Ebből kifolyólag nem lehet élesen szétválasztani a mezőgazdasági alkalmazást az informatikai és biológiai vonaltól sem.

3. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

3.1. KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE TÁVÉRZÉKELÉSEL NYERT FELVÉTELEKEN

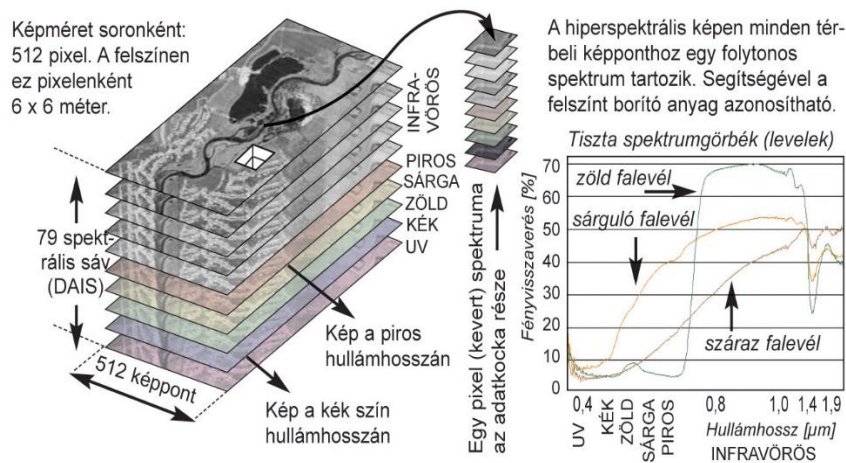
3.1.1. A távérzékelés

A távérzékelés olyan adat- és információgyűjtési módszer, amely során az elektromágneses hullámok detektálásával és feldolgozása során szolgáltat adatokat; ezek lehetnek közvetlen-, vagy visszavert hullámok. Az érzékelők (szenzorok), a tárgyról visszavert vagy az azok által kibocsátott sugárzást rögzítik (James et al. 2011). Itt kell megemlíteni a fotogrammetria jelentőségét is, amit régebben önálló tudományterületnek tekintettek, de napjainkra a távérzékelés egy részterületévé vált. Attól függően, hogy a fényképeket légi vagy földi állomáspontra illetve referencia ponton elhelyezett felvevő rendszerrel készítik, légi vagy földi fotogrammetriáról beszélünk (James et al. 2011). A távérzékelés legnagyobb potenciális felhasználója a mezőgazdaság (Strebkov et al. 2014). Ez azzal magyarázható, hogy a mezőgazdaság termeli és használja fel a legtöbb megújuló természeti erőforrást. Itt elég csak a szalmatüzelésre áttérő közintézetekre gondolni, a mezőgazdaságtól nyerik a tüzelőanyagot. De említésre kerülhetnének itt még a biomassza üzemek, vagy smaragdfa ültetvények is (Anatoly et al. 2015). A távérzékelést és a 'gépi' látást (digitális képfeldolgozást) a növénykultúrák elkülönítésére az elsők között Guyer (et al. 1986) alkalmazta. A kísérleteik során a fluoreszcencia jelenségét használták fel, amellyel szürkeárnyalatos képeket elemeztek és vizsgálták, hogy a növényzet rendelkezik-e fajspecifikus jegyekkel, melyekkel egyértelműen azonosítható egy adott növénykultúra. A vizsgálatok eredménye azt mutatta, hogy ez a megoldás nagyon magas (átlag 54%) hibaszázalékkal alkalmazható szeparációra. Ezt követően áttörést Wu (et al. (2007)) ért el. Vizsgálódásaik során neurális hálót és egyéb algoritmusokat használtak az eltérő levélzetek texturális elkülönítésére. Ezekkel a módszerekkel 90%-os pontosságot értek el.

3.1.2. A hiperspektrális távérzékelés

A hiperspektrális távérzékelés során számos (10-100-as nagyságrendű) sávban készül spektrum az adott terület egyes pontjairól; az egyes spektrumokat magában foglaló képpontokból pedig kép állítható össze (képpalotó spektrometria). A hiperspektrális távérzékelő eljárást eredetileg idegen égitestek felszínének geokémiai vizsgálatára dolgozták ki, hiszen ma jobbra csak a távérzékelés segítségével lehetséges más bolygók felszínén található anyagok meghatározása (a Földre hullt meteoritokon kívül) (Genc et al. 2009). A

spektrometria jelenleg is a leghatékonyabb módszer például a Mars felszíni anyagainak vizsgálatára (A Mars Express OMEGA műszere ilyen képkötő spektrométer). A földi alkalmazásokban az 1980-as évektől elsősorban ásványtérképezési céllal használták a hiperspektrális technológiát. A növényzettel és sokszor felhőkkel is borított Európában főleg bányászati szennyeződések kimutatására használták, a száraz területeken a felszín geológiai térképezésére is. A hiperspektrális távérzékelés a legújabb, felszínborítást vizsgáló eljárások egyike (Fauvel et al. 2012). Hazánkban először 2002-ben készítettek képkötő spektrometriát használó légifelvételeket. A következő fejezetben ez a módszer kerül bemutatásra, elsősorban egy vegetáció vizsgálat példáján. Az 1. ábrán láthatjuk a spektrometria technológiájának sematikus rajzát.



1. ábra: A képkötő spektrometria technológiája (Hargitai et al. 2004)

Kutatásunk szempontjából a sávok száma az egyik, ha nem a legfontosabb tényező. Mivel a felvételeken szereplő objektumok eltérő tulajdonsággal rendelkeznek, ennek köszönhetően eltérő mértékben verik vissza a fényt. A sávok pedig különböző hullámhosszokban készülnek, ezáltal sokkal hatékonyabban tudjuk osztályozni a felvételeket és vizsgálni a számunkra fontos részeket.

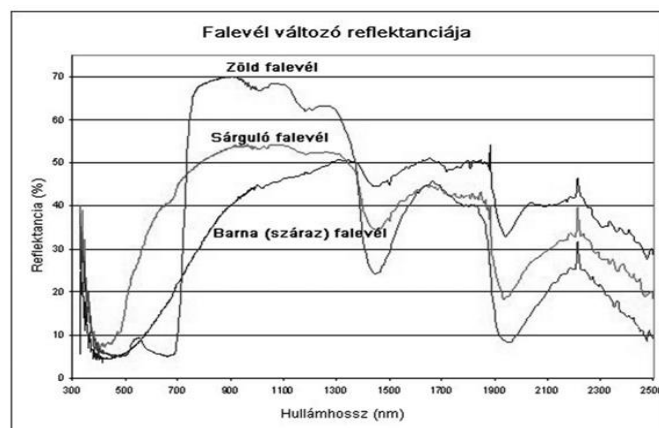
3.1.3. Magyarországi alkalmazás

Ezzel az új távérzékelési technológiával első alkalommal öt magyarországi területről készültek 2002 augusztusában képkötő spektrométeres légifelvételek egy nemzetközi kooperáció keretében (Barta 2008, Kardeván et al. 2005, Hargitai et al. 2004, Hargitai et al. 2006). A repüléssel egyidejűleg a terepen spektrális mérésekre, talaj- és növényzet mintavételezésekre került sor (CORINE). Az így gyűjtött adatok az Európai Unió által támogatott projekt keretében bányászati és ipari szennyezések térképezésére, valamint talajszikesedéssel és

mezőgazdasági termeléssel kapcsolatos kutatásokban kerültek feldolgozásra (EMOGA, Roberto 2012). Az adatkockák feldolgozása a későbbiekben új, független kutatási projekteket folytatódott. A projekt egyben a hiperspektrális technológia első hazai tesztelése is volt, melynek során a különféle egyetemek és kutatóintézetek munkatársai elsajátíthatták a hiperspektrális képfeldolgozás folyamatát a terepi munkától az adatfeldolgozásig. A kutatások elsődleges célja az új technológia lehetőségeinek és korlátainak meghatározása volt.

3.1.4. A növényzet jellemzői

A kísérletek során bebizonyosodott, hogy a felszín borítása részletesebben vizsgálható, mint ahogy a multispektrális felvételezés során ezt tapasztalták. Továbbá, hogy a klasszifikációhoz jól kiválasztott tanítópontok is nélkülözhetetlenek. Abban az esetben, ha ismertek az endmemberek¹, akkor a kevert képpontok² is szétválaszthatóak. Erre szolgál jó például a falevél spektrumának meghatározása, amit a 2. ábra szemléltet (Firtha 2007.).



2. ábra: Egy falevél spektruma (Hargitai et al. 2004)

A megfelelő tanítópont ilyen esetben úgy deklarálható, hogy egy homogén felületet kell keresni, így feltételezhető az, hogy az azonos felszínborítási osztály reprezentál az adott képen. Ez egy viszonylag nehéz feladat, mert sok összetevő befolyásolja egy kép színértékeit. Ilyen befolyásoló tényezők az aktuális évszak, fenológiai fázisok, a növények kora, stb. Ezek a befolyásoló tényezők kiküszöbölhetőek, ha a kísérletek során készül egy referencia adatbázis, ahol több időpontban (eltérő fejlődési fázisokban) rögzítésre kerül egy-egy terület saját spektruma. Ezek az adatbázisok vonatkozhatnak egy fajra, vagy akár egy társulásra is (Firtha et al. 2008.). Továbbá érdemes megemlíteni Fauvel (et al. 2012) kísérletét, ami éppen arra irányult, hogy a hiperspektrális felvételek spektrális információtartalmát vizsgálja, és tesz

¹ Az endmember-ek olyan spektrumok, melyeket egy spektrumkép tiszta felületű anyagainak reprezentálására választottunk.

² A visszavert jel kettő vagy több felületről verődik vissza.

kísérletet ez alapján osztályozni a rendelkezésre álló képet (Flauvel et al. 2012.). Valamint hazai oldalról kiemelkedik Hargitai (2006) munkája. Ezek a tulajdonságok abban az esetben szolgálnak valóban értékelhető információval, ha a színek jelentése is egyértelmű.

3.2. NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE SZÍNTÉRKÉPEZÉSEL

3.2.1 A színek jelentése

Az elkészült felvételeken az információt, a felvételi tárgyról visszaverődő fénysugarak intenzitás különbségei alapján tónus különbségek adják. Ha a felvételt csak egyetlen hullámhosszra érzékeny felvevő berendezéssel készítik (Verőné 2010), ún. pankromatikus felvétel lesz a kimeneti kép. A képen sötétebb és világosabb foltok váltakoznak. Ezek a tónus különbségek legegyszerűbben a fekete és fehér színek megfelelő kombinálásával ábrázolhatóak, ezért az ilyen képeket fekete-fehérnek is nevezik. A felvételi tárgyról több információ nyerhető, ha arról színes kép is készül. Az analóg filmek esetében három különböző hullámhosszra érzékeny réteget visznek fel egymás után a hordozóra. Ezek külön-külön olyan fényérzékeny rétegek, amelyek az adott hullámhosszú fénysugárzás hatására megfelelő mértékben elsötétednek. Az első hullámhosszra érzékeny réteg piros színezetet kap, a második zöldet, a harmadik kéket. E három alapszín keveréséből nyerhető ki a teljes színpalettával rendelkező kép.

A digitális technikában a beérkező fénysugár útjába különböző prizmákat és szűrőket helyeznek el. Ezzel biztosítják a megfelelő hullámhosszú alkotók szétválasztását, amelyek külön-külön érzékelőkbe jutnak. Az ilyen több hullámhosszon párhuzamosan készített felvételeket multispektrális felvételnak nevezik (Ling et al. 2003). A színes kép előállításához ezek után már csak tetszőleges három csatorna kiválasztásával és a megjelenítő eszköz alapszín sugaraihoz való rendeléssel készül. A kutatás kezdetekor ebben a témában nem találtam releváns szakirodalmat, vagy arra utaló jelet, hogy már használta volna valaki a színtérképezést növénykultúrák elkülönítésére.

Az emberi szembe jutó meghatározott színű fényt mindig a kiegészítő, komplementer színű fénysugárként érzékeli az emberi szem. Legjobb példa erre a növényzet zöld színe (Raymond et al. 2013). A növények színüket a pigment sejtekben lévő nagyszámú klorofilltól kapják (Manea és Leisman 2014). A klorofill (Datt 1999) a látható fény tartományából elnyeli a kék és zöld színű sugarakat, viszont a vörös színűeket erősen visszaveri (Kumar és Rani 1999). Szemünkbe csak ez a vörös szín jut el, amelynek kiegészítő színe a zöld. Mivel az agy a beérkező fénysugarakat a kiegészítő színével cseréli fel, így a növényekről visszaverődő vörös

sugarakat zöldnek érzékeljük (Thomason. et al. 2010). Ez azért fontos, mert ennek a zöld színnek az intenzitásából olyan következtetések vonhatóak le, mint például a nitrogén túladagolás, fertőzések, vagy egyéb tápanyaghiány, de még hosszasan lehetne folytatni a sort az elváltozást kiváltó okokkal (Williem et al. 2010).

Az eddig említettek mellett még egy fontos csoport a hamis színes képek. A digitális távérzékelési szenzorok jelentős része egyszerre több, egymástól jól elkülöníthető spektrális intervallumban készít digitális képet. Egy-egy ilyen képet spektrális sávképnek neveznek. Ezeket a sávképeket fekete-fehér képként kell elképzelni, a pixeleket jellemző fényességi értékeknek megfelelő szürke fokozatokkal. Ahhoz, hogy a felvett képekből színes megjelenítést lehessen előállítani, a színkeverés szabályai szerint a három alapszín (kék, zöld, vörös) kombinációjára van szükség, amit úgy állít elő, hogy a szenzor által különböző keskeny spektrális sávban készített három képet ezekkel a színekkel jeleníti meg. Tehát egy sávkép egy alapszín kap és a képpontok fényességi értékeiknek megfelelően az alapszínek kombinációjából kinyerhető a színes kép. Az így előállított képet hamisszínes felvételnak vagy szín kompozitnak nevezik.

Bruzzone és Carlin (2006) felismerték, hogy a színek jelentését ki lehet egészíteni textúra figyeléssel is. Ennek segítségével már elkülöníthetőek bizonyos objektumok városi környezetben. Itt még csak ember által készített objektumok azonosításával, továbbá a képek ezirányú osztályozására tettek kísérletet. A vizsgálataik során figyelembe vették az árnyékok kezelését is, ami a disszertáció egyik irányvonalával is megegyezik (Bruzzone és Carlin 2006.). Az ilyen jellegű osztályozások alapja egy nagyfelbontású felvétel, amin jól kivehetőek az egyes objektumok körvonalai. Természetesen ezek a részletek nem mindig láthatóak, továbbá nem mindig áll rendelkezésre nagyfelbontású felvétel az elemzéshez. Ehhez elég csak Jing (et al. 2007) kutatását említeni; Jing szerint a pixel alapú osztályozás sikeresen alkalmazható abban az esetben is, amikor nem áll rendelkezésre nagyfelbontású vagy éles kép (Jing et al. 2007.). Jacquin A. et al. 5 méter és 10 méter terepi felbontású képeket osztályozott, melynek célja az elővárosokban található objektumok osztályozása volt (Jacquin et al. 2008.). Magyarországon főként Kardeván (et al. 2004) foglalkozott hasonló elemzésekkel, ahol a cél a különböző erdőtípusok elkülönítése volt (Kardeván et al. 2006.).

3.2.2 A teszterület botanikai jellemzése

A teszterület a sík- és dombvidéki, valamint középhegységi kaszálórétek csoportjába tartozik (Nagy 2001). Növényzete, amely az üdőbb, árnyas lomberdők irtásain, barna, vagy agyagbemosódásos erdei talajokon vagy réti talajokon, helyenként köves váztalajon alakul ki, amely talajokra általában az enyhén savanyútól a közepesen bázikusig terjedő pH értékek jellemzők. A növényzet tartós fennmaradását a rendszeres kaszálás teszi lehetővé (Barcsák és Kertész 1998, Nagy et al. 2001). Ezek két- vagy háromszintű társulások, amelyeknek felső szintjét 120- 150 cm-re megnövő szálfüvek alkotják, az alsó, alászorult szintben aljfüvek és kétszikű virágos növények uralkodnak. A két szint közt gyakran kialakul egy dudvásszárú kétszikűekből álló szint. A társulások jellegzetes tulajdonsága virágokban való nagy gazdagságuk. A jellegzetes pannon fajokon kívül előfordulnak a környező hegyvidékek, magashegyi rétek, pojánák leereszkedett fajai. Jellemző fajok: francia perje (*Arrhenatum elatius*), terebélyes harangvirág (*Campanula patula*), illatos borjúpázsit (*Anthoxanatum odoratum*), veres csenkesz (*Festuca rubra*), szúnyoglábu bibicsvirág (*Gymnadenia conopsea*), kömény (*Carum carvi*), tarka koronafürt (*Coronilla varia*), murek (*Daucus carota*), réti boglárka (*Ranunculus acris*), perjeszittyó (*Luzula campestris*), pasztinák (*Pastinaca sativa*), korcs here (*Trifolium hybridum*), pelyhes és tömött zabfü (*Helictotrichon pubescens*, *H. compressum*), réti csillaghúr (*Stelaria graminea*), őszi kikerics (*Colchicum autumnale*), közönséges galaj (*Galium mollugo*), mezei keresztfü (*Cruciata laevipes*), réti margitvirág (*Chrysanthemum leucanthemum*), csörgő kakascímer (*Rhinanthus minor*), réti szegfű (*Dianthus deltoides*). Helyenként találhatunk még rigószegfűt (*Moenchia mantica*), gumós kötörőfűt (*Saxifraga bulbifera*), apró és hegyi herét (*Trifolium dubium*, *T. montanum*), réti golyaorrt (*Geranium pratense*), zöldikét (*Coeloglossum viride*). Mindezek illatos szénája a tejtermékek ízanyagainak, az emberi táplálkozás fontos makro- és mikroelemeinek alapvető tárolója.

E rétek fennmaradását az évszázadok alatt kialakult használat hagyományos módszerei (rendszeres kaszálás, talajlazítás, tüskés gyomok kiszúrása) teszik lehetővé. Veszélyeztető tényezők: a feltörés, taposás, legeltetés, trágyázás és a szennyezések (Berner és Sass 2012). Ezeket további használat érdekében mellőzni kell.

Négy társulás sorolható ide, amelyek a talajok vízgazdálkodását tekintve egyre szárazabb kaszálórégi típust képviselnek:

1. Alopecuro- Arrhenatheretum;
2. Pastinaco- Arrhenatheretum;

3. Anthyllido- Festucum rubrae;
4. Anthoxantho- Festucum rupicola.

A teszterület az első társuláshoz áll a legközelebb, ami az Alopecuro- Arrhenatheretum. Ezt a társulást az jellemzi, hogy középhegységi és dombvidéki, nedves, völgyi kaszálórétek (Ivanyi et al. 1994) növényzetét alkotják, amelyek többnyire nedves ártéri hordaléktalajon vagy humuszos réti talajokon alakulnak ki. Szerkezetét a szálfüvek alkotta felső (100- 120cm), és az aljfüvekből álló alsó (40-70cm) gyepszint alakítja ki, amelyhez mohaszint is társul. A két társulásalkotó faj (francia perje és ecsetpázsit) zárt gyepét (Vinczeffly 1993 és 2001), sok szép kaszálóréti virág tarkítja. Jellemzőek köztük a nedves rétekek itt is tömegesen megjelenő fajai, mint a réti boglárka (*Ranunculus acris*), a csomós ebír (*Dactylis glomerata*), a szarvaskerep (*Lotus corniculatus*), a réti lednek (*Lathyrus pratensis*), a közönséges lizinka (*Lysimachia vulgaris*) és a palástfüvek (*Alchemilla vulgaris agg*).

3.3. A TÁVÉRZÉKELT ADATOK INFORMÁCIÓTARTALMA

A tónus különbségek alapján különböző jellegű információk olvashatók le. A tónus különbségek rajzolatának elemzésével a tárgyponatok egymáshoz viszonyított elhelyezkedése követhető vissza. A képek ilyen jellegű kiértékelésével a fotogrammetria foglalkozik, ahol nagyon pontos geometriai leképezés után a felvételekből elsősorban a felszín geometriai viszonyai elemezhetőek. A felvételek többsége repülőgépről függőleges tengellyel készül. Ha a felvételi területről több különböző helyzetű felvétel készül, megfelelő elrendezés mellett lehetőség nyílik a magasságkülönbségek meghatározására is a sztereó látás felhasználásával. Ha a felvételen a tónuskülönbségek értékei kerülnek mérésre, akkor a tárgy fizikai jellemzőit lehet meghatározni (Gouinaud et al. 2011).

A denzitometria (Cooke és Jacobs 2002) tudományága a felvétel denzitás különbségei és a fizikai jellemzők különbségei között keresi a kapcsolatot. Jellegzetes példa erre a termális spektrumú felvételek alkalmazása, ahol az egyre világosabb foltok a magasabb hőmérsékletű helyeket jelzik. Amikor az egyes színfoltok jelentéstartalmát igyekszik meghatározni a vizsgálat, (a kék folt a folyót jelzi, a zöld a füvet, a piros a háztetőt, stb.,) akkor a felvétel tartalmi elemzése ún. interpretációja történik. Hangsúlyozni kell, hogy a távérzékelés során függetlenül az információ jellegétől, tehát függetlenül attól, hogy, geometriai, fizikai, vagy tartalmi kiértékelés történik, a denzitás (Jieh-Ren et al. 2014) értékek mindig csak egy felvételen kerülnek összehasonlításra. Így a kapott mérési eredmények relatív értékeket adnak, amelyeknek a valósághoz történő illesztése érdekében referencia adatokra van szükség. Ezeket a referencia adatokat a legtöbb esetben terepi bejárással és pontosítással pótolják.

3.3.1 Vizuális tulajdonságok mérése és adatgyűjtés távérzékeléssel

A megfigyelés távolsága, valamint a hordozóeszköz alapján megkülönböztethetők terepi (földi), légi-, és űreszközökből álló távérzékelési rendszerek. A légi- és űr távérzékelés dominanciája mellett a mezőgazdaságban a precíziós termesztés kapcsán a terepi távérzékelő rendszerek is jelen vannak és fejlődnek (Amzajerdian et al. 2011). Példa erre a Yara (korábban Hydro Agri) cég traktor kabintetőre szerelhető N Sensor elnevezésű érzékelő eszköze (Yara 2004). Az eszköz gabonátáblán egy időben 4 szenzora által lefedett mintegy 50 m² táblafelületen képes a növényzet nitrogéntartalmának reflektancia (Saleem et al. 2012) alapján való kiszámítására.

A távérzékelésben használt érzékelési módok több szempontból csoportosíthatók. A *passzív* érzékelési mód csoportjába azok a rendszerek tartoznak, amelyek külső sugárforrásból (például a Napból) a megfigyelt felszín által visszavert sugárzást érzékelik. Ezzel szemben az *aktív* érzékelési módszert alkalmazó rendszerek saját maguk által kibocsátott sugárzás segítségével képesek a felszín letapogatására. Ez utóbbi csoportba tartoznak a radar és a lidar (Amzajerdian et al. 2011) mérőeszközök, amelyek a passzív letapogató eszközökkel szemben az időjárástól és napszaktól függetlenül képesek dolgozni.

Az érzékelt hullámhossztartományok száma szerint megkülönböztetünk multispektrális és hiperspektrális érzékelési módot. Multispektrális (Ursula et al. 2004) képérzékelés esetén kettő vagy több, viszonylag széles, diszkrét spektrális sávon történik a képadatok egyidejű vagy sorozatos érzékelése, míg *hiperspektrális* érzékelés esetén több mint húsz (akár több száz) egymás melletti, néhány nanométer keskeny hullámhosszsávon történik az érzékelés (Christine és John 2010). Amikor a Napból, mint elsődleges sugárforrásból származó elektromágneses energia kapcsolatba kerül a mérendő objektummal, akkor három alapvető energia kölcsönhatás lehetséges. A beérkező energia részben visszaverődik, részben elnyelődik, és részben elvezetésre, továbbításra kerül (1).

$$E_b(\lambda) = E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda) \quad (1)$$

Ahol

E_b = a beérkező energiamennyiség,

E_r = a reflektált energia,

E_a = az abszorbeált energia,

E_t = a transzmittált energia,

a λ hullámhossz függvényében.

Az $E_r(\lambda)$, $E_a(\lambda)$, $E_t(\lambda)$ mennyiségek értéke mindig az adott mérendő objektum fizikai jellemzőitől és kémiai összetételétől függ, s közülük a távérzékelési eszközök legtöbbször az $E_r(\lambda)$ -t mérik. A távérzékelési eszközök által mért érték alapján következtetni lehet a megfigyelt objektum kémiai, fizikai, élőlények esetén fiziológiai jellemzőire. Az optikai

tartományban az $E_r(\lambda)$ mennyiség a tárgy által bizonyos irányban, bizonyos besugárzási körülmények között visszavert sugárzás mennyiségét jelenti, egy ideális, fehér, szórt fényt visszaverő (Lambert-) felület pontosan ugyanilyen körülmények között visszavert sugárzásához képest (Eugene 2001).

Ezáltal a mért objektum visszaverő tulajdonsága mennyiségileg százalékban, kifejezhető a beérkező és visszavert energia nagyságának arányával (2).

$$\rho(\lambda) = \frac{E_r(\lambda)}{E_b(\lambda)} \times 100 \quad (2)$$

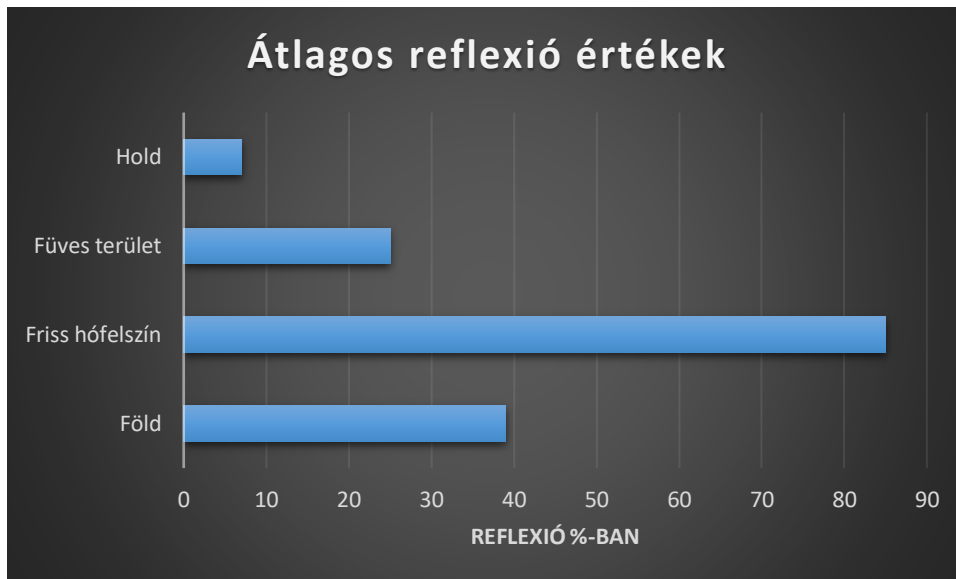
ahol

$\rho(\lambda)$ = reflektancia-százalék vagy spektrális reflektancia (Datt 1999), (a továbbiakban: *reflektancia*), a hullámhossz függvényében.

A távérzékelésben használatos passzív szenzorok azonban csak a tárgy által visszavert sugárzási energiát mérik, a besugárzás pontos mértéke ismeretlen (Assefa et al. 2007). Ennek következtében az $E_r(\lambda)$ mennyiséget nem lehet közvetlenül meghatározni, hanem kalibrációként ismert $E_r(\lambda)$ értékekkel rendelkező referencia-tárgyat kell alkalmazni (Kinsler 2010). A növényi levélnek lényeges tulajdonsága, hogy reflektancia vonatkozásában az optikailag tökéletes visszaverődési és a Lambert-féle ideális diffúz visszaverődési mód között helyezkedik el. Diffúz visszaverődéskor a mérendő objektum felszínének „színe” hordozza a spektrális információt, míg tökéletes visszaverődéskor nem (Datt 1999). Összefoglalva megállapítható, hogy a távérzékelésben általában hasznosított információhordozó az elektromágneses sugárzás, az információt közvetítő sugárzás valamiféle energiaforrásból származik (Short 1982).

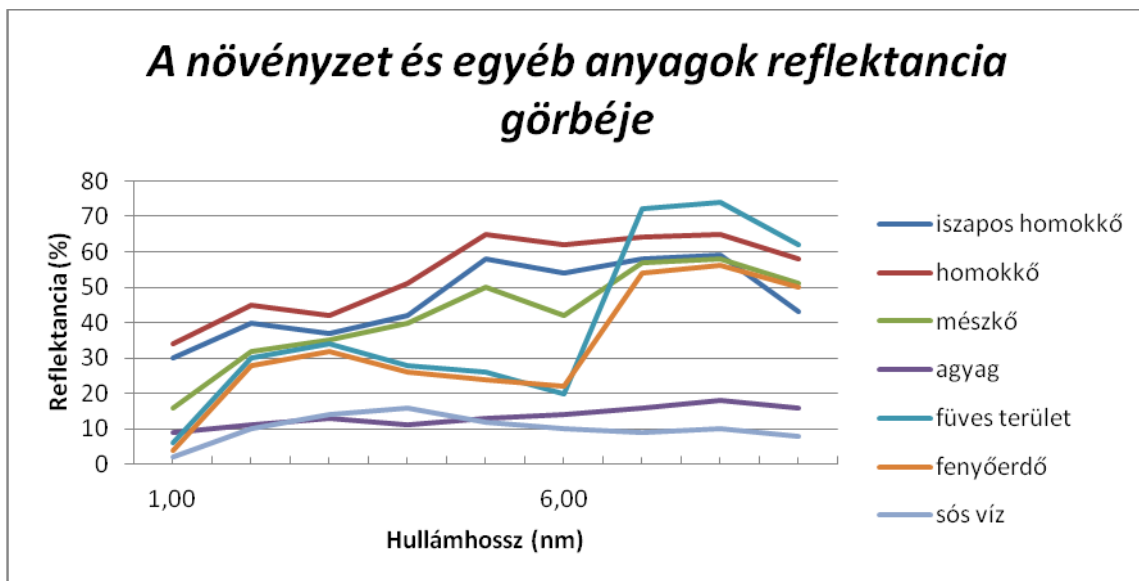
3.3.2 A spektrális reflektancia görbék

Amennyiben egy tárgy reflexiója (Henning et al., 2010) a hullámhossz folyamatos változtatása mellett kerül ábrázolásra, akkor egy görbe lesz az eredmény, amely kifejezi az adott tárgyra jellemző reflektanciát (reflektancia görbe) (Victor és Rani 1999). Mivel a reflexió értéke csak az alkalmazott fény hullámhosszától és a tárgyat alkotó anyagok elektromágneses jellemzőitől függ, ezzel a görbével az egyes anyagok sajátosan jellemezhetőek továbbá látható még néhány fontosabb intenzitási érték a 3. ábrán (Sabrina et al. 2012).



3. ábra Átlagos reflexió értékek (USGS 2003)

A 4. ábrán láthatóak a távérzékeléssel nyert felvételeken a leggyakrabban előforduló felszínborítások intenzitási értékei, százalékban kifejezve. Az előző ábrán pedig néhány érdekes adat szerepel a környezet átlagos intenzitási értékeiről (3. ábra).

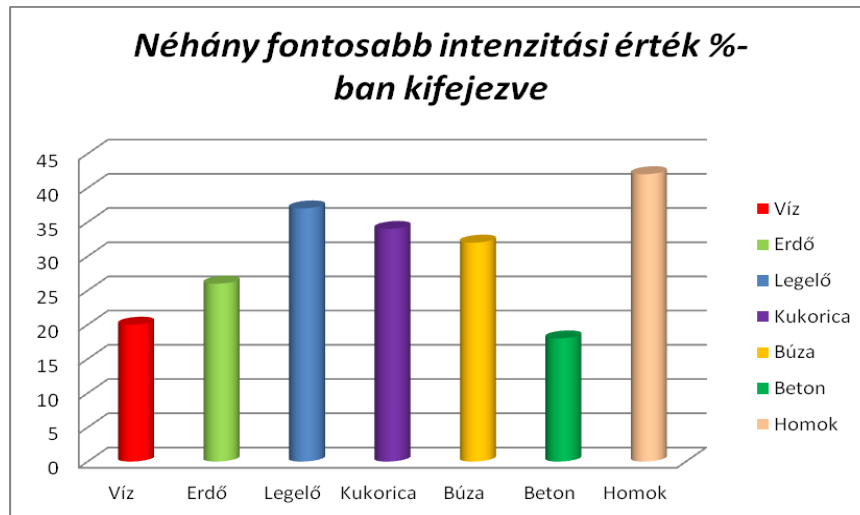


4. ábra. A növényzet és egyéb anyagok reflektancia görbéje (USGS 2003)

Ezen értékekből egyértelműen látható, hogy elég nagy eltérések detektálhatóak. Ez a képfeldolgozásnál jelent nagy előnyt, hiszen már durva, nem részletes osztályozás esetén is élesen el lehet különíteni a különböző csoportokba tartozó objektumokat, amelyeket egy nyers felvételen látunk (Kovács et al. 2008).

3.3.3 A hullámhossz szerepe a távérzékelésben

A távérzékelésben alkalmazott szenzorok az elektromágneses hullámokat (Kinsler 2010) érzékelik. Ezek, a hullámok a hullámtanban megszokott három adattal, a hullámhosszal, a frekvenciával és az amplitúdóval jellemezhetőek (5. ábra).



5. ábra. Néhány fontosabb intenzitási érték %-ban kifejezve (USGS 2003)

Azonban az elektromágneses spektrum rendkívül széles és nem minden hullámhossz egyformán alkalmas távérzékelési célokra (John 2012). Ugyanis a hullámhossz függvényében nem minden elektromágneses sugárzás lép érzékelhető kölcsönhatásba. A Föld légköre önmagában egy jelentős elnyelő illetve visszaverő közeg, amely a Napból érkező elektromágneses energiát csak az ún. atmoszférikus ablakokon (Amzajerdian et al. 2011) engedi át. Az első ilyen jelentős ablak a látható fény tartományába esik. Az alacsonyabb hullámhosszú sugárzást 464-500nm az atmoszféra visszaveri (kék fény), de a zöld, vörös és a közeli infravörös hullámok jó lehetőséget biztosítanak a felszín megfigyelésére (Kinsler 2010). E tartományok jelentőségét növeli a növényzet klorofill (Hyde 2003) tartalmának erős visszaverő tulajdonsága a zöld hullámhossz tartományban valamint az elnyelődés a kék és a piros tartományban. További atmoszférikus ablakok (Camparguea et al. 2015) léteznek a közepes infravörös, a hó infra, valamint a mikrohullámú tartományokban.

3.4. SZARVASGOMBA JELENLÉTÉNEK DETEKTÁLÁSA TÁVÉRZÉKELÉSSSEL

A „szarvasgomba” név az „Elaphomyces” (görög), „Fungus cervinus” (latin és „Hirschtrüffel” (német) szavak lefordítása. A szarvasgomba szó a köztudatba már eléggé átment, de a nép itt-ott korallgombákat (Ramaria) ért alatta. A földalatti gombáknak népies neve „földi kenyér” (Erdprot). A Székelyföldön szív-, tájszóval „szűgomba”, ha nem is mindegyik fajra értve (Szemere 2005).

Jóllehet a földalatti gombák rendszertanilag egymástól eltérő családokba, sőt osztályokba tartoznak, mégis a szakirodalom „földalatti gombák” gyűjtőnéven – a többi gombáktól külön – tárgyalja őket. Közös bélyegük mindössze az, hogy többé-kevésbé a lombtakaró alatt, a földben hozzák termőtestüket, bár egyes érett példányok ki is ütközhetnek a földből.

A földalatti gombák is spórákkal szaporodnak. A spórák a rovarok, a turkáló állatok és a víz sodra által nagyobb távolságra is eljuthatnak. A terjeszkedésnek azonban az a leggyakoribb módja, hogy az erdő talajára lehullott terméseket (makk stb.) vagy faleveleket átszövi a gomba micéliuma. Abban az esetben, ha az ilyen termés az állatok (madarak) révén más helyre kerül, illetve a szél vagy a víz sodra tovább viszi a leveleket, ott – ha a hely alkalmas – a termésen, levélen levő micélium átterjed az erdőtalajra, ahol aztán néhány év múlva új gomba-termőfolt keletkezik (Szemere 2005).

A szarvasgombák mikorrhizaképző gombák, ami azt jelenti, hogy kizárólag valamilyen más növényfajjal együtt képes életben maradni. Szimbiózis partnerei lehetnek:

- Molyhos tölgy (*Quercus pubescens*)
- Kocsányos tölgy (*Quercus robur*)
- Csertölgy (*Quercus cerris*)
- Közönséges mogyoró (*Corylus avellana*)
- Fekete fenyő (*Pinus nigra*)
- Törökmogyoró (*Corylus colurna*)
- Nagylevelű hárs (*Tilia plathyphyllos*)
- Gyertyán (*Carpinus betulus*)
- Atlasz cédrus (*Cedrus atlantica*)

A gombák a fák gyökerén élnek, behálózzák, átszövik a gyökércsúcsokat, behatolnak egészen a sejtek közé. Segítségükkel a fák nagyobb felületen tudják a vizet és a tápanyagot felvenni, így jobb lesz az alkalmazkodóképességük, megnő az életterük. A szarvasgomba haszna a szimbiózisból, hogy kész tápanyaghoz jut a fa gyökerein keresztül.

Külföldön nagy hagyománya van a szarvasgomba termesztésének. Hazánkban még nem terjedt el széles körben, de fejlődés várható ezen a téren, hiszen a kereslet jóval meghaladja a kínálatot. Hazánkban jelenleg 70 ha-on van szarvasgomba ültetvény.

A *Tuber* nemzetségből tizennégy gombafaj található meg hazánkban. A Pannon Egyetem keszthelyi botanikus kertjében Nyári szarvasgomba (*Tuber aestivum*), Burgundiai szarvasgomba (*Tuber uncinatum*) és Francia szarvasgomba (*Tuber melanosporum*) jelenlétének vizsgálata történt meg. A Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Botanikus Kertjében található ültetvény három részre osztható. Az első területen 2000-2002 közötti

években ültetett Nyári szarvasgombával (*Tuber aestivum*) mikorrhizált közönséges mogyoró (*Corylus avellana*), feketefenyő (*Pinus nigra*) és csertölgy (*Quercus cerris*) fajok találhatók. A második területen 2000-ben ültetett burgundiai szarvasgombával (*Tuber uncinatum*) mikorrhizált kocsányos tölgy (*Quercus robur*), közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) és közönséges mogyoró (*Corylus avellana*) fajok, végül a harmadik területen szintén 2000-ben telepített, francia szarvasgombával (*Tuber melanosporum*) mikorrhizált molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) fák találhatók. A vizsgálatok a mogyoró ültetvényen történtek. A szarvasgomba csak valamilyen növényvel szimbiózisban képes élni, annak gyökerén, 10-30 cm-el a föld alatt. Többnyire kutyával, ritkán disznóval gyűjtik. Az állatok a gomba illatát érzik, viszont vannak más árulkodó jelek is; a gomba jelenlétére utal a növényzet hiánya a bokrok, fák alatt, ez az ún. égésfolt, ez látható a 6. ábrán.



6. ábra, Égésfolt (Saját felvétel)

Azért az égésfolt került a vizsgálat középpontjába, mert néhány kutató szerint a levél elszíneződéséből nem lehet egyértelműen meghatározni a gomba jelenlétét, mert az elszíneződést más környezeti tényező is befolyásolhatja.

A vizsgálatok szempontjából a legfontosabbak a Föld felszínéről visszaverődő hullámok, mint például egy adott növénykultúráról visszavert hullámok, ugyanis ezek jutnak el az érzékelőkhöz, amelyeket a későbbiekben vizsgálni és elemezni tudunk. Ezek láthatóak az 5. ábrán.

Ha megvizsgáljuk, hogy egy adott tárgy felszínéről a beeső sugárzás hány százaléka verődik vissza ez az adott tárgy fényelnyelési tulajdonságát adja meg, amely az adott tárgy fizikai tulajdonságaitól és az alkalmazott fény hullámhosszától függ. A hullámhossz függvényében ez az érték az egyes anyagokra jellemző ún. reflexió. A kutatás kezdetekor hasonló vizsgálatról vagy elért eredményről ebben a témában nem volt elérhető publikáció.

3.5. PHYTOPHTHORA INFESTANS

Napjainkban egyre fontosabb, hogy élelmiszereink egyre kevesebb vegyszerszármazékot tartsanak magukban. Emellett fontos még a környezet megóvása is. A kutatások során fontos szempont volt egy olyan rendszer kidolgozása, amellyel a *Phytophthora* terjedését előre lehet jelezni, hiszen egyik legnagyobb mennyiségben termesztett és fogyasztott haszonnövényünk a burgonya (Jayme 2013). Vizsgálatok során egyaránt vizsgálatra kerültek rezisztens és nem rezisztens fajták. Ezáltal több információ gyűjthető arról, hogy is viselkedik a rendszer fertőzés és rezisztencia esetén. Véleményem szerint azért fontos ennek a rendszernek a további fejlesztése, mert így a védekezést sokkal hatékonyabban és koncentráltabban lehet elvégezni, így nem csak a környezetet, hanem a növényt is kímélni lehet a kevesebb vegyszer felhasználásával (Horváth 2011).

A fertőzés a leveleket érinti, ez lombpusztulásához vezet. Azonban itt nem áll meg a kártétel. A burgonya ezt követően új lombot fejleszt, de ennek ára van (Fry 2008). Az új lomb kialakításához felhasznált úgynevezett asszimilátákat a gumóktól vonja el, így csökken a termés mennyisége és nagyban romlik a minősége is (Berke et al., 2006). A burgonya mellett másik haszonnövényünket, a paradicsomot is fenyegeti ez a betegség (Christian et al. 2015). Valamint itt kell megemlíteni, hogy a *Phytophthora* sajnos nem csak a burgonyaállományt és a paradicsomot érinti (Douches et al. 2001, Rowe és Miller 1995). Fogékonyak rá az égerállományok is. Ezzel bővebben foglalkozott Koltay András is egy 2006-os tanulmányban (Koltay et al. 2006). Ebből a rövid áttekintésből is látható, hogy ez a fertőzés szinte válogatás nélkül támad meg különböző kultúrákat. Ez talán még indokoltabbá teszi a kutatás fontosságát, hiszen ha sikerül előre jelezni a fertőzés terjedésének irányát, akkor jelentős károktól kímélhető meg a gazdaság.

A fertőzések szinte minden esetben színbeli elváltozást okoznak a növényeken. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy a vírusok fertőzésének irányát, terjedését néhány nappal előre lehet jelezni. Amikor fertőzés éri a növényt az lassan elkezd tovább terjedni a növényi nedvek segítségével. Amint ez bekövetkezik, lassan elkezd változni a növény eredeti színe is. Ez a színváltozás nagyon jól nyomon követhető bizonyos képfeldolgozási eljárások segítségével. Ebben az esetben nem csupán egy osztályozási folyamatra kell gondolni, mert például egy hisztogrammal nem lehetséges pontosan ábrázolni és előre jelezni a vírusterjedés irányát. Mint ahogyan közismert a hisztogram csak egy átlagot mutat a felhasználónak, amelyből nehéz megvizsgálni pixelenként a színeltérést. Az ilyen jellegű vizsgálatokra sokkal inkább alkalmazható a contour (Horváth 2011). Camargo és James (2008) tett kísérletet arra, hogy

különböző fertőzések látható tüneteit algoritmusok segítségével azonosítsa. A vizsgálatok során kiderült, hogy az egyszerű algoritmusokkal csak a jellegzetes fertőzéseket lehet nagy valószínűséggel (72%) azonosítani. Abban az esetben, ha a fertőzés mutálódik, vagy kezdeti stádiumban van, ami még más fertőzések kártételére is hasonlít, akkor az eljárás pontatlanná válik. Barbedo (2013) ezt az eljárást egészített ki különféle osztályozó algoritmusokkal, amik már korábbi fázisban is jobb arányban tudták azonosítani a fertőzést.

3.6. ELOSZLÁSSAL SÚLYOZOTT SFD VIZSGÁLAT

Általános igény mutatkozik a kultúr- és gyomnövények fajtáinak mind egyszerűbb, egzakt módszerekkel történő beazonosítására. Egyik lehetséges eszköz, amellyel remény szerint objektív fajtajegyeket rendelhetünk az alanyhoz, a színösszetétel szerinti vizsgálat. A korábbi Spektrál Fraktál Dimenzió (későbbiekben SFD) leképezések a színelfordulási súlyt, mint dominánsnak tekinthető információt nem közvetítették. A gyakorlatban jobban alkalmazható, komplexebb színszerkezet információk nyerhetőek, ha az RGB színtér pontjaihoz alkalmasan választott eloszlási függvény szerint valószínűségi értékeket rendelünk. Az így nyert kvázifolytonos négydimenziós halmaz már hűebb képi információt hordoz, amely fajtaszeparálhatósági vizsgálattal mutatható ki. A kutatás fő feladata, a lehető legjobb eloszlási függvény megtalálása HPC technológiával, ami alapján az eredmények már normál informatikai környezetben is jól használhatók. Berke (2005) meghatározta a spektrális fraktáldimenzió fogalmát, majd mérési módszerekre és alkalmazhatóságra tett javaslatot (Berke et al. 2006, 2007). Hegedűs (2007) vizsgálta a fogalom matematikai tulajdonságait, és a médium geometriai transzformációja szerinti invarianciáját, Csák és Hegedűs (2008) kísérletet tett a burgonyafajta- minősítésben való felhasználásra. A disszertációban ismertetett kutatás kiterjeszti az SFD fogalmát a felvételezési bizonytalanság figyelembevételével. A fogalom általánosításánál az eredeti - speciális esetként - természetesen érvényes marad. A cél továbbra is az, hogy - most már a valósághoz hűbb – színszerkezet információval jól lehessen jellemezni növényfajtákat.

A helyes és megfelelő képformátum meghatározásához vizsgálatra kerültek a RAW, BMP, JPEG, JPG, TIFF, TIF, PNG fájl formátumok. Ezen felül azt is vizsgálni kell, hogy a színes vagy szürkeárnyaltos képek által szolgáltatott információkkal lehet-e több és pontosabb információhoz jutni.

3.7. GPS és GLONASS

A címben szereplő két helyzet meghatározó rendszer közül a GPS az ismertebb. A GPS egy fejlett helymeghatározó rendszer, amellyel 3 dimenziós helyzet meghatározás végezhető. Pontossága jellemzően méteres nagyságrendű, de differenciális mérési módszerekkel akár centiméteres pontosságot is el lehet érni, valós időben is. A GPS-t sok más technológiához hasonlóan katonai célokra fejlesztették ki. A ma használatos GPS rendszer alapjait 1973-ban fektették le 24 Navstar műhold segítségével, amelyek mindegyike naponta kétszer kerüli meg a Földet. Elhelyezkedésük olyan, hogy minden pillanatban a Föld minden pontjáról legalább négy látsszon egyszerre, ennyi szükséges a 3 dimenziós helyzet meghatározáshoz. A 24 műhold hat csoportba van osztva, a Föld körül keringve egymástól 60°-os kelet-nyugati eltérésű pályán mozognak (James et al. 2011). Az égbolton sík terepről egyszerre 7-12 műhold látható, melyből a helymeghatározáshoz 4, a tengerszint feletti magasság meghatározásához pedig további egy műhold szükséges. A GPS műholdak két frekvencián sugároznak, ezeket L1-nek (1575,42 MHz) és L2-nek (1227,6 MHz) nevezik. Minden műhold szórt spektrumú jelet sugároz, amit „pseudo-véletlen zaj”-nak lehet nevezni (angol megnevezése: pseudo-random noise, röviden: 'PRN'). Ez a PRN minden műholdnál különböző. A PRN kódoknak két fajtája van:

- 1, C/A („Coarse Acquisition code”, a.m. 'durva, közelítő adatnyerési kód'), ami ezredmásodpercenként 1023 jelet tartalmaz, egy kódelem időtartama 1 μ s.
- 2, P(Y)-kód („Precision code”, a.m. 'precíziós kód'), ami 10230-at. Egy kódelem időtartama csak 0,1 μ s. A C/A kódot az L1 frekvencián adják, a P-kódot mindkét frekvencián. A P-kódot kizárólag titkos katonai GPS-vevővel lehet dekódolni, ez szabadon nem hozzáférhető. Értelemszerűen a pontossága nagyobb, mint az általános, polgári használatra szánt C/A kódnak.

1994-98 között az Egyesült Államok egy zavaró jelet is sugárzott (SA - selective availability), hogy a rendszer pontosságát korlátozza. Emiatt a GPS akár több száz métert is tévedhetett (James B. et al. 2011). A zavaró jelet csak a katonai jel vételével lehetett megkerülni, ehhez azonban a katonai vevőn kívül a napi kódra is szükség volt. Végül nemzetközi nyomásra az SA jel sugárzását 2000 májusában megszüntették. Az SA jelek hatását DGPS módszerrel lehetett csökkenteni.

A helymeghatározás elmélete analitikus geometriai módszereken nyugszik. A műholdas helymeghatározó rendszer időmérésre visszavezetett távolságmérésen alapul. Mivel ismerjük a rádióhullámok terjedési sebességét, és ismerjük a rádióhullám kibocsátásának és

beérkezésének idejét, ezek alapján meghatározható a forrás távolsága. A háromdimenziós térben három ismert helyzetű ponttól mért távolság pontos ismeretében már meghatározható a pozíció (James et al. 2011). A további műholdakra mért távolságokkal pontosítani lehet ezt az értéket.

Az AGPS (Assisted GPS) olyan GPS vételi módszer, amely földrajzi helymeghatározásra képes, de a műholdak helyzetének pontos számításához segédprogramra és adatokra van szüksége a vevőnek, ezeket a mobilszolgáltatón vagy WiFi hálózaton keresztül kapja meg (megkapja a következő 7 napra a műholdak pontos helyzetét). Az eljárás előnye, hogy a készülékbe elegendő egy egyszerűbb GPS-vevőt és kisebb kapacitású processzort beépíteni, ugyanakkor a szolgáltató biztosítja a telefon pozíciójának meghatározásához szükséges számítási kapacitást és a pontos adatokat. Ez a szolgáltatás fizetős, mivel az információkat az internetről szerzi be, és ez adatforgalommal jár (James et al. 2011).

A differenciális GPS (röviden: DGPS) elve kihasználja azt a tényt, hogy a földfelszín egy adott, ismert pontján lévő, rögzített vevőkészülék milyen eltéréseket tapasztal a műholdakról sugárzott jelekkel meghatározott és az általa más forrásból meghatározott földrajzi pozíció között. Az eltérés a többi hibaforrás számításba vétele után a légkör torzító hatásának tudható be. Ezt a korrekciós adatot a földi rögzített állomás kisugározza a mozgó GPS-vevők felé, amelyeknek alkalmasnak kell lenniük e jelek vételére („dual frequency”). Az így megnövelt pontosság csak a rögzített földi állomás környezetében használható ki (ez legfeljebb néhány száz km), ahol a mérőműszer feletti légkör állapota még azonosnak vehető a rögzített földi állomás felettiével (James et al. 2011).

Az amerikai WAAS, a Japán MSAS és az Európai EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) a GPS egyik műholdas alapú kiegészítő rendszere (SBAS, Satellite Based Augmentation System). Egyrészt azért van szükség a kiegészítő rendszerekre, mert a "hagyományos" globális helymeghatározó rendszerek önellenőrző képessége (integritása) nem kellően kidolgozott. Másrészt a "hagyományos" rendszerek jellemzően néhány méteres pontossága sem mindig elég (James et al. 2011). A rendszer alap gondolata, hogy a földi állomások NAVSTAR és GLONASS műholdakra tett méréseinek alapján ún. WAD (Wide Area Differential) korrekciós jeleket küldenek a felhasználók felé. A korrekciós jeleket geostacionárius pályán keringő műholdak, a GPS frekvenciatartományában sugározzák. A szolgáltatás garantáltan ingyenes, mindössze a jelek fogadására és feldolgozására alkalmas vevőre van szükség (James et al. 2011). A jelenlegi kereskedelmi forgalomban kapható vevők túlnyomó része ilyen. Magyarországon 2006 óta működik az EGNOS, amelyet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem működtetett (2007. december 2-án a GPS-vevőjük

tönkrement, azóta a rendszer nem működik). A geodéziai pontosság célja a mm-es pontosság elérése. Az úgynevezett geodéziai GPS műszerek extra pontosítást kapnak egy földi meghatározott pont bevonásával. Az ilyen pontokat Magyarországon OGPSH alappontoknak hívjuk. Ilyen pontokat hozhatunk létre, ha két műszerrel történik egyidejű mérés, amelyből az egyik stacionárius (bázis) és az ismert ponton mér, a másik úgynevezett rover készülék, amely a meghatározandó ponton végez mérést. A két műszer adatai alapján már mm-es pontosság érhető el. Előnye a függetlenség, hátránya, hogy egy telepített műszert a mérés helyétől viszonylag nagy távolságban kell üzemeltetni, valamint a két műszer közötti kapcsolat a távolságot korlátozza (James és Randolph 2011).

Egy másik megoldás szerint a bázisjelet a Trimble vagy a FÖMI szolgáltatja a referenciaállomásról egy szerveren és internethálózaton keresztül. Ezzel a megoldással lehetséges a folyamatos mérés és feleslegessé teszi a terepi bázisállomást, viszont terepi internetkapcsolatot igényel! A legnagyobb előnye pont ez, hogy az országban bárhol, végezhetünk mérést egyetlen rover készülékkel. Továbbá másik előnye, hogy terepi probléma esetén utófeldolgozásra is lehetőség van a központi szerver adatai alapján.

A geodéziai GPS-műszerek a koordinátákat cm-es pontossággal rögzítik, mérési bizonytalanságuk 1–2 centiméter közötti.

A GLONASS, rövidebb nevén GNSS az oroszok által fejlesztett helymeghatározó rendszert takarja, ami a közismert GPS hálózat egyik komoly alternatívája (Bernhard et al. 2008). Néhány modern okostelefon már a GLONASS műholdjait is képes felhasználni a pozícionálás során. A GLONASS története 1960-ban kezdődött, de végül 2000-től lett igazán népszerű. 3 év alatt építették ki az eleinte 22, majd 24 műholdból álló rendszert. 2007-ben elérhetővé vált a nagyközönség számára is (Hofmann et al. 2008). Szintén fontos információ, hogy ezt a rendszert is katonai célokra tervezték (mint a GPS-t), tehát háború esetén felfüggesztik a használatát. A GLONASS frekvencia felosztású (FDMA), míg a GPS kód felosztású (CDMA) többszörös hozzáférésű rendszer. Leegyszerűsítve ez azt jelenti, hogy a GPS rendszer esetében mindegyik műhold azonos frekvencián sugároz holdanként más-más kódot (CDMA), míg a GLONASS esetében a kód azonos, viszont a frekvencia minden műhold esetében más (FDMA) (Hofmann et al. 2008). Amikor a két rendszer a tervezőasztalon megszületett a lehetséges alkalmazók között a hadsereg szerepelt, a geodéták ekkor még "nem voltak képben". Az eredeti célnak mindkét rendszer tökéletesen megfelelt. Centiméter szintű pontosság biztosításához azonban szerencsésebb a CDMA technológia. A GNSS vevő "dolga" alapvetően az, hogy megmérje a távolságot a műholdak és a vevő antennája között, és ezen adatok ismeretében

számítsa ki az antenna koordinátáit. A távolságot annak az időnek a megmérése alapján határozza meg, amely szükséges ahhoz, hogy a jel eljusson a műholdtól a vevőelektronika szívébe, a jelfeldolgozó egységbe. A műhold által kibocsátott jel útja két részre bontható:

1. A műhold és a vevő antennája közötti szakasz (közvetlen út)
2. A vevő antennája és a jelfeldolgozó egység közötti szakasz (belső út)

Az 1. szakasz minden műholdról érkező jel számára egyedi, különböző, míg a 2. szakasz azonos hosszúságú mindegyik műholdra vonatkozóan. Azt az időt, ami a belső út megtételéhez szükséges, nevezzük belső jelkésésnek. Ha a belső jelkésés minden műhold esetében azonos, akkor nem okoz hibát a pozíció meghatározásban, mert az órahibához hasonlóan kiejthető (Hofmann et al. 2008).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE TÁVÉRZÉKELÉssel NYERT FELVÉTELEKEN

A célkitűzések között szerepelt annak vizsgálata, hogy képfeldolgozási eljárásokkal elkülöníthetőek-e a különböző növénykultúrák, illetve gyeptársulásoknál (Szabó 1973) mennyire lehetséges meghatározni a domináns fűféléket. A vizsgálatok során elért eredményekhez a Tedej Rt. területén elvégzett mérések szolgáltak referenciaként. A kísérletek során főként hiperspektrális (Lefei et al. 2012) felvételek kerültek feldolgozásra. Az első hiperspektrális felvételeket 80-csatornás légi spektrométerrel (Digital Airborne Imaging Spectrometer /DAIS 7915/) készítették, 2003 augusztusában. A vizsgálatok helyszíne a Hajdúböszörmény mellett fekvő Tedej Rt. területe. A 43 fizikai blokk 6 földhasználati csoportba került besorolásra: szántás, tarló, lucerna, kukorica, cukorrépa, gyepek, valamint még elkülönítésre került gyomos terület is. Az új szenzor spektrális tartománya a látható fénytartománytól az infra hőtartományig terjed különböző sávokban (1. táblázat). A térbeli felbontása 3 m. 8000-12000 nm között 7 spektrális csatorna alkalmas a földi objektumok hő és emissziós értékeinek mérésére. Ezek és a 72 keskeny sávú csatorna alkalmas a 450-2450 nm között észlelhető talaj/növény interakció vizsgálatára.

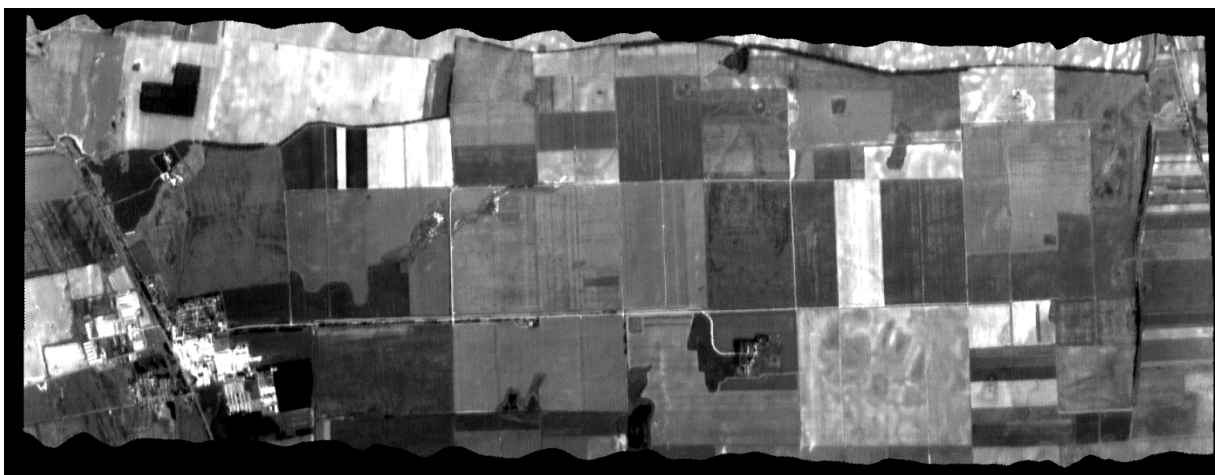
Tekintettel arra, hogy itt több rétegről van szó, nemcsak háromról, ezért a képek feldolgozása geokorrekcióval kezdődött, hogy EOVS (Egységes Országos Vetület) rendszerben is használhatóak legyenek. Ez a folyamat az ERDAS 8.7, vagy az Esri szoftverével végezhető el. Az Erdással való munkához első lépésként a JPG felvételeket IMG formátumúvá kell konvertálni a program „import” modulja segítségével. Ezt követően a wieverben megnyitható az átkonvertált kép, amin a teszterület látható. A geokódolás első lépéseként meg kell nyitni a datacrep modult. A create new image-dzsel létrehozható egy új kimeneti fájl, így az eredeti megmarad. Ebben a modulban megadhatjuk a képek sarkainak pontos koordinátáit, valamint azt is be lehet állítani, hogy a kimenő kép hány bites legyen. Ennek a későbbiekben a színkezelés miatt van jelentősége. A Subset image-dzsel ezt hasonlóképp el lehet végezni, de annyi különbséggel, hogy ott ki kell választani, hogy hány sarok koordinátáját szeretnénk megadni. Természetesen csak azt követően, hogy a bemeneti és a kimeneti képek neve meghatározásra került.

Amennyiben pontosabb korrekciót igényel a felhasználás, akkor az Image Geometric Correctiont kell választani. Itt el lehet dönteni, hogy a pontosítandó területet img fájlból olvassa

be a szoftver, vagy pedig az egyik weiverben használt képet szeretnénk pontosítani. A választás után egy újabb kis ablak bukkan fel, a Geometrical Model.

Itt választható ki, hogy milyen típusú adatforrás van (pl.: Ikonos, Landsat, Spot) (Athos A. et al. 2014), vagyis milyen felvételt szeretne pontosítani a felhasználó, vagy ha már van modell, akkor azt is be lehet olvastatni ezzel a modullal, és pontosítani is lehet (Short 1982).

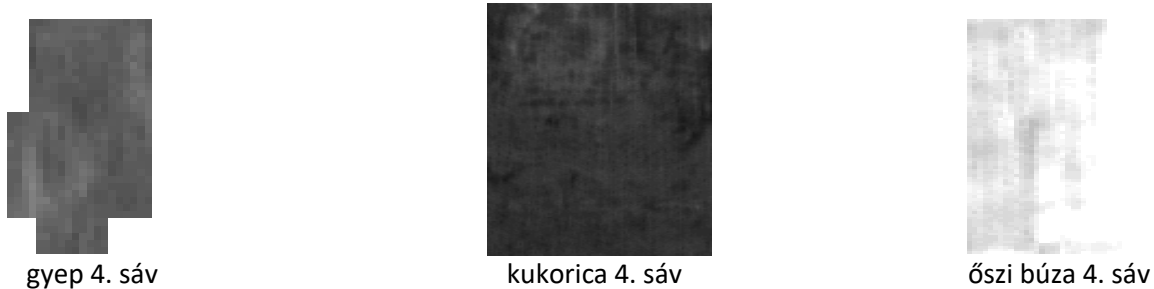
A pontosításnak legfontosabb modulja a Geo Corrections Tools. Az első ikonnal a beállítások adhatók meg. A második ikonnal lehet a pontokat pontosan meghatározni, majd hozzárendelni az ismert koordinátákat. A pontosításhoz célszerű olyan pontokat keresni, amelyeket könnyen megtalálhatunk a felvételeken, pl. templom, kereszteződés. Amikor elkészül a pontosítás a harmadik (Resample) ikonnal, ki lehet számítani a kimenő kép sarkainak értékeit, így a következő képeket pontosabban lehet az előzőhöz illeszteni. A negyedik ikonnal pedig a végső kalibráció végezhető el, ezzel le is ellenőrizhető, hogy a pontosítás mennyire „pontosan” készült el. Ezt követően rétegekre bontással folytatódik az előfeldolgozás. Ez művelet az ENVI 4.2 szoftverrel került elvégzésre. Itt megadható, hogy a bontott rétegek milyen formátumba kerüljenek mentésre, ennél a lépésnél a BMP (Bit Map Paint format) és a TIFF (Tagged Image File Format) fileformátumok kerültek kiválasztásra, mert a későbbiekben ezeket a típusú kiterjesztéseket könnyebben lehet használni, mivel ezt a legtöbb képfeldolgozó szoftver kezeli. Miután ez megtörtént, az Adobe Photoshop CS szoftver segítségével a kiválasztott területek kivághatóak az összes rétegen. Jogosan merül fel a kérdés, hogyan történik mindig ugyanannak a területnek a kivágása a 80 sávon? Egyszerűen. A képfeldolgozó szoftver képes megfelelő memóriamennyiség rendelkezésre állása mellett 40 sávot beolvasni. Így elég csak az első rétegen kijelölni a kívánt területet pontosan (7. ábra) - utána ezt már nem szabad módosítani - ezután már csak a rétegek közt kell választani, majd a kijelölt területet elmenteni.



7. ábra DAIS 7915 felvétele, 4. sáv (Saját forrás 2006)

A mentésnél célszerű odafigyelni, hogy ne ugyanazon a néven kerüljenek mentésre a keletkezett képek. A feldolgozás során a mentésnél a réteg számából került meghatározásra az új kép azonosítója, így ellenőrizhető azt is, hogy melyik réteg hiányzik.

A kivágásra többek közt azért volt szükség, mert így kisebb helyet foglaltak el az állományok, valamint a digitális képfeldolgozás során könnyebben és gyorsabban kezeli a feldolgozó szoftver (8. ábra).



8. ábra Kivágott területek (Saját forrás 2006)

4.1.1. Képek elemzése, digitális képfeldolgozás

Először az Adobe Photoshop CS programmal történt próbálkozás arra, hogy értékelhető és igazolható különbséget sikerüljön azonosítani és bizonyítani a különböző növénykultúrák között. Első hallásra nem is olyan nehéz, hiszen ha ránézünk egy képre, az emberi szem képes észrevenni elég apró különbségeket is. A vizsgálat célja ezt a különbséget digitálisan deklarálni, tehát számokkal kell kifejezni a mérhető vagy éppen nem mérhető különbségeket. Ebben a képszerkesztő programban a legkézenfekvőbb erre a problémára a hisztogram nevű modul. Ennek segítségével le lehet olvasni a kép színértékeit számokban. Mivel a vizsgálat ezen szakaszában szürkeárnyalatos képek kerültek feldolgozásra, így a CMYK színtérre vetítve jelennek meg az értékek (5.1. fejezet, 29. ábra). Mivel itt a gyepterületet sikerült viszonylag élesen elkülöníteni, így a következő feladat a három hasonló értéket produkáló növényt is jobban szétválasztani. Ennek érdekében külön vizsgálni érdemes a CK értékeket. Az elért eredményeket az eredmények fejezetben ismertetem. (5.1. fejezet, 30. ábra mutatja.)

4.2. NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE SZÍNTÉRKÉPEK SEGÍTSÉGÉVEL

A célkitűzések között szerepelt annak vizsgálata, hogy képfeldolgozási eljárásokkal elkülöníthetőek-e a különböző növénykultúrák, illetve gyeptársulásoknál (Szabó 1973) mennyire lehetséges meghatározni a domináns fűféléket (David et al. 2014). A vizsgálatok során elért eredményekhez a referencia vizsgálatok helyszíne a Szentgyörgyvár és a Zala folyó közti kaszáló volt (4.2.1. fejezet), így a referencia eredmények innét származnak. A

tesztterületen több földhasználati csoport (erdő, gyep) került meghatározásra a terepbejárások során (Ivanyi et al. 1994).

4.2.1 Tesztterület

A tesztterület (9. és 10. ábra) a Zala völgyében fekszik észak-déli irányban, a Kis- Balaton északi részétől közel 5 km-re, Zalavár és Zalaapáti közt. A terület a Zala folyó keleti partján található.

EOV koordináták szerint:

Legészakibb rész	496455, 182966
Legdélibb rész	502663, 137455
Keleti rész	511612, 160251
Nyugati rész	496535, 159123

A terület hosszabbik oldala 462 m, a rövidebb 134 m hosszú, ami megközelítőleg 6,2 hektárnak felel meg. A tesztterület térbeli elhelyezkedését a 9.-10. ábra szemlélteti.



9. ábra. A tesztterület, látható tartományban készített felvétele (légifelvétel 2008)



10. ábra: A tesztterület EOV szelvényezésén

A terület szinte teljesen sík, a mérések szerint csupán 0,7-1 méter a szintkülönbség. A felvételeken is jól látható, hogy a terület teljesen egybefüggő, csak a déli részen van egy kisebb terület bokros, cserjés résszel elválasztva a nagyobbik résztől. Ez körülbelül 1/6 erdőt és 5/6 füves területet jelent. A területen legnagyobb arányban ecsetpázsit, réti-, és franciaperje található.

Tesztterületünk növényzete a *Molinio- Arrhenatheretea* R. Tx. osztályba, az *Arrhenatheretalia* R. Tx. rendbe, azon belül az *Arrhenatherion* csoportba tartozik (A tesztterületen található növények meghatározásában Kovács Erzsébet, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytani tanszék, tudományos munkatársa segített).

4.2.2 A kísérlet bemutatása

A teszterületről rendelkezésre állt műholdfelvétel (SPOT) továbbá egy hiperspektrális (DAIS) felvétel, ami 80 sávból áll (Gürcan et al. 2005). A hiperspektrális felvételezés mellett látható tartományban is készültek felvételek a repülőgépről. Valamint 50 alkalommal készültek látható tartományban felvételek a területen található magaslesről (május és augusztus között). Ezek a felvételek a mintavételezés napján három különböző (7:30; 14:00; 18:30) időpontban készültek, azért, hogy a fényviszonyok befolyásoló tényezőire is kiterjedhessen a vizsgálat. A felvételek további célja az volt, hogy a kérdéses részekről minél több vizuális adat kerüljön begyűjtésre, a vizsgált terepfelszínről. Ezekon túl terepi adatgyűjtés is történt 17 alkalommal, melyből az egyik a légifelvételezés (Hiperspektrális kamerával történt repülés) időpontjában volt. A repülés 1000m magasságban zajlott le. Ennél alacsonyabb magasságot a magyar légügyi igazgatóság nem engedélyezett! A terepmunkák során Kovács Erzsébet segített a területen található növények azonosításában, aki a Pannon Egyetem Georgikon Karának Növénytani tanszék, tudományos munkatársa. A felvételezéskor random mintavételezés történt a teszterületen. Ez 1x1-es kvadrátokkal valósult meg, ami teljes botanikai felméréshez kevés, de a domináns növények meghatározásához elégségesnek bizonyult. A képek elemzése kontúrozással történt meg, mivel ez a modul elég érzékenyen reagál a színértékek változására. Az elemzés célja az volt, hogy a különböző gyeptársulásokat valamint a gypalkotó növények segítségével elkülönítésre kerüljenek a különböző kultúrák és domináns fajok (Hadley 1993). Az elemző modul, amikor ilyeneket talál azt a térképészetben bevezetett szintvonalakkal jelöli. Ahol ilyen szintvonalakat azonosított a szoftver, ott ismételt terepbejárással történt a kérdéses részek pontosítása, valamint újabb fényképek készítése, továbbá növény felvételezés történt a további elemzések céljából. Az ismételt elemzéseknél, már csak a kérdéses területek kerültek osztályozásra. Hasonló módszerrel próbáltak már növénykultúrákat elkülöníteni (Hu et al., 2001), igaz, ők nem törekedtek egy gyepterületen a gyeptársulások elkülönítésére. A disszertáció ezen része csak a különböző növénykultúrák szegmentálására irányult.

4.2.3 Színtérképezés

A növénykultúrák elkülönítésénél a színtérkép elnevezésű eljárás került alkalmazásra. Ez egy előre elkészített modul, ami megtalálható számos elemző és analizáló szoftvernél, így például a MATLAB szoftverben is (Matlab). A színtérkép nem más, mint 0.0 és 1.0 közötti valós számok 3 dimenziós mátrixa (Peter 2012). Mindegyik sor egy olyan RGB vektor, ami egy szint határoz meg (Gonzalez et al. 2009). A színtérképből a kth sor meghatározza a kth szint, ahol $\text{map}(k:) = [r_{(k)} \ g_{(k)} \ b_{(k)}]$ részletezi a piros, zöld és kék intenzitását. Színtérkép (map) beállítja

a színtérképet a mátrixtérképre. Amennyiben bármilyen értékek a térképben az időközön kívül vannak [0 1], akkor a program visszaküldi azt a hibát, ami majd korrigálja az értéket [0,1]. Az M fájlok a színjegyzékben sok beállítást hoznak létre. Az M fájl beállításait elfogadja a program, ez alapján határozza meg a térkép intenzitását (Sturzenegger et al. 2014). Például, colormap (hsv(128)) létrehoz egy hsv-t, a colormap 128-cal elszíneződik (Finn 2003). Abban az esetben, ha nem kerül meghatározásra a színbeli eltolás, akkor automatikusan kiolvassa a képről a kezdő értéket és az alapján állítja be a többi színt.

A színtérkép ('default') beállítja az aktuális színtérképet az alapértelmezett színtérképre colormap = colormap (Finn 2003) utasítással. A színek meghatározásához külön színtáblát használ a program. A gyakorlatban ez úgy fog működni, hogy megadjuk a kép paramétereit, hogy mi alapján válogassa szét a színeket (rgbplot(hsv), rgbplot(gray), and rgbplot(hot)) . Ezt követően megmondjuk a programnak, hogy mit csináljon a képpel:

```
load flujet
image(X)
colormap(jet).
```

Mint a programból kiderül, utasítást kapott, hogy használja a Jet színskálát a színpalettáról az X nevű képen és az elemzést is a Jet tábla alapján végezze el. Ennek hatására a 49 . ábrát adja vissza.

Abban az esetben, ha nem színes képek kerülnek elemzésre, hanem például fekete-fehérek, vagy pankromatikus képek, van egy speciális megoldás a MATLAB-on belül (Gonzalez 2008). Ilyenkor a színpalettáról a Bones összetételt kell választani. Erre a következő példa található meg a MATLAB hivatalos leírásában (ezért nem pankromatikus kép került beszúrásra az elemzés során!):

```
load spine
image(X)
colormap bone.
```

Miután megadásra került a MATLAB számára, hogy szürkeárnyaltos képpel fog dolgozni, a 18. ábrán látható eredményt szolgáltatja.

A képelemző legfőbb tulajdonsága, hogy a beolvasásra kerülő képhez állítja össze a színösszetételt a színpalettából, így sokkal jobban érzékelhetővé válnak a minimális különbségek is. Ezáltal a rendelkezésre álló képet, felvételt sokkal pontosabban lehet elemezni. Ez a tulajdonság a Contour elemzési módszernél is alkalmazható.

A vizsgálatok során használt program a MATLAB 7.0 szoftverbe beépülő modul (Contour), amit egy kicsit át kellett alakítani, hogy értékelhető eredményeket kapjunk. A sima contour funkciónak az a hibája, hogy nem tud nagyon részletes elemzést végezni. A másik nagy hiányossága, hogy a RGB tartományban készített kép kerül beolvasásra, akkor a háromdimenziós tömbbe helyezett a pixelenkénti értékeket nehezen kezeli. Ez egyrészt nagy erőforrást igényelne a további osztályozások során, másrészt nehezebben lehetséges visszavezetni az értékeket kétdimenziós formába, ahol részletesebben történne az elemzés (Tse et al. 2008). A továbbfejlesztett eljárással az egész felület pixelenkénti változásait lehet vizsgálni, és ami a legfontosabb, mindezt két dimenzióban.

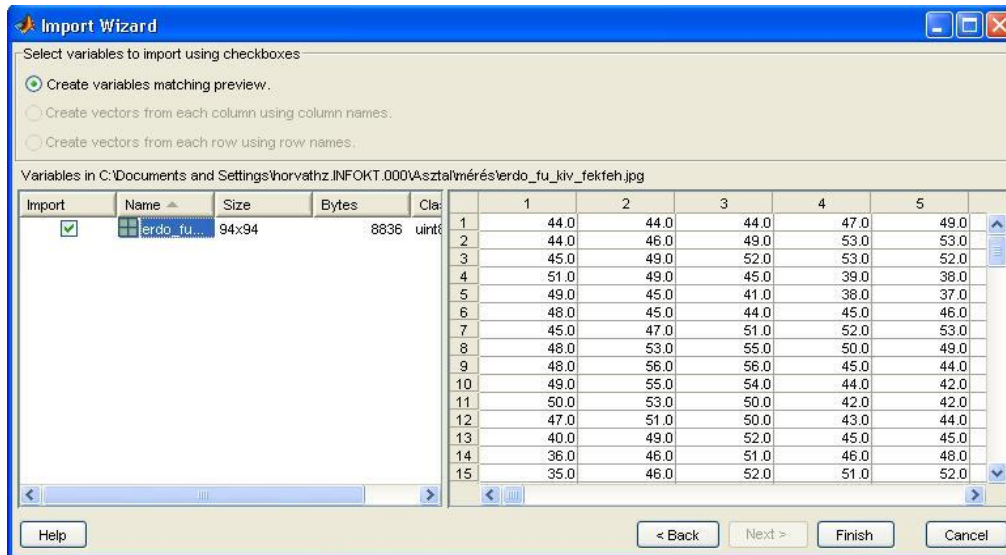
Első lépésként be kell olvasatni az elemezni kívánt képet a programmal, ez a 14. ábrán látható. A beolvasást kétféleképpen lehet megoldani. Első lépésben el kell dönteni, hogy színes, vagy szürkeárnyalatos kép kerüljön elemzésre. Amennyiben az elsőre esik a választás, akkor tisztában kell lenni azzal, hogy nagyobb erőforrásigénye lesz, hiszen itt a színtér 3 dimenziós lesz az RGB-nek köszönhetően.

Amennyiben nem szükséges, vagy nem terhelhető jobban a rendelkezésre álló rendszer, akkor célszerű a szürkeárnyalatos megoldást választani. Mivel a program igen csekély különbségeket is képes kiszűrni, így nem lesz nagy eltérés a kétféle mód között az elemzéskor. A mérések során mind a két megoldás vizsgálatra került, melynek eredményeként elmondható, hogy a színes képen azonosított 78 kontúrból mindössze kettő nem jelent meg a szürkeárnyalatos módban (Mohammed et al. 2012). Ez a kettő a fákkal árnyékolt területen helyezkedett el. Így kijelenthető, hogy szignifikáns különbség nincs a kétféle mód között. A beolvasás után megjelenik a kép pixelenkénti színértéke, vagyis az, hogy az adott pixelen található szín milyen értéket képvisel RGB színtérben.

Az erőforrásigény oldaláról azonban már jóval szembeötlőbb a különbség. A megnyitás sebessége is mérésre került (másodpercben), mindkét esetben egy azonos méretű képpel történt a vizsgálat. A színes kép megnyitásához 274 másodperc volt szükség, amíg a szürkeárnyalatos kép megnyitásához 87 másodperc kellett. Itt egyértelműen látható, hogy közel háromszor több időre van szükség csak a megnyitáshoz. Itt kell megjegyezni, ha nagyobb méretű képek kerülnek felhasználásra (például 2000x2000 pixel), akkor elképzelhető, hogy a program meg sem nyitja a képet időtúllépés miatt. A mérések során a kritikus méret 300x300 pixel volt. (Természetesen nagyobb teljesítményű gép esetén (Intel Core i5 processzor, 4GB memória, 1GB-s videokártya) - ez az érték feljebb tolódik!) Más műveletek (mint például:

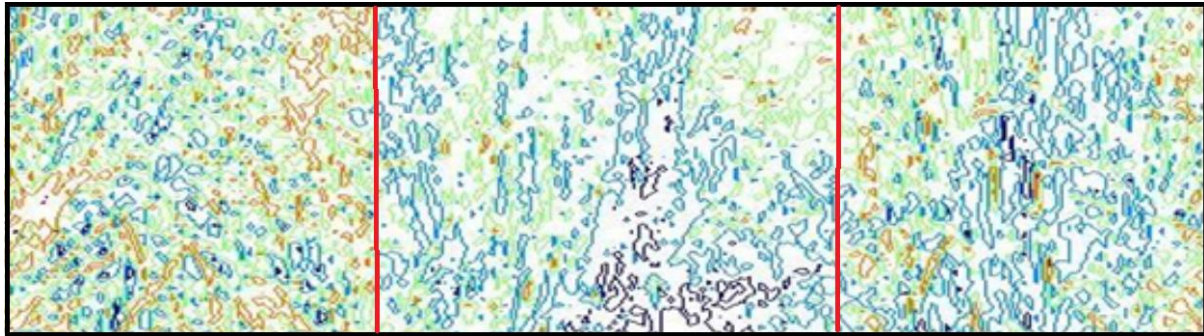
osztályozás hisztogrammal, kontúrok rajzolása, stb.) futtatásánál is hasonlóan nagy különbséget lehet felfedezni.

Miután sikeresen megnyitásra került a kép, a varázsló bal oldalán látható a kiválasztott kép neve, továbbá a mérete. Jelen esetben egy szürkeárnyaltos kép látható ott, hiszen csak kétdimenziós mérete szerepel (11. ábra).



11. ábra. A Matlab adatbeviteli panelje (MATLAB) (Saját forrás 2006)

Az osztály is megmutatja a felhasználó számára, hogy a kép színes vagy szürkeárnyaltos. Az ablak jobb oldalán találhatóak a pixelértékek. Pontosabban, hogy az adott pixelen milyen szín található. Mint ahogy az már korábban említésre került, a szintérikép és a Contour funkcióknál is a színpaletta segítségével egy sokkal pontosabb kép kapható, ha beállításra kerül, hogy milyen típusú kép kerül feldolgozásra. Ennek köszönhető, hogy nem élesen különülnek el a szintek, hanem van köztük átmeneti rész is. Hogyan is működik ez a beépülő modul? Az eljárás lényege a pixelértékek változásában rejlik. A program mintegy színtrajzot készít a képből a különböző pixelértékek alapján. Itt a tengelyek ebből kifolyólag a teszterület méreteit jelölik, méterben kifejezve. Így válnak el a különböző tulajdonsággal rendelkező részek egymástól. Az ábrázoláshoz használt színeket a felhasználó saját kedve szerint meghatározhatja, így ha azonosításra kerül egy folt, illetve az, hogy mi okozta azt a foltot, akkor el lehet nevezni az okozó tényezőt egy saját feltételrendszer szerint. A képen látható kontúrvonalak (12. ábra) az eltérő gyepösszetételt jelölik, amit a 18. ábrán meg is tekinthetünk.



Lolium perenne Arrhenatherum elatius Trisetum flavescens
 12. ábra, Eltérő gyep típusok, ahol ez említett növények voltak a domináns fajok (Saját forrás 2006)

Ebben az esetben segítségre szolgáltak az eltérő virágzattal rendelkező gyepalkotó fűvek, hiszen ezek nemcsak színükben térnek el, hanem alakzatukban, textúrájukban is. Ennek további következménye a mikroárnyékoknál fog jelentkezni, hiszen ezáltal jelentős különbségek fognak kialakulni a képen. Ezek következtében a teszterületen 42 mintavételi helyen kerültek vizsgálatra a különböző foltok. Ezen mérések eredményeinek egy része az 5.2. fejezetben kerül ismertetésre.

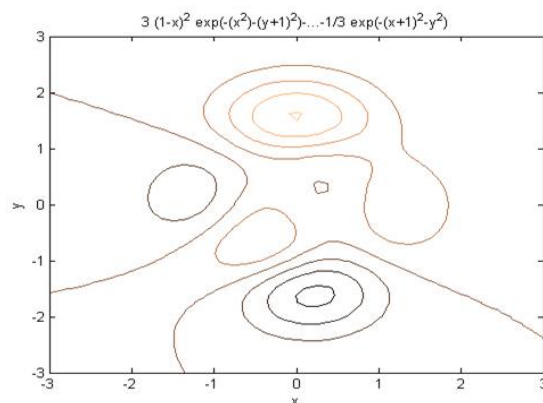
De mi alapján is készülnek a kontúrok az elemzett képen? A következő példán néhány sorban a matematikai oldal kerül ismertetésre, egy kétváltozós függvény segítségével (3):

$$f(x, y) = 3(1 - x)^2 e^{-x^2 - (y+1)^2} - 10 \left(\frac{x}{5} - x^3 - y^5 \right) e^{-x^2 - y^2} - \frac{1}{3} e^{-(x-1)^2 - y^2} \quad (3)$$

A megfeleltetésnél ez a következő 3 sorban fog megjelenni:

$$\begin{aligned} f = & @ (x, y) \ 3 * (1 - x) . ^ 2 . * \exp (- (x . ^ 2) - (y + 1) . ^ 2) \dots \\ & - 10 * (x / 5 - x . ^ 3 - y . ^ 5) . * \exp (- x . ^ 2 - y . ^ 2) \dots \\ & - 1 / 3 * \exp (- (x + 1) . ^ 2 - y . ^ 2); \end{aligned}$$

Képként pedig így fog megjelenni (13. ábra):



13. ábra. A kontúr megjelenése grafikus ábrázolásban

A contournál vektoros ábrázolással lehet találkozni, ahogy az eddigiekből is kiderült. Két lehetőség van az ábrázolásra. Egyik megoldás a 4 by 1 vektor, ez a következőkből áll: x_{min} , x_{max} , y_{min} , y_{max} . A másik megoldás a 2 by 1 vektor, ami egy min és egy max vektorból áll, de ez még nem merül ki ennyiben. A pontos meghatározása ennek a vektorleírásnak a $where$ $min < x < max$, $min < y < max$.

4.2.4 Fourier transzformáció

A következő két fejezetben azt a két módszert ismerhetjük meg, amelyeket a mikroárnyékok elemzésénél kerültek felhasználásra. Mivel ez is egy képelemzési eljárás, ezért matematika módszerek kerültek alkalmazásra. Erre azért van szükség, mert így tudjuk számszerűsíteni egy adott pixel értékét (Elion et al. 2012). Az így kapott értékeket sokkal könnyebben lehetséges vizuálisan megjeleníteni, hiszen a nem periodikus, impulzusszerű jelek is felbonthatók komponenseikre. Ekkor azonban a különböző frekvenciájú komponensek végtelenül közel kerülnek egymáshoz, ezért a $V(\omega)d(\omega)$ mennyiség fog számot adni arról, hogy a $d\omega$ tartományban mekkora a komponensek átlagértéke. Vagyis $V(\omega)$ ún. spektrális "sűrűség"-függvény lesz a transzformáció (Czímber K. 2001) eredménye. Észre kell venni, hogy ennek dimenziója nem egyezik meg $V(t)$ dimenziójával! A legfontosabb (oda-vissza transzformáló) összefüggések (4):

$$V(\omega) = F\{v(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)e^{-j\omega t} dt \quad V(t) = F^{-1}\{V(\omega)\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} v(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$ne^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots, \quad -\infty < x < \infty \quad (4)$$

A Fourier transzformációnak több nagyon értékes tulajdonsága van, amelyeket a továbbiakban fel lehet használni. Itt most ezek a fizikai szempontokat röviden interpretáljuk (Zhifeng et al. 2014).

$a_1v_1(t) + a_2v_2(t) \rightarrow a_1v_1(\omega) + a_2v_2(\omega)$ a transzformáció lineáris (szuperpozíció);

$v\left(\frac{t}{a}\right) \rightarrow aV(a\omega)$ léptékváltoztatás, rövidebb jelnek szélesebb a spektruma;

$v(t - t_0) \rightarrow V(\omega)e^{j\omega t_0}$ az időeltolás nem változtatja meg a jel spektrumát;

$v(t)e^{j\omega_0 t} \rightarrow V(\omega - \omega_0)$ a szinuszos moduláló jel eltolja a spektrumot, de alakját nem változtatja;

$\frac{d^n}{dt^n} v(t) \rightarrow (j\omega)^n V(\omega)$ differenciálni a frekvenciatartományban igen egyszerű;

$$\int_{-\infty}^t v(r) dr - \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} v(r) a \frac{1}{j\omega} V(\omega) \text{ az integrálás is egyszerű}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} v_1(r) v_2(t-r) dr \quad V_1(\omega) V_2(\omega) a a \quad (5)$$

konvolúció a frekvencia tartományban szórássá redukálódik.

4.2.5 Quadtree

Erre talán a legkézenfekvőbb megoldást a quadtree (Raphael és Bentley 1974) és az octree algoritmus adja (Keller et al. 2008). A kiindulási négyzetet jelöljük $\Omega_0 \subset R^2$ -tel és legyen $S_0 := \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset \Omega_0$, ami egy véges ponthalmaz, melynek elemeit vezérlő pontoknak nevezik. Legyenek $N_{\min}, L_{\max} \in N$ adott nem negatív egészek. A quadtree (QT) (Qinghua és Shoubai 2012) algoritmus az alábbi, rekurzív módon definiált felbontási eljárás:

Procedure build (Ω, S, L);

Begin

If ($L < L_{\max}$) and ($|S| \geq N_{\min}$) then begin

... (bontsuk fel a Ω -t az $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \Omega_4$
egybevágó rész-négyzetekre)...

build ($\Omega_1, S \cap \Omega_1, L+1$);

build ($\Omega_2, S \cap \Omega_2, L+1$);

build ($\Omega_3, S \cap \Omega_3, L+1$);

build ($\Omega_4, S \cap \Omega_4, L+1$);

end;

end;

Ahol $|S|$ jelöli az S halmaz pontjainak számát. Az egész Ω négyzetet tehát négy egybevágó részre bontható fel, ha legalább N_{\min} vezérlő pontot tartalmaz, és ugyanakkor az L paraméter - az aktuális felbontási szint - még nem érte el a maximális L_{\max} szintet. Ezek után a kiindulási Ω_0 négyzet a QT felbontása (QT cellarendszer, QT háló) a build ($\Omega_0; S_0, 0$) eljárásívással történik (Hui Yu et al. 2010).

A felbontás során keletkező négyzeteket celláknak nevezik (Kelkar et al. 2008). Az algoritmus egy olyan egymásba ágyazott cellarendszert szolgáltat, amelynek legfinomabb cellái (melyeket már nem osztunk fel tovább) általában különböző méretűek. A cellarendszer tehát nem uniform

(Finn 2003) és nem ekvidisztáns, ugyanakkor a vezérlő pontok környezetében besűrűsödik, melyet lokális finomításként interpretálunk. Ekvidisztáns cellarendszert az $N_{\min} = 0$ választással nyerünk (S_0 -tól függetlenül).

Az algoritmus számításigénye meglepően kevés, $O(N \cdot L_{\max})$ értékkel becsülhető. Tipikus, hogy $L_{\max} \leq C \cdot \log N$ valamilyen N -től független C konstanssal: ekkor a műveletigény $O(N \log N)$. A cellarendszer természetes módon reprezentálható egy fa- struktúrájú gráffal, melynek elemei az egyes cellák. A gyökérelemnek az Ω_0 négyzet felel meg, az élek pedig a felbontásokat reprezentálják.

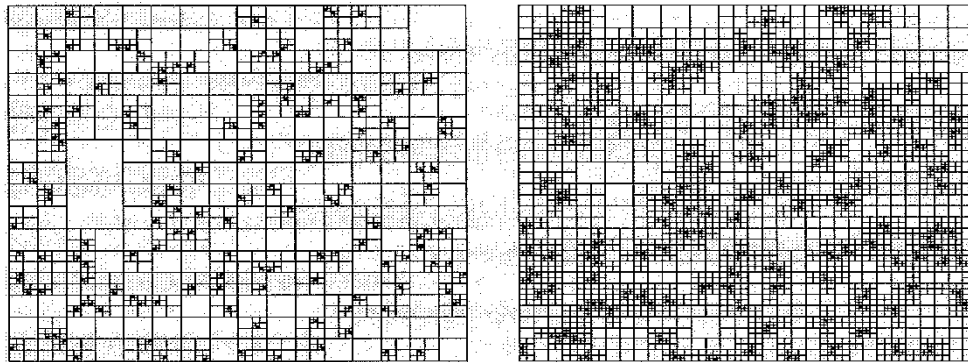
Az algoritmus nyilvánvalóan általánosítható más véges dimenziós terekre. Egydimenziós megfelelője a bin-tree algoritmus, mely egyidejűleg egy gyors rendezési algoritmust is ad a vezérlő ponthalmaz elemeire. A háromdimenziós térben ennek megfelelője az octree algoritmus: itt egy kocka nyolcfelé darabolásáról van szó. Nyilvánvaló az is, hogy a felbontási kritériumok meglehetősen szabadon változtathatók. Így például lehetséges lokális finomításokat generálni azokon a helyeken, ahol egy adott függvény adott értéket meghalad. Ha ez a függvény valamilyen probléma közelítő megoldását jellemző hiba jellegű függvény, akkor adaptív finomítás lesz az eredmény. Az sem kötelező, hogy négyzetet daraboljunk: az eljárás könnyen kiterjeszthető pl. konvex négyszögekre vagy akár háromszögekre is (Hui et al. 2010).

Ez azért is fontos esetünkben, mert nem mindig megfelelő számunkra a négyszög, a háromszögekkel pedig pontosabban le tudjuk fedni a szükséges részeket.

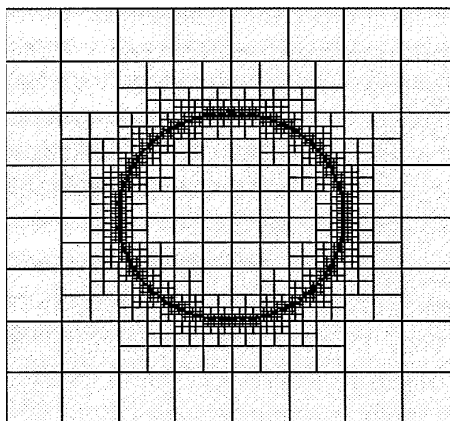
Következő lépés a QT hálók regularizálása. Egy adott QT cellarendszert regulárisnak nevezünk, ha bármely két szomszédos cella méretének aránya legfeljebb 2. Ez azt jelenti, hogy a cellaméretekben nincsenek hirtelen ugrások (Keller et al. 2008). Minden QT cellarendszer regularizálható pótlólagos cellafelbontásokkal, és a regularizálás műveletigénye még mindig csak $O(N \log N)$.

A regularizálás jelentősége a QT hálókön történő véges differencia, illetve véges térfogatsémák definiálásakor van: reguláris QT hálók esetén ui. a különböző cellakonfigurációk száma minimálisra csökken, ami a sémák definiálását jelentősen megkönnyíti. A 14. ábrán egy nem reguláris QT háló és annak regularizálása látható, melyet 150 db, az egységnyezetben szabálytalanul elszórt pont generál: jól megfigyelhetők a vezérlő pontok környékén keletkezett lokális finomítások. A 15. ábra egy olyan reguláris QT hálót mutat, melyet egy körvonal pontjai generálnak. Itt tehát automatikusan olyan háló alakul ki, mely egy tartomány (jelen esetben egy

kör) peremére sűrűsödik, ami sok esetben nagyon hasznos. Nyilvánvaló, hogy a cellák száma általában csak töredéke azon rácspontszámnak, melyet úgy kapunk, hogy az egész tartományt olyan ekvidisztáns ráccsal fedjük le, melynek rácsmérete egyezik a legfinomabb cellák méretével. Ez a cellarendszer takarékoságát jelzi. Ezen kívül a pontos meghatározásokhoz szükségeszerű a szomszédkeresés is, hiszen ez alapján tudjuk jól meghatározni az árnyékok helyét. Ha QT hálókön differenciasémákat akarunk konstruálni, minden cella esetében szükséges lesz a szomszédos cellákra is. Ebben az esetben, szemben az uniform (egyenes- vagy görbe vonalú) ráccokkal, a szomszédosság megállapítása QT hálók esetében nem triviális. Ezen segít a már említett gráf-reprezentáció. Standard fa-bejáró algoritmusokat használva, a szomszédos cellák már egyszerűen és kevés művelettel meghatározhatók (14. ábra).



14. ábra. Nemregularis és regularizált QT cellarendszer (Forrás: Mark et al. 2000)



15. ábra. Körvonal által generált regularis QT cellarendszer (Forrás: Mark et al. 2000)

Nevezzük egy cella gyermekeinek a cellafelbontás során kapott négy cellát (Mark et al. 2000). Nevezzük a felső kettőt (az 1. és 2. számút) északi fekvésűnek, a jobboldali kettőt (2. és 4. számú) keleti fekvésűnek és így tovább (16. ábra).

1	2
3	4

16. ábra. Gyermekcellák számozása a szomszédkereséshez (Forrás: Mark et al. 2000)

A következő algoritmus egy reguláris QT cellarendszer egy adott levélcélljának az északi szomszédját szolgáltatja (Vaibhav et al. 2012):

1. lépés: haladjunk a gráfon felfelé mindaddig, amíg a cella aktuális őse déli fekvésű lesz a saját szülőcellájában. Amennyiben ilyen ős nincs, akkor a cella a négyzet északi peremére illeszkedik, így nincs északi szomszédja.

2. lépés: Vegyük az első lépésben kapott őscella közvetlen északi szomszédját, ez testvércella lévén, azonnal adódik.

3. lépés: Haladjunk vissza a gráfon ugyanúgy, ahogy az 1. lépésben felfelé haladtunk, a keletnyugati irányítást megtartva, de mindig a déli fekvésű gyermekcellát véve. A kiindulási cella felbontási szintjével azonos szinten így eljutunk a kiindulási cellával azonos méretű cellához, mely annak közvetlen északi szomszédja. Ha eddig a szintig nem tudunk visszamenni, akkor – a regularitás következtében - az eggyel alacsonyabb szintig biztosan eljuthatunk, és akkor ez lesz a kiindulási cella egyetlen északi szomszédja.

4. lépés: Abban az esetben, ha a 3. lépésben kapott azonos méretű északi szomszéd gyermektelen, akkor ez az egyetlen északi szomszéd. Ellenkező esetben e cella 3. és 4. számú (azaz déli fekvésű) gyermekei a kiindulási cella két északi szomszédja, a regularitás értelmében pedig nincs több, mert ezek a cellák már szükségképpen gyermektelenek.

Megmutatható, hogy az összes cella összes szomszédja megkeresésének műveletigénye még mindig csak $O(N \log N)$, tehát nem több, mint a generálás és a regularizálás műveletigénye. A szomszédos cellák megkeresésének algoritmusá egyszerűen általánosítható egy rendezetlen síkbeli ponthalmaz esetére az egyes pontok legközelebbi szomszédainak megkeresésére.

A naiv megoldás (az összes pontpár távolságának hasonlítása) nyilván $O(N^2)$ műveletet igényel, ami nagy N esetében a QT hálós algoritmus műveletigényénél sokkal nagyobb.

Mint láthatjuk, közvetlenül tudjuk alkalmazni egy véges elemes hálógenerálás és pontsűrűség becslésnél, ami azért fontos, mert a különböző növényi kultúrák más és más árnyékot mutatnak. Nyilvánvaló, hogy minden reguláris QT cellarendszer a cellák alkalmas felvágásával triangularizálható, ehhez elég a cellaközpontokat a cellacsúcspontokkal és a megfelelő oldalak felezőpontjával összekötni. Itt meg kell említenünk, hogy az így nyert háromszögek mindegyike egyenlő szárú derékszögű háromszög, azaz tetszőlegesen kicsi szögek sehol sem keletkeznek. Továbbá ismeretes, hogy az így nyert háromszöghálón definiált végeselem módszerek stabilitása szempontjából fontos tulajdonság. Ez az algoritmus azért fontos, mert egy előre megírt algoritmusba ágyazva automatikusan bontja fel a képeket a legkisebb használható részig, így egy előre deklarált automatizált folyamatot kapunk, ahol az emberi szem által okozott hibák kiszűrésre kerülnek. A felbontás után a rész pixelek értékét vizuálisan jeleníti meg a szoftver, ami megkönnyíti az végső elemzést. A kérdéses részeket újra tudjuk elemezni, továbbá terepi bejárással tovább tudjuk pontosítani a modellt.

4.2.6 Növénymagasság becslése beesési szögből

Mint ismeretes, szerencsére nem ugyanolyan magasságot képviselnek a vizsgálatban érintett növények, így ez alapján el lehet őket különíteni. A kérdés csupán annyi, hogy ez hogyan mérhető egy 2 dimenziós képen. A felvételek készítésének egyik elengedhetetlen feltétele a tiszta idő. Tehát feltételezhető, hogy napos időben készültek a felvételek. Ez egy internetes meteorológiai oldal segítségével ellenőrizhető, melynek használata ingyenes. Az oldal szerint a következők voltak az időjárási adatok a felvételezés időpontjában:

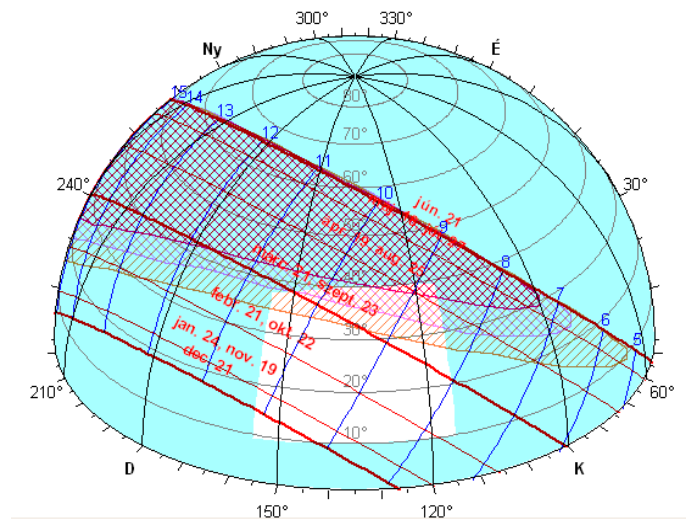
- hőmérséklet 27 °C fok,
- UVB sugárzás 5.7,
- páratartalom 32%,
- harmatpont 12g/m³
- derült égbolt.

Ezek után nem maradt más, mint az árnyékok felderítése a felvételen. Tekintettel arra, hogy ismert a kép készítésének ideje, így az is evidens, hogy honnét süt a Nap. Ezt követően pedig már csak a beesési szögre van szükség, hogy pontosan lehessen tudni, mekkora lesz az árnyék torzulása az eredeti mérethez képest (Davis és Cooke 2014, Wang et al. 2012). A mérések során tapasztalható, hogy a 45° beesési szögnél az árnyék pont kétszerese volt a test magasságának, míg 22,5° beesési szögnél ez az érték már ötszöröse volt. A beesési szög ki is számítható a következő képlet segítségével:

beesési szög = $90^\circ - \text{földrajzi szélesség} + 23,5^\circ$, ez jelen esetünkben a következőképpen fog alakulni a hagyományos 46,5 fokkal számolva:

$$\text{beesési szög} = 90^\circ - 46,5^\circ + 23,5^\circ = 67^\circ$$

A 17. ábrán egy ilyen, Budapestre vonatkozó nappályadiagram mutatja az év napjainak függvényében a napmagasság és azimut (Szalay Zs. 2006) értékeket. A diagramot a szolártechnikában a benapozás meghatározására alkalmazzák az árnyékviszonyok megállapításánál (Markham et al. 2012).



17. ábra, Nappályadiagram (Szalay Zs. 2006)

A vizsgálat során, ha a fenti arányok alapján a 67 fokos beesési szöggel számolunk, akkor az azt jelenti, hogy 1.7-szer nagyobb lesz az árnyékunk a képen, mint a valóságban a növény. Viszont figyelembe kell venni azt is, hogy a felvétel felbontása nem centiméteres, hanem méteres (Wanceng et al. 2014). Ennek ellenére egy növényt ki lehet szűrni a három közül, ez pedig a kukorica. Terepi mérések alapján ismert tény, hogy közel két méteres (195 cm) volt a felvételezés időpontjában, tehát ennek árnyéka közel 3.3 méter, vagyis ez már méteres felbontás esetén is érzékelhető.

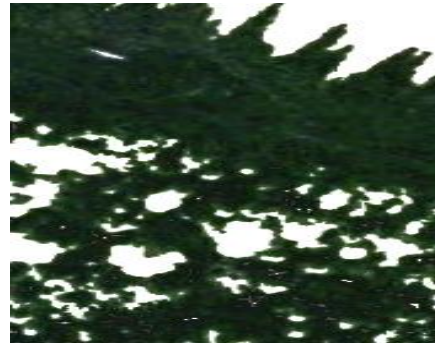
4.2.7 Növénymagasság becslése a quadtree segítségével

Az összes cella összes szomszédja megkeresésének műveletigénye még mindig csak $O(N \log N)$, tehát nem több mint a generálás és a regularizálás műveletigénye. A szomszédos cellák megkeresésének algoritmusát egyszerűen általánosítható egy rendezetlen síkbeli ponthalmaz esetére az egyes pontok legközelebbi szomszédainak megkeresésére.

Mint látható a két képen különböző erdők vannak (18. ábra) és árnyékuk alapján igen eltérő képet mutatnak.



Fenyőerdő árnyékai



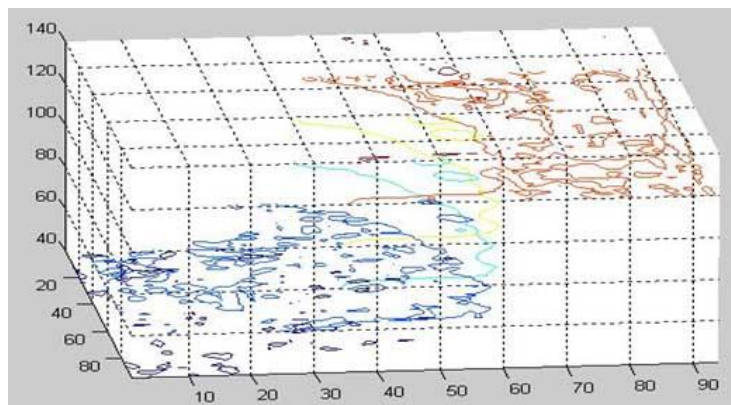
Tölgyerdő árnyéka

18. ábra: Eltérő erdőtípusok (Forrás: Saját szerkesztés)

Az 18. ábrán azért fehér színnel jelennek meg az árnyékok, mert az elemzés során sokkal könnyebb ezzel dolgozni, továbbá vizuálisan, képfeldolgozás nélkül is szembetűnő az eltérés. Ennek egyik oka lehet, hogy a fenyves fái közelebb állnak egymáshoz és így jobb a felszínborítottság, mint a tölgyes esetében (Philip et al. 2010).

4.3. TÁVÉRZÉKELÉSEL NYERT KÉTDIMENZIÓS FELVÉTELEKBŐL GEOREFERÁLÁS NÉLKÜL KÉSZÍTETT HÁROMDIMENZIÓS MODELL

A Contour segítségével szintekre (Chen et al. 2010) lehet bontani a képet (19. ábra). Ezt úgy kell érteni, hogy vizuálisan jeleníti meg a program, hogy hányféle magasságú növény található a képen. Ez természetesen egy durvább osztályozás. Tehát, ha van két hasonló méretű növény, amelyek között csak 2-3 cm különbség van, azt nem fogja észrevenni a program, ahhoz további elemzés kell, továbbá ki kell egészíteni az osztályozó eljárást szintérképezéssel és a quadtree algoritmussal is.



19. ábra. Contour az RGB szintérben (Saját forrás 2006)

Az 19. ábrán jól látható, hogy a különböző magasságú növényeket eltérő színnel jelöli a szoftver. Azonban itt fontos megemlíteni, az árnyékos részt, amit a gép itt növényzetnek ítél meg a pixelértékek eltérése miatt. Ez részben előny is, hiszen jól mutatja a felhasznált módszer

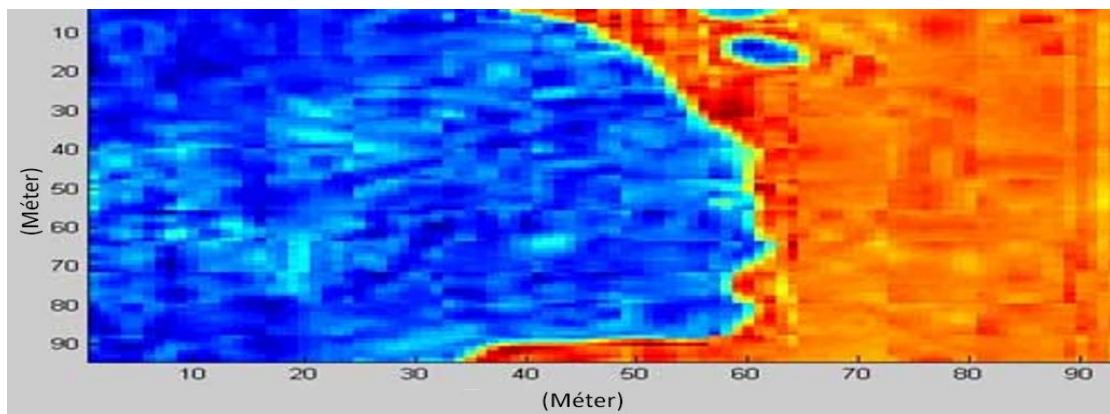
érzékenységét, részben hátrány, mert helyismeret nélkül dolgozó felhasználó növényként definiálhatja az árnyékokot.

4.3.1 A kísérlet bemutatása

A teszterületen 50 alkalommal és 37 helyen történt random mintavételezést, az 1x1 méteres jelölőnégyzet segítségével. Az említett eszköz véletlenszerűen került eldobásra, majd egyenként felmérésre került az általa határolt területen található növények darabszáma, mérete továbbá a taxonómiai besorolásuk is. Erre azért volt szükség, mert így lehet vizsgálni a gyepösszetétel változását is a talajtípusok függvényében. Továbbá 52 alkalommal történt irányított mintavételezés, ezek helyét az elemzés során adott 'foltok' határozták meg. Erre azért volt szükség, hogy biztosan megállapítható legyen, hogy az elemzés során ott hiba történt vagy valóban eltérés található. A felvételek eredményeit a függelék tartalmazza a 9.3. fejezetben.

A vizsgálódás során főként a látható tartományban készült felvételek kerültek felhasználásra, de természetesen a hiperspektrális felvételek is elemzésre kerültek. A felvételek feldolgozása két irányban indult, attól függően, hogy a felvétel látható tartományban készült, vagy pedig a hiperspektrális felvétel egyik sávja (Qiangqiang 2012). Természetesen a második esetben az első lépés a rétegekre bontással kezdődött. A látható tartományban készült képnél első lépésként az Adobe Photoshopban található algoritmus segítségével eltávolításra került a pára, továbbá az automatikus kontraszt segítségével élesíthető is a kép. Ez részben adatvesztéssel jár, de az eredmények értékelésekor kiderült, hogy ez a szín- és adatvesztés nem okoz szignifikáns különbséget az elemzés során. Ezt követően a kép beolvastatható a Matlab segítségével, ahol a modul szintekre osztja a pixelértékek alapján a képet. Jelen esetben a kísérleti terület (A 4.2.1. fejezetben ismertetett terület) széle látható a képen (19. ábra), ahol az erdő egy része, a kaszálón található két fa és a kaszáló látható. Mivel a teszterületen található erdő és mellette a gyep elég nagy magasságbeli különbséget mutat, így nem túl nehéz szabad szemmel elkülöníteni őket. Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy ha durván csak két különböző magasságú növényzet található a képen, akkor mik az összekötő vonalak a két szint között. A következő ábrán látható felvétel egy digitális kamerával, látható tartományban készített felvétel (20. ábra). Amit az 19. ábra mutat, az nem más, mint az erdő és a két fa árnyéka a kaszáló mellett, ez adja az átmenetet a két külön álló szint között. Tehát ennek segítségével ezáltal tudható, hogy a területen nem találunk bokrokat, cserjéket, hanem csak fák vannak a gyepterületen. A különböző színek zavaróak lehetnek. A színek azt jelölik, hogy hányféle árnyalatot tud elkülöníteni a program az adott képen. Tehát az árnyékok textúrájának egy

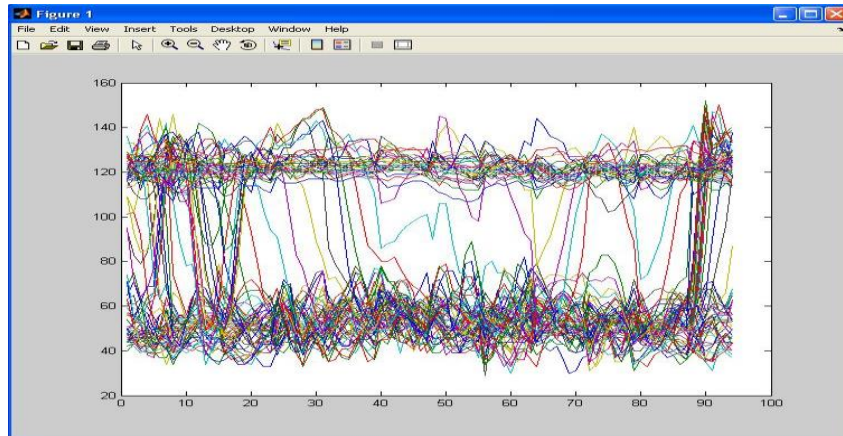
leírását jelöli. Ez azért fontos, mert a különböző növénykultúrák és növénytársulások más-más textúrájú árnyékkal rendelkeznek. A 20. ábrán látható koordinátarendszer függőleges tengelye az adott pixelek színértékét jelöli, míg az x tengely a pixelértékek elhelyezkedése a képen. Ez a két csoport azonban nemcsak magasságban, de színben is eltér egymástól. Ez alapján könnyen el lehet választani őket egymástól. Itt rögtön meg kell említeni, hogy ez még csak egy durvább osztályozás, mivel a cél itt nem az volt, hogy a növénykultúrákat különítsük el egymástól, hanem az, hogy egy 2 dimenziós felvételtől háromdimenziós modellt készítsünk georeferálás nélkül. Már az előző ábrán is látható, hogy az elemzett képen különböző elszíneződések vannak (foltok) a gyepterületen. Ennek több oka is lehet, ilyen például a magasságbeli különbség, a különböző talajviszonyok, a tápanyag-ellátottság, az esetleges fertőzés, a vírusvektorok, vagy a nedvesebb területek. Az eltérő pixelértékeket az 19. ábrán láthatók. Itt az elemzett képet már a háromdimenziós RGB színtérben ábrázolja a szoftver (20. ábra), így már szín alapján is tudni lehet, hogy mit is kell keresni.



20. ábra. Szín alapú osztályozás (Saját forrás 2006)

A 20. ábrán az árnyékos és sötétebb színekkel rendelkező pixelek kézzel és árnyalatival, a világos részek a narancs és árnyalatival kerültek ábrázolására. Így jól látható a bal oldali erdő, valamint a két fa, ami kimagasodik a gyepterületen.

Amennyiben az elemző modulnál bekapcsolt állapotba kerül a felület hozzárendelése is, akkor egy térbeli ábrázolást ad vissza a modul (21. ábra).



21. ábra. Szintekre bontott kép (Saját forrás 2006)

A koordináta-rendszer a teszterület méreteit jelöli az x és y tengellyel, valamint az adott pixelen található szín értékét az RGB színtérben. Továbbá az árnyék okozta átmenet ismét jól látható. A terepi ellenőrzéskor kiderült, hogy a világos részeken ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*) található, ez okozta a túl világos részek kialakulását. A sötétebb részeken abszolút nem található ecsetpázsit, ott a gyepalkotó növényzet főként a franciaperje (*Arrhenatherum elatius*), és a keskenylevelű réti perje (*Poa angustifolia*) volt.

A vizsgálódás során ahol a kísérlet szempontjából érdekes foltokat mutatott ki az elemzés, ott a terepi bejárás során felmérésre kerültek a domináns fajok. Ez azért volt szükséges, mert a reflektancia értékük jelentős eltérést mutatott a környezetükhöz képest és ezt a Fourier transzformáció alkalmazásánál jelezte a modul, olyan hibaként, ami meghaladta a hibahatárt. A cél itt egyértelműen az volt, hogy minél több adat álljon rendelkezésre az adott területen található domináns fajokról, melyből akár egy kisebb méretű adatbázis is létrehozható a további vizsgálatokhoz, mint referencia alap. Ez nem lett volna egyedülálló fejlesztés, hiszen a U.S. Geological Survey már több évtizede gyűjti a különböző objektumok reflektancia értékét (a mesterségesen létrehozott objektumoktól a kőzeteken át a növényekig), amelyeket akár kontrolként is fel lehet használni egy-egy vizsgálat során (Qinhong et al. 2012). Itt érdemes ismételtelen kiemelni, hogy ennél a vizsgálatnál nem az volt az elsődleges cél, hogy a növénytársulásokat meghatározzuk és felmérjük a területen lévő fajokat, hanem az volt, hogy a reflektancia értékek és a mikroárnyékok segítségével, georeferálás nélkül készüljön el egy háromdimenziós modell a kétdimenziós felvételből (Moriyama 2002). Természetes, hogy az idő múlásával a növényzet színe is változik. Ez felveti azt a kérdést, hogy akkor mennyire fog torzulni az előállított modell? A terepi felvételezés többször megismétlésre került (4.2.2). Ezek eredményéről a 5.3. fejezet számol be.

4.4. SZARVASGOMBA

Két módszerrel történt a kitűzött cél elérése. Az egyik a légifelvételek osztályozása (infra- és látható tartományban készített felvételekkel) a gyökereket átszőtt micélium arányának vizsgálata volt, a másik pedig a mikorrhizált és gombapartner nélkül élő növények összehasonlítása. A gyökerek vizsgálatára két dolog miatt van szükség:

- be kell azonosítani a növény gyökeréhez kapcsolódott gombafajt
- meg kell határozni a mikorrhizálódás mértékét (64. ábra).

A gombafaj meghatározása már bonyolultabb feladat. A gyökérvégeken lévő gombaköpeny felszíni sejtjeinek alakjából, valamint a felületükön található cisztidák (vakon végződő gombafonalak) hosszúságából, alakjából lehet következtetni a gombafajra. A *Tuber aestivum* cisztidája jellemzően hosszú egyszálú, elágazás- és csatmentes, hullámos „göndörödő”. A második módszerrel történt a távérzékeléssel nyert információk ellenőrzése. A teszterület a 63. és 63b. ábrán látható.

4.4.1 A kísérlet bemutatása

A kísérlet során a Hexium kft.-től kölcsön kapott infrakamerával (HX- IDS-IP 19), továbbá egy Canon EOS 70D (18-55 objektív) tükörreflexes kamerával készített felvételek kerültek felhasználásra, amelyek a terület fölött készültek egy hőlégballonból. A felvételezések időpontjai úgy kerültek meghatározásra, hogy a teszterületen minél kisebb legyen a mogyoróbokrok által okozott árnyékok aránya. Ezért a felvételezések késő délután történtek, amikor az ültetvény melletti magas fák teljesen leárnyékolják az ültetvényt, de még elegendő fény volt a felvételek elkészítésére. A felvételek júniustól augusztusig készültek, a hétfői, szerdai, pénteki napokon 17:30kor és 18:00kor. A két időpontra azért volt szükség, mert két magasságon is készítettünk felvételeket. Az első magasság 25m volt, a második 40m. Azért esett a választás erre a két magasságra, mert a Pannon Egyetem kollégiuma mögötti területen, ezeken a magasságokon volt a legkisebb a zavaró légmozgás ezekben az időpontokban, valamint ezekről a magasságokról megfelelő rálátás volt a területre. Ezalatt azt kell érteni, hogy még szabad szemmel is könnyen felismerhetőek a bokrok. Minden esetben 10-10 felvétel készült mind a két tartományban. Ennek következtében naponta 20 felvétel került mentésre. Referencia adatokat a földi terepbejárás és mintavételezés biztosította. Amelyhez felhasználásra került az ültetvény alaprajza (forrás: Illyés Zoltán), amely tartalmazza azt az információt is, hogy melyik bokor, melyik gombával lett beoltva. Továbbá a bokrokról a felvételezések között készültek látható- és infratartományban (a fent említett felvételező

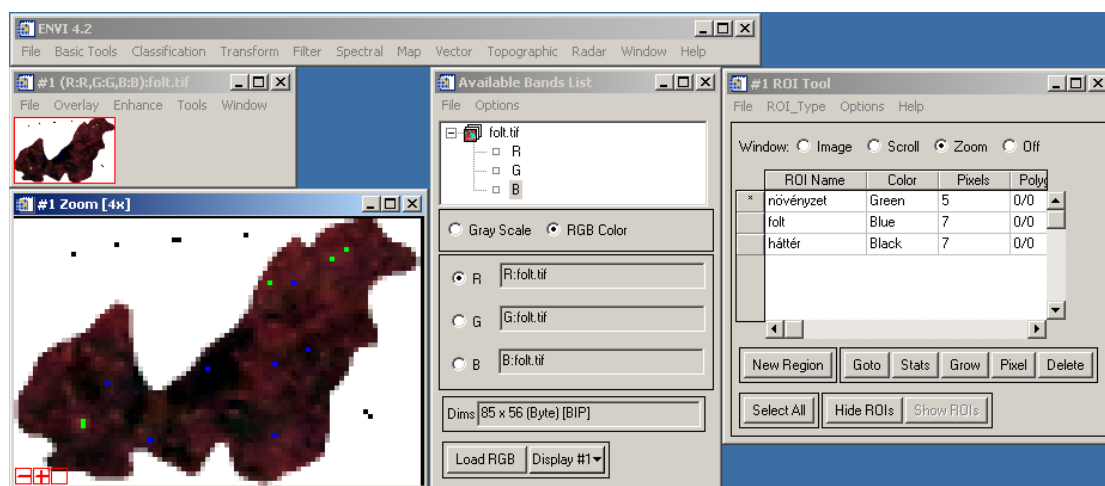
berendezésekkel) a földön is felvételek (10-10 darab/felvételzési időpont). Az eredmények értékelésénél pedig figyelembe vételre kerültek a laborban elvégzett mikorrhizálódás mértékét meghatározó vizsgálatok eredményei is. A gyökérszet vizsgálatára a felvételezések lezárultát követően szeptember 7.-én, került sor. Ez azért is fontos, mert így a vizsgálatban elért eredmények igazolhatóak, illetve, ahol nem volt sikeres az oltás, ott újraoltás történt.

4.4.2 Képek előfeldolgozása

A fenti eszközzel készített képekből először kiválasztásra kerültek azok, amely képelemzési szempontból megfelelőek, a képen szereplő, elemzésre alkalmas objektumok jól kivethetőek. A képelemzési műveleteket célszerű csak a feldolgozási cél szempontjából fontos területeken elvégezni. A hasznos információt nem hordozó részek (háttér) eltávolításához az Adobe Photoshop CS nevű szoftver került felhasználásra. A foltok kijelölése sokszög lasszóval, denzitás alapján történt. A kijelölt részek új lapra kerülnek, és külön-külön kerültek mentésre. 12 bokor került kiválasztásra, melyből 8 került részletesebb elemzésre.

4.4.3 Képek irányított osztályozása

A kivágott képeket az ENVI 4.2 nevű szoftverrel kerültek megnyitásra (file>open image file), a megjelenő ablak load RGB parancsával betöltődtek, és kiválaszthatóak azok a felszínosztályok, amelyeket el kell különíteni, ezek a bokor alatti foltok, a lágyszárú növényzet és a háttér. Ezután a ROI Tool ablak segítségével (Basic Tools>Region Of Interest>ROI Tool) terepi ismeretek alapján kiválasztásra kerültek az osztályban jellemző, prototípus pixelekek. Ezt a 22. ábra ábrázolja.



22. ábra. Pontok kiválasztása ENVI 4.2-ben (Saját forrás 2006)

A program a kép pixeleit valamelyik előre "megtanított" módon, felszín, továbbá információs osztályba sorolja, 4 osztályozó eljárást felhasználva (Classification > Supervised > Parallelepiped / Minimum Distance / Mahalanobis Distance / Spectral Angle Mapper).

4.4.4 A módszerek ismertetése

Nem parametrikus (Parallelepiped): A parallelepipedon döntési szabályban a vizsgált pixel értékei összehasonlításra kerülnek az alsó és a felső határokkal. Az alsó és a felső határok lehetnek:

- a tanulón belüli pixelek értékeinek minimális és maximális értéke minden sávban,
- minden sáv szerint az átlag és annak valamilyen skalárral szorzott szórású környezete,
- bármilyen határ, amit a felhasználó definiál az adatok, vagy a tanuló ismerete szerint. (Sisodia et al. 2014).

A sávpáronként értelmezett és a sávonként vett minimális és maximális értékekkel lehatárolható téglalapok adják a háromdimenziós térben értelmezett téglatest határoló felületeit, míg n-dimenzióban egy n-dimenziós parallelepipedont definiálhatunk (Chasmera et al. 2014).

Az osztályozás lépései:

- Ha a pixel egyetlen tanulóhoz tartozó parallelepipedonba esik, akkor a tanuló által kijelölt osztályba kerül.
 - Ha kettő vagy több parallelepipedon közös térrészébe, átlapoló területébe helyezhető el a vizsgált pixel, akkor osztályozhatók a tanulók rangjai, vagy parametrikus szabály szerint másik osztályba sorolható.
- A pixel a magasabb rangú (alacsonyabb értékű) tanuló által reprezentált osztályba kerül.
- Ha rangot nem vehetjük figyelembe, akkor a pixelt csak az átlapoló tanulókra alkalmazott parametrikus szabály szerint kerülnek osztályozásra. Ha egyik tanuló sem parametrikus, akkor a pixel osztályozatlan marad, ha csak az egyik tanuló parametrikus, akkor a pixel automatikusan ehhez az tanulóhoz, ill. az általa reprezentált osztályhoz kerülnek.
- a pixel osztályozatlan marad
- Ha a pixel nem esik egyik parallelepipedonba sem, akkor definiálni kell az osztályozást.
- a pixel az összes tanulóra alkalmazott parametrikus szabály szerint kerül osztályozásra. Ha egyik tanuló sem parametrikus, akkor a pixel osztályozatlan marad.

Legkisebb távolság (Minimum Distance): az osztályozni kívánt pixel és mindegyik tanuló átlagos értéke közötti n darab lehetséges spektrális távolság mérésén alapul (Ruiz et al. 2014).

A pixel ahhoz az osztályhoz kerül, amely a reprezentáló tanuló átlagértékéhez a legközelebb van, vagyis amelyre az alábbi kifejezés minimális (6)

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \quad (6)$$

ahol

n = a sávok száma (dimenzió)

i = az adott sáv indexe

c = az adott osztály index

X_{xyi} = az i sáv x,y pixelének az értéke

SD_{xyc} = az x,y pixel és a c osztály közötti távolság

Abban az esetben, ha a nagy varianciájú tanuló jól elkülöníthető résztanulókra bontható, akkor ezek egy tanulóként való kezelése azt eredményezi, hogy az átlagvektor a két tanulórész közé mutat, ahol lehet, hogy nincs is pixel, vagy egy másik tanuló van. Ez különösen a minimális távolság módszerénél okoz látványos hibát. Ezt úgy lehet javítani, hogy a tanuló felbontásra kerül az alkotó részeire (Sisodia et al. 2014). Ez viszont azt eredményezi, hogy megszűnhetnek olyan osztályok, mint a városi beépítés, mert felbomlik útfelületre, zöldfelületre, vízfelületre, stb.

Nagy varianciájú tanulók a fentiek szerint csak akkor alkalmazhatók osztályok reprezentálására, ha

- nem bontható homogén, elkülönülő résztanulókra,
- a legközelebbi tanuló átlagvektora és a nagy varianciájú tanuló átlagvektorának a távolsága legalább kétszerese az utóbbi a tanulón belül mérhető legnagyobb spektrális távolságnak (Ruiz et al. 2014).

Mahalanobis távolság (Mahalanobis Distance): A Mahalanobis távolság hasonló a minimális spektrális távolsághoz, csak a kovariancia mátrixot használja az egyenletben. A mátrixban szereplő varianciák és kovarianciák értékei továbbviszik a tanulóban lévő nagy változékonyságú pixelek tulajdonságait az osztályra (Mei et al. 2014). Például, ha városi terület kerül osztályozásra, amely tipikusan nagy varianciájú pixeleket tartalmazhat, a jól osztályozott pixel messzebb lehet az osztályközéptől, mint esetleg egy nem nagy varianciájú osztály, pl. a vízfelület esetén (7):

$$D = (X - M_c)^T (Cov_c^{-1})(X - M_c) \quad (7)$$

Ahol,

D = Mahalanobis távolság

c = adott osztály

X = pixel vektora

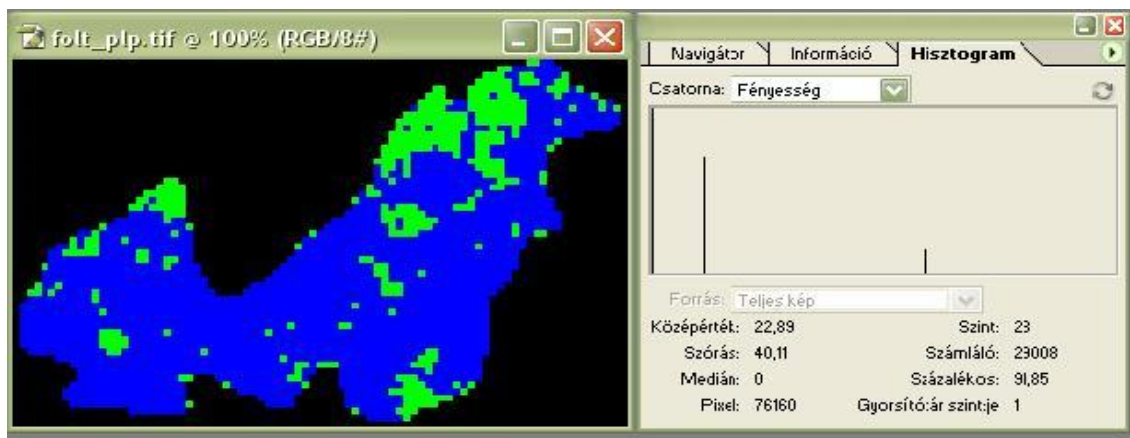
M_c = osztály tanulóinak átlagvektora

Cov_c = a c osztály tanulóiban lévő pixelek alapján számított kovariancia mátrix

Cov_c^{-1} = Cov_c inverze

T = transzponált függvény

Az osztályozott képek megjelenítése az Adobe Photoshop CS nevű programban található hisztogrammal történt, ezt a 23. ábrán láthatjuk.



23. ábra. Osztályozott kép hisztogrammal történő elemzése (Saját forrás 2006)

A hisztogram egy grafikon, amely arról ad felvilágosítást, hogy a különböző világosságú pixelekből mennyi van a képen, illetve mennyiségük hogyan aránylik egymáshoz. A vízszintes tengely a világossági értékeket jelzi a nullától a maximumig. Ezek között 256 fokozatra van osztva a tengely. Maga a hisztogram lényegében egymás melletti függőleges vonalakkól áll, amelyek magassága arányos azzal, hogy az adott tónusú képpont hányszor fordul elő a kép felületén (Sung et al. 2014).

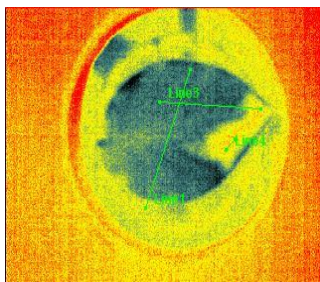
A három osztályt három szín jelöli: zöld (növényzet) kék (folt) és fekete (háttér). Az egérrel a függőleges vonalra állva leolvasható a hisztogramról, hogy hány képpont zöld, és hány képpont kék az adott képen, ezt a számláló mutatja. A kapott adatokat egy Excel táblázatban foglaltam össze (6. táblázat), majd kiszámítottam a folt százalékos arányát. Az értékeket a mikorrhiza vizsgálat eredményeivel vettem össze.

4.5. PHYTOPHTHORA INFESTANS FERTŐZÉS VIZSGÁLATA BURGONYALEVÉLEN CONTOUR SEGÍTSÉGÉVEL LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

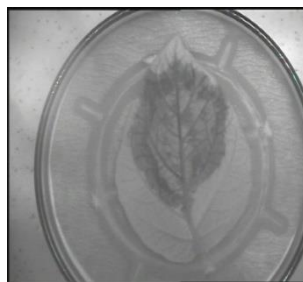
A kísérlet a Pannon Egyetem Georgikon Karának Burgonyanemesítő Intézetével együtt valósult meg.

4.5.1 A kísérlet bemutatása

A kísérletek során górcső alá kerültek a Hópehely, Lilla, White Lady fajták. A felvételek infra-, látható és termális tartományban készültek el. Az Infratartományban történő felvételezést a Hexium Kft. HX-IDS-IP 19 kamerájával készítettem el, továbbá termális tartományban a Hexium Varicam prototípusát használtam, a látható tartományban egy Canon EOS 70D tükörreflexes fényképezőgép került felhasználásra. Kísérleti jelleggel két nap készültek próbafelvételek az erre a célra külön preparált burgonyalevelekkel. Itt figyelembe vettem, hogy a labor tulajdonságainak (hőmérséklet, fény, páratartalom stb.) változásai hogyan befolyásolják a felvételeket, illetve a kísérlet során vizsgált paraméterek értékeit. A három különböző kamerával készített képeket a 24. ábra szemlélteti.



Termális tartomány



Infratartomány



Láthatófény-tartomány

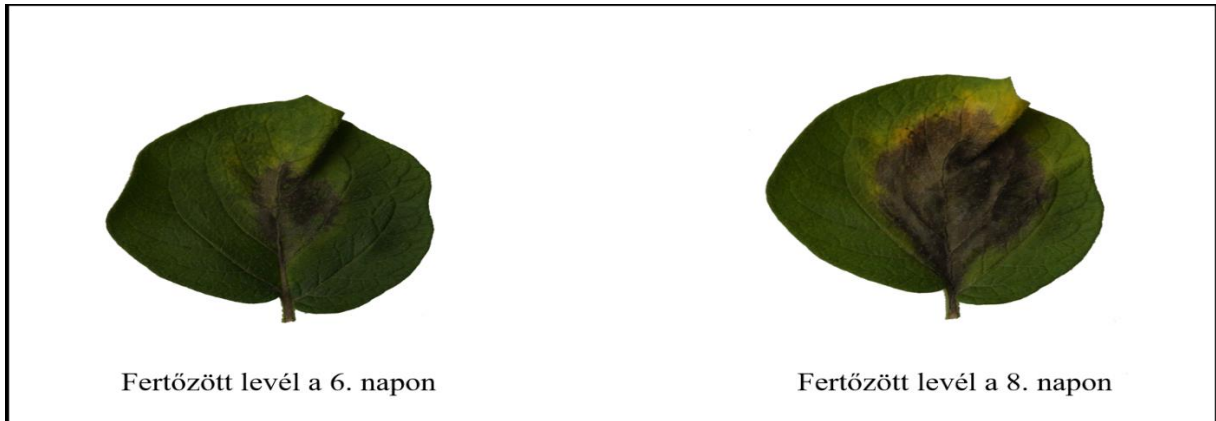
24. ábra. A kísérleteink során használt kamerák által készített felvételek (Saját forrás 2006)

Talán ennek köszönhetően derült ki, hogy a természetes fényviszonyok zavaróak lehetnek, hiszen nem lehetséges ugyanolyan fényviszonyokat produkálni az összes felvételezési időpontban. Ezért a labor világításával került kizárásra ez a zavaró tényező, az ablakok lesötétítésre kerültek, hogy kintről ne szűrődhessen be fény. Miután sikerült a labor tulajdonságait viszonylag állandósítani (a fényviszonyok, színhőmérséklet 2-3% hibahatáron belül maradt), utána kezdődött meg a felvételek elkészítése. Továbbá még a vizsgálat tárgyát képezte, hogy a fertőzést a levél fonákján vagy színén érdemesebb-e indukálni. Itt az a következtetés került megállapításra, hogy szignifikáns különbség nem alakul ki, viszont a felvételek elemzésénél sokkal jobban kezelhetőbb, ha a levél színére kerül az oldat. Ez azért is lényeges, mert a fonákon található apró szőrök néha zavaró reflektanciát mutattak, továbbá hamarabb lefolyt a felvitt minta a fonáki részről. Az egyes fajták elemszáma 35 darab volt, ebből húsz levélen került alkalmazásra fitoftórás oldat, tíz levélen desztillált víz, valamint a

maradék öt levélen kontrollként nem került felhasználásra semmi. Az utóbbi minták csak arra szolgáltak, hogy a természetes fonnyadást, száradást nyomon lehessen követni és az esetleges fertőzéseknel kiszámítható legyen, hogy mi tulajdonítható az idő múlásával járó biológiai folyamatoknak, és mik a fertőzésnek. Az oldatok a levél közepére kerültek fel minden esetben. A megfigyeléseket nyolc napon keresztül végeztük, napi négyszer készültek a fentebb említett tartományokban felvételeket. A felvételek készítésének időpontjai 11:05, 13:00, 15:00 és 17:00 órakor voltak. A képek az elemzéshez random kerültek kiválasztásra, mind a három kategóriából (fertőzött, desztillált vizes, sima levél). A 66. ábrán látható részlet egy felvételezési adatokat tartalmazó excel tábláról.

A táblázatból kiderül, hogy a vizsgált minta a White Lady-hez tartozik. Minden jegyzőkönyvön feltüntetésre került a mintaszám, a minta típusa, ahol három lehetőség is van. A minta vagy fertőzött, vagy desztillált vízzel volt kezelve, vagy pedig sima kontroll minta. Ezen felül lehet látni a felvételezés időpontjait, valamint hogy milyen tartományban készült a felvétel. A Th a termális, az Ir az infra és az RGB a látható tartományt jelenti. Az értékek az egyes oszlopokban a mintáról készült kép azonosítóit jelentik. Mivel három különböző felvevőkamerával történtek a felvételezések, így a képek számozása is különbözik. A minták azonosítójához tartozó mérési eredmények egy másik excel táblában kerültek tárolásra.

Az elemzéshez használt program a MATLAB 7.0 szoftverbe beépülő modul, amit egy kicsit át kellett alakítani, hogy értékelhető eredmények készülhessenek. A sima contour funkciónak az a hibája, hogy nem tud elég részletes elemzést végezni. A legnagyobb probléma az, hogy ha az RGB tartományban készített kép kerülne beolvasásra, akkor a háromdimenziós tömbbe helyezné a pixelenkénti értékeket (Hui et al. 2002). Ez egyrészt nagy erőforrást igényelne a további osztályozások során, másrészt nehezebben lehetett volna visszavezetni az értékeket kétdimenziós formába, ahol a fertőzés terjedésének irányát szeretnénk vizsgálni (Tse et al. 2008). A továbbfejlesztett eljárással az egész felület pixelenkénti változásait lehet vizsgálni, és ami a legfontosabb, mindezt két dimenzióban. Ez azért fontos, mert így nyomon követhető a növényi nedvekkel könnyen terjedő fertőzés mozgása. A vizsgálatok fitoftórás oldattal fertőzött burgonyaleveleken történtek. A levelekről 3 tartományban készültek felvételeket. Ezek a tartományok a látható, infra- és termális tartomány. Az elemzések során a látható tartományban készített felvételek (25. ábra) kerültek felhasználásra.



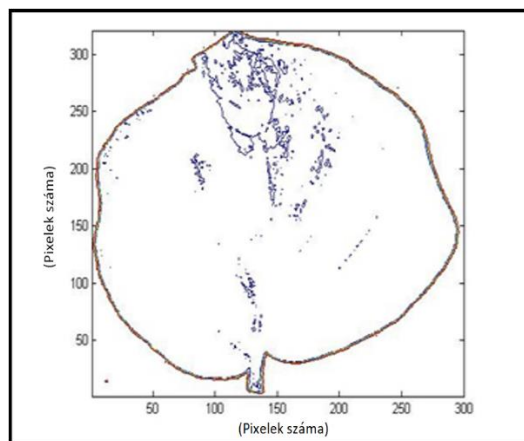
25. ábra. Fertőzött burgonya levelek (Saját forrás 2006)

A képet célszerű az elemzés előtt szürkeárnyaltossá (1. kép) alakítani, mert a vizsgálatok során ez hatékonyabban elemezhető, a vizsgálat szempontjából fontos információt nem veszít ezzel a kép, és az erőforrásokat sem foglalja le túlságosan egy-egy elemzési folyamatnál.



1. kép Szürkeárnyaltos kép (Saját forrás 2006)

Ezt követően kerül alkalmazásra az előző fejezetben ismertetett eljárás a contour (Hui et al. 2002, Vicent et al. 1994). Az ezzel a módszerrel ábrázolt képet szemlélteti a 26. ábra.



26. ábra. Burgonyalevél kontúrja (Saját forrás 2006)

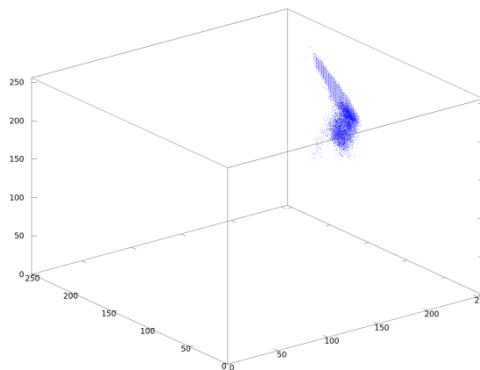
A kísérlet során 197 burgonyalevél került alaposabb vizsgálatra. Ezekről három különböző tartományban dolgozó kamerával készültek felvételek, majd az így nyert képek kerültek

elemzésre tovább a feldolgozást követően. Ez azt jelenti, hogy 11800 mérési adat került feldolgozásra

4.6. ELOSZLÁSSAL SÚLYOZOTT SFD VIZSGÁLATA

4.6.1 A Spektrális Fraktáldimenzió (SFD)

Egy 24 bites raszteres digitális kép pontjait R,G,B numerikus értékei szerint koordinátázva az első ténnyolcad 256 élhosszúságú kockájában (egyik csúcsa az origó) helyezük el. Az egyszínű képpontok a kockában ugyanoda esnek (Hegedűs et al. 2012) (27. ábra).



27. ábra. Egy hópehely burgyonyagumó SFD értéke az RGB színtérben (Saját forrás 2011)

Az i -edik iterációs lépésnél ez a kocka felosztásra kerül 2^i élhosszúságú diszjunkt részkockákra. Az m_i jelentse az i -edik iterációban jelentkező részkockák számát, n_i pedig ezek közül azok darabszámát, amely tartalmaznak színt a vizsgált képből (Horváth et al. 2012). Ekkor a vizsgált digitális képhez rendelt spektrális fraktáldimenzió (SFD) értékét a (8) kifejezés határozza meg:

$$\frac{3}{8} \sum_{i=0}^7 \frac{n_i}{m_i} . \quad (8)$$

Kiindulásul feltételezhető, hogy csak egy bizonyos valószínűséggel állítható, hogy a digitális kép valamely képpontja reprodukálhatóan az aktuálisan mért pozícióba kerül a színekockában. Adott egyedi mérésnél ezt kell várható értéknek tekinteni, de fel kell tételezni az e pont körüli szóródást is. Háromdimenziós diszkrét normál eloszlást alkalmazva a környező pozíciókban is lesz a (9) képlet szerint pozitív elhelyezkedési valószínűség:

$$P(r_j, g_j, b_j) = Ae^{-\frac{(r_j-r_k)^2 + (g_j-g_k)^2 + (b_j-b_k)^2}{B}} + C(A, B, T_k) \quad (9)$$

Az (r_k, g_k, b_k) a mért képpont pozíció, az (r_j, g_j, b_j) pedig a szóródási tartományának (T_k) egy j -edik pontjéé, C pedig a diszkrét közelítés korrekciós tagja. Az A , B és C olyanok, hogy a T_k tartományban a (r_k, g_k, b_k) képponthez tartozó P valószínűsége (10) teljesüljön

$$\sum_{T_k} P(r_j, g_j, b_j) = 1 \quad (10)$$

Miközben a k végigfut a kép pontjainak indexein, a (9) szerinti valószínűségi értékek növeljék meg a színekocka (r_j, g_j, b_j) -nek megfelelő pontjaihoz rendelt (kezdetben nulla) értékeket, amelyeket a színekockával egyező dimenziójú valószínűségi gyűjtőtömbben (M) tárolunk (Hegedűs et al. 2012).

Ekkor a vizsgált digitális képhez rendelt ESFD értéket a (7) kifejezés határozza meg, ahol a q_i az i -edik iterációs szinten azon kockák száma, mely kockákba eső M elemek összege eléri az 1-et (11).

$$\frac{3}{8} \sum_{i=0}^7 \frac{q_i}{m_i} \quad (11)$$

Nyilvánvaló, hogy ha nincs szórás, akkor (9) értéke megegyezik (10) értékével (28. ábra).

```

A=imread('c:\picture.bmp');
B1=A(:,:,1); B2=A(:,:,2); B3=A(:,:,3);
C=[1000000*uint32(B1(:))+1000*uint32(B2(:))+uint32(B3(:))];
X=zeros(2);
for j=0:7
    C=(C(:)./1000000-mod(C(:)./1000000,2^j))*1000000 +
((mod(C(:),1000000)-mod(C(:),1000))./1000-mod((mod(C(:),1000000)-mod(C(:),1000))./1000,2^j))*1000 +
mod(C(:),1000)-mod(mod(C(:),1000),2^j));
    C=sort(C);
    i=2;
    while i <= size(C,1)
        if C(i-1) == C(i)
            C(i)=[];
        else
            i=i+1;
        end
    end
    X(j+1,1)=size(C,1);
    X(j+1,2)=j;
end
Y=[log(X(:,1)) log(8.^(8.-X(:,2)))];
Z=[Y(:,1) ./ Y(:,2)];
SFD=sum(Z)/8*3;

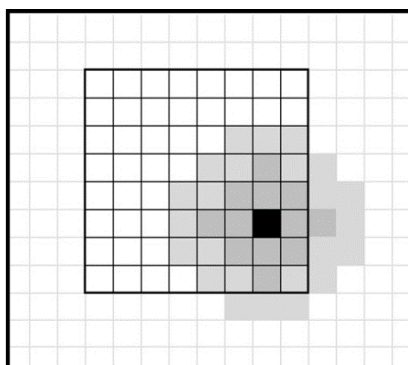
```

28. ábra. SFD érték determinálása MATLAB környezetben (Saját forrás 2011)

4.6.2 Az SFD és HSFd értékének összehasonlítása

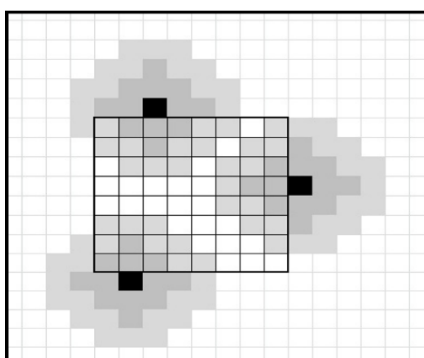
A definíciók alapján nem áll fenn monoton kisebb-nagyobb viszony a két funkcionál között.

A 29. ábra egy olyan szituációt mutat, amelyben az i -edik iterációs lépésben a vastagkeretes kocka nem növeli p_i értékét, viszont n_i értékét igen.



29. ábra n_i érték növelése az i -edik iterációs lépésnél

A 30. ábra pedig egy olyan helyzetet érzékeltet, amelyben az i -edik iterációs lépésben a vastagkeretes kocka nem növeli n_i értékét, viszont p_i értékét igen (Horváth et al. 2012).



30. ábra. Az i -edik iterációs lépés

4.6.3 Számításigény

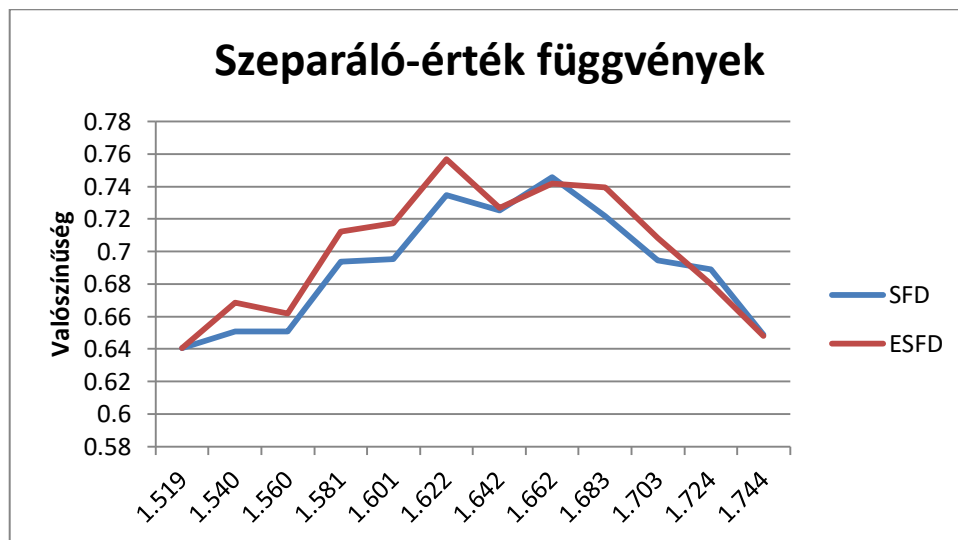
A HSFD számítása sokkal komplexebb, és merőben más algoritmust igényel, mint az SFD. Míg az SFD paramétere csak a kép, addig a HSFD számításához szükséges a szórási tartomány megadása, melyet A-val és B-vel lehet beállítani. Problémát a megnövekedett tárigény, és a nagyobb méretű tömbbel járó számítástöbblet jelenthet. A tárnövekedési szorzó a képpont szórási tartományának elemszáma, nyilván az alsó határ szorzója 1. Minél ritkább a képponthalmaz és minél nagyobb a szórás, annál nagyobb a tényleges szorzó. A számításigény felső korlátja mindkét funkcionál $O(n^2 \log n)$, de a gyakorlatban ez lényegesen kevesebb a bekövetkező ciklusból való kilépések miatt (Hegedűs és Horváth 2012.).

4.6.4 Szeparálóképesség

Legyenek f és g olyan függvények, amely a két vizsgált mintasor funkcionáljának várható értékei közötti tartományon vannak értelmezve a következők szerint: $f(x)$ értéke jelentse a kisebb várható értékhez tartozó minta x -nél kisebb funkcionálérték előfordulási valószínűségét; $g(x)$ értéke pedig jelentse a nagyobb várható értékhez tartozó minta x -nél nagyobb funkcionál-érték előfordulási valószínűségét. Az $f(x)g(x)$ szorzatfüggvény mint

szeparáló-érték függvény maximum helye lehet az optimális szeparáló érték (Hegedűs et al. 2011).

Az SFD és ESFD mérésnél kapott szeparáló-érték függvényt mutatja a két mintasor várható értékei között a 28. ábra, adatok: A=0,1; B=2,9; T_k elemszáma 93 (31. ábra).



32. ábra. Szeparáló-érték függvények (Saját forrás2011)

A példából látható, hogy más szeparáló értéket találhat alkalmasnak az ESFD, mint az SFD, de ez nem általánosítható. Az eddigi vizsgálatok szerint – ha kevéssel is - nagyobb valószínűséggel tudja a két fajtát elkülöníteni az ESFD, a bemutatott példában 3%-kal. A HSFD jó szeparáló képességének beállításához meg kell keresni az optimális A és B értékeket, és a paramétertartományon való sokszori futtatás nyilván sokszorozza a számításigényt (Hegedűs et al. 2011).

4.7. OBJEKTUM DIGITÁLIS KÉPÉNEK SKALÁRIS MUTATÓI

4.7.1 Az alkalmazott Spektrális Tehetlenségi Nyomaték (STN) fogalom

Az SFD-nél leírt színekocka tengelye legyen a (0,0,0) és a (255,255,255) pontokra illeszkedő egyenes. A kockában lévő i-edik színpont tengelytől mért távolsága legyen r_i , ugyanennek a színpontnak a többszörözöttsége legyen m_i . Ekkor a vizsgált digitális képhez rendelt spektrális tehetlenségi nyomaték értékét a (12) kifejezés határozza meg:

$$\sum_i r_i m_i^2. \quad (12)$$

Ettől a funkcionáltól az várható, hogy világosítás-sötétítés invarianciát mutasson.

4.7.2. Az alkalmazott Redukált Spektrális Konvex Burok Mérték (RSKBM)

Az SFD-nél leírt színekockában elhelyezett képpontok halmazából elhagyásra kerülnek azok, amelyeknek multiplicitása kisebb, mint 4. Ez abból a feltevésből következtethető, hogy a későbbiekben vizsgált 4x4 cm-es képek minden cm²-én elő kell fordulnia minden jellemző színnek. Tovább csökkenthető a pontok száma a konvex burok szerinti belső pontok elhagyásával. Ezt követően a maradék pontok feszítette burok által határolt tér térfogata is számítható. Ettől a funkcionáltól az várható, hogy egyfajta színkiterjedés- korlátot reprezentáljon. A 67. ábra egy képpont halmaz konvex burkának éleit szemlélteti a színekockában.

4.7.3 Az alkalmazott Spektrális Távolság (ST2) fogalma

Vegyünk alapul két képet. A színekocka minden (i-edik) pontjához meghatározott az egyik, illetve a másik kép megfelelő színének a multiplicitása, nevezetesen, hogy hányszor szerepel a szín az illető képben. Legyenek ezek: n_i és m_i . Ekkor a két kép spektrális távolságát a kettes norma szerint a (13) összefüggés adja:

$$\sqrt{\sum_i (n_i - m_i)^2} . \quad (13)$$

Valamely vizsgálandó (m_i értékekkel rendelkező) objektum esetén az ST2 szerinti mérést egy (n_i értékekkel rendelkező) referenciaképhez viszonyítva végezhető el.

4.7.4 Mérési körülmények

Eszközök

- Canon EOS 30 D digitális fényképezőgép
- Canon EF-S 18-55 mm optikai lencse
- Sigma EM-140 DG körvaku

- 0,35m tárgytávolság
- kivágott minták tárgymérete: 0,02m x 0,02m
- természetes fény kizárása

Vizsgált burgonyafajták

- Katica (*Kt*)
- White Lady (*WL*)

Paraméterek

- felbontás: *MR*: 2544 x 1696, 300x300 pixel

Szoftverek

- MS Visual Studio.NET
- MatLab

Mintavételezés

- rögzített állványról történő fényképezés

4.7.5 Mérési bizonytalanság

A természetes megvilágítás melletti felvételezés digitális képei a fényerősségtől, valamint a napállástól, a légkör változó szóró és szűrő hatásától való erős függést mutattak. Ennek kiküszöbölésére ajánlott Csák (et al. 2009) természetes megvilágítású „standard” felvételezési környezetet, az ebben a vizsgálatban is alkalmazott „Mérési körülmények” pont szerint. Minthogy a korábbi vizsgálatok a burgonyafajták SFD értékei szerinti elkülöníthetőségét célozták, ezért tovább vizsgáltunk két burgonyafajtát, méghozzá a szabad szemmel is könnyen megkülönböztethető Katicát (2. kép) és a White Lady-t (3. kép).



2. kép, Katica gumó (Saját forrás 2011)

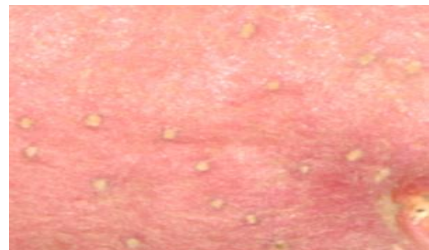


3. kép, White Lady gumó (Saját forrás 2011)

Csák et al (2010) kimutatta, hogy a minta felületének szögétől függ a digitális kép színösszetétele, ezért a fényképezés irányára közel merőleges rész kivágását alkalmaztuk a 4. képből nyert 5. kép szerint.



4. kép, Katica gumó (Saját forrás 2011)



5. kép, A gumóból kivágott minta (Saját forrás 2011)

4.7.6 Funkcionálértékek eloszlása

A továbbiakban az került vizsgálatra, hogy ez a mérési bizonytalanság hogyan hat a különböző alanyokra meghatározott funkcionálokra.

4.7.7 Szeparáló érték keresése funkcionáloknál

Minthogy az eloszlások átfedik egymást, nem lehet olyan értéket találni, amelyhez viszonyítva egyértelműen eldönthető, hogy a mért minta melyik fajtához tartozik. Ennek érdekében legyenek $f(x)$ és $g(x)$ olyan függvények, amelyek a két mintasor vizsgált funkcionáljának várható értékei közötti tartományon vannak értelmezve a következők szerint: $f(x)$ értéke jelentse a kisebb várható értékhez tartozó minta x -nél kisebb funkcionálérték előfordulási

valószínűségét; $g(x)$ értéke pedig jelentse a nagyobb várható értékhez tartozó minta x -nél nagyobb funkcionálérték előfordulási valószínűségét.

4.8. A GPS JELEK PONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

A beltéri pozicionáláshoz és navigációhoz elengedhetetlen a rendelkezésre álló szenzorok érzékenységének az ismerete. Ezért a kísérletek a kültéri pozicionáláshoz és navigációhoz használat szenzorokkal kezdődtek. Ez azért is kézenfekvő, mert így a már működő és megbízhatónak vélt szenzorokat könnyebb ellenőrizni és meghatározni azt a hibaszintet, amellyel az eredményeket szolgáltatják. Másfelől ez egy érdekes kérdés, mert a precíziós mezőgazdaságban is ezeket a szenzorokat használják fel.

A kutatás törekedett arra, lefedje az összes napjainkban elérhető okostelefonon futó operációs rendszert. Így a vizsgálatok alkalmával az alábbi készülékek kerültek felhasználásra: Sony Xperia J, HTC HD, HTC 8x, Nokia Lumia 1520, iPhone 4, iPad2. A méréseknél a Sports Tracker szoftver került felhasználásra. A piacon jelenleg több hasonló termék is elérhető, a fő szempont az volt, hogy az adott szoftver az összes mobil operációs rendszeren fusson, továbbá, hogy ingyenes és mindenki számára elérhető legyen.

4.8.1 A kísérlet bemutatása

Tesztterületnek egy háztömb került kijelölésre, így többször – ténylegesen - ugyanazt a területet lehet bejárni. A tesztterület déli oldala nyitott volt, az északi oldal viszont fákkal borított, az égbolt takartsága elérte a 65%-ot is (mivel a mérések 4 hónapon keresztül történtek, így időközben változott a vegetáció állapota). Ez egyben azt is jelenti, hogy ezen a részen nem volt lehetőség a tiszta jelek vételére, csak szórt jelekkel tudott dolgozni a szenzor, ami a mérési eredményeknél okozott problémát (Horváth et al. (2014)). A referenciamérések az ESRI Magyarország által rendelkezésre bocsátott Trimble Pro XRT készülékkel került elvégzésre. Amely centiméteres pontosságú, 440 csatornás L1/L2 RTK GPS vevő, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, OmniSTAR és SBAS jeleket tud kezelni. A tesztterület referencia mérése 24 alkalommal került megismétlésre, amelynek az eredménye minden esetben megegyezett, így szignifikáns eltérés nem tapasztalható. A mérésnél méterenként történt néhány másodperces megállás, hogy a készülék pontosíthassa a helyzetét, majd az adatok mentésre kerültek. Így létrejött egy 332 pontból álló mérési eredmény, ahol a pontok pontossága $>6\text{cm}$ volt.

A szórt jelek okozta problémából, egyértelműen kiderül, hogy a pontos eredmény eléréséhez különböző matematikai eljárásokra van szükség. Mivel a tesztterületen voltak zavaró tényezők is (pl. fák), így meg kellett vizsgálni a tiszta GPS jeleket is, hiszen ekkor 'elméletileg' minden

eredménynek azonosnak kell lennie. Ezek a mérések utasszállító repülőkön kerültek rögzítésre, repülés közben, repülési magasságon (10200m). A szórt jelek jelenléte itt elenyésző. A mérések azonos ideig történtek, hiszen az azonos terület bejárása kivitelezhetetlen lenne, így a mérések egységesen 5 percre tartottak. Minden mérésnél több készülékkel történt a mérés, hogy össze lehessen hasonlítani a kapott eredményeket. A készülékek kiválasztásánál két darab készülék volt, amelyik kezelte a GLONASS-t és a GPS-t is, illetve két másik készülék csak GPS jelek fogadására volt képes.

Továbbá a vizsgálatok során 470 hosszú időintervallumos mérést is történt ezekkel a szenzorokkal. A hosszú idő intervallumos mérésnél a készüléket lehelyeztük egy olyan pontra, ahonnan rálátás volt az égboltra, majd 10-12 órán át gyűjtötte az adatokat. Az adatok elemzése során sok érdekes eredmény született. A legérdekesebb az volt, amikor a mérés folyamán az egyhelyben lévő készülék közel 670 km-es távolság megtételét rögzítette.

4.8.2 Lineáris regresszió

A szórt jelek pontosítására regresszió-analízis került felhasználásra első lépésben. A lineáris regresszió egy olyan paraméteres regressziós modell, amely feltételezi a magyarázó (X) és a magyarázott (Y) változó közti (paramétereiben) lineáris kapcsolatot. Ez azt jelenti, hogy lineáris regresszió becslése során a mintavételi adatok pontfelhőjére történik egy egyenes illesztése.

A kiindulási képlet a következő volt (14):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i , \quad (14)$$

ahol

- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ ismeretlen pontosságú paraméterek,
- $\{\varepsilon_i\}$ észlelhető függetlenség.

A lineáris regresszió becslése során a β paramétervektort becsüljük a rendelkezésre álló mintából úgy, hogy az az átlagos négyzetes hibát minimalizálja. A legegyszerűbb és legáltalánosabb becslési módszer a legkisebb négyzetek módszere, azonban ez utóbbi nem tévesztendő össze a lineáris regresszió fogalmával, mivel lineáris regressziós egyenest más becslési módszerekkel is becsülhetünk, és a legkisebb négyzetek módszere nemcsak lineáris regressziós modellek becslésére alkalmas. Ezt a módszert optimalizálta tovább Petros Hadjicostas (Petros 2012) a következőképpen (15):

$$z_k = \sum_{i=1}^k |\theta_i - \gamma_0 - \beta \phi_i| + \sum_{i=k+1}^n |\theta_i - \delta_0 - \beta \phi_i|, \quad (15)$$

ahol a következő állításokat feltételezzük:

$$1A: \beta \geq 0 \text{ and } \beta(\phi_{k+1} - \phi_k) \geq \gamma_0 - \delta_0;$$

$$1B: \beta \geq 0 \text{ and } \beta(\phi_n - \phi_1) \leq \gamma_0 - \delta_0;$$

$$2A: \beta \leq 0 \text{ and } \beta(\phi_{k+1} - \phi_k) \leq \gamma_0 - \delta_0;$$

$$2B: \beta \leq 0 \text{ and } \beta(\phi_n - \phi_1) \geq \gamma_0 - \delta_0.$$

4.8.3 Kálmán filter

A hibák minimalizálására megoldást nyújt a lineáris regresszió-analízis, azonban a szórt jelek által okozott hibákra nem nyújt teljes megoldást. Ezen hibák minimalizálására a Kálmán filter a megoldás. A Kálmán filter egy algoritmus, mely mozgó, változó rendszerek állapotáról ad optimális becslést sorozatos mérésekkel, figyelembe véve az állapotméréseket és a zavaró tényezőket (zajok, bizonytalanságok, pontatlanságok). Ezzel az algoritmussal jóval pontosabb információ kapható a vizsgált tárgyról, mintha csak 1 mérést végeznének el. Más szóval a Kálmán szűrő a zajos bemenő adatok rekurzív mérésével egy optimális becslést ad a mérés tárgyának állapotáról. Az algoritmus két lépésben működik. Az első becslési lépésben a Kálmán filter kiszámolja az aktuális állapotváltozókat, a bizonytalanságokkal együtt. A következő mérés eredményeit súlyozott átlagolással veszi figyelembe. A sorozatos valósidejű mérések során az átlagolás eredményeként egyre jobb értékek adódnak, ahol a zajok és egyéb zavaró tényezők kiesnek. Az algoritmus rekurzív jellegű, csak az utolsó méréseket veszi figyelembe, korábbi mérési eredményeket nem használ fel. A Kálmán filter alapfeltevése az, hogy a vizsgált rendszer egy lineáris dinamikus rendszer, és minden hibafüggvénynek és -mérésnek is normális eloszlása van (gyakran többváltozós a normális eloszlás). A Kálmán filternek számos kiterjesztése és általánosítása létezik, ilyen például a bővített Kálmán-szűrő, vagy a nemlineáris rendszerekre kiterjesztett változat (Shu et al. 2012). A mérések során a Kálmán filter eredeti formulája került felhasználásra (16):

$$\psi^a = \psi^f + K(d - H\psi^f) \quad (16)$$

A Kálmán filter által meghatározott K matrix a következő (17):

$$K = P^f H^T (H P^f H^T + W)^{-1} \quad (17)$$

Az elemzés során a hiba kovarianciás állapotát a vektor redukciójával lehet előre meghatározni (18):

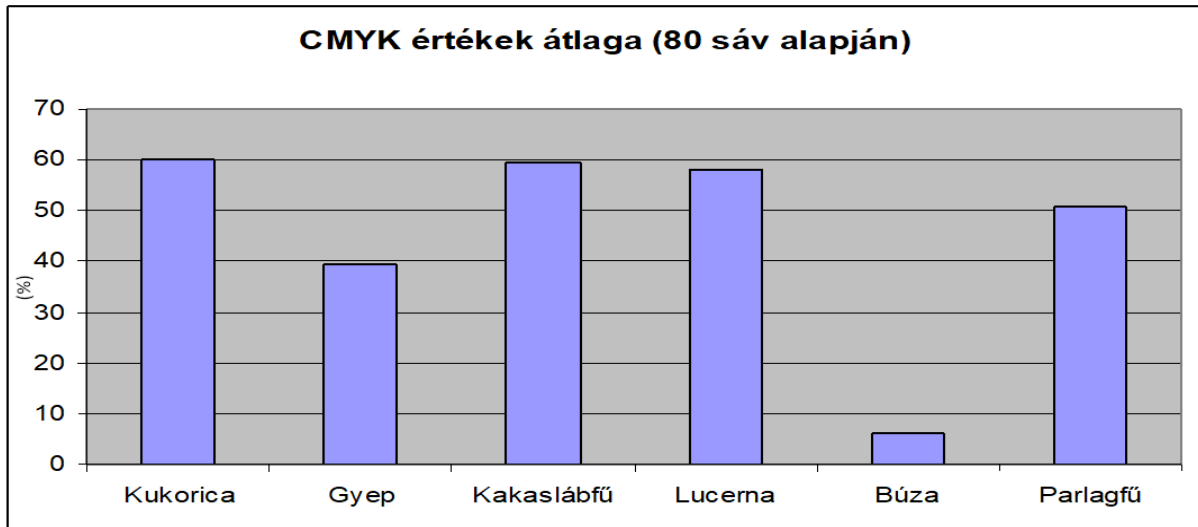
$$\begin{aligned}
P^a &= \overline{(\psi^a - \psi^t)(\psi^a - \psi^t)^T} \\
&= \overline{[\psi^f - \psi^t + K(d - d^t - H\psi^f + H\psi^f)]} \\
&\quad \overline{[\psi^f - \psi^t + K(d - d^t - H\psi^f + H\psi^f)]} \\
&= (I - KH)\overline{(\psi^f - \psi^t)(\psi^f - \psi^t)^T}(I - KH)^T \overline{K(d - d^t)(d - d^t)^T K^T} \\
&= (I - KH)P^f (I - H^t K^t) + KWK^t \\
&= P^f - KPH^f - P^f H^t K^t + K(HP^f H^t + W)K^T \\
&= (I - KH)P^f . \tag{18}
\end{aligned}$$

Az elemzett modell állapotát torzításmentesen lehet ezáltal megbecsülni. Ez azt jelenti, hogy ψ^a lineáris kombinációja ψ^f -nek, és D minimalizált értéke $TrP = \overline{(\psi - \psi^t)(\psi - \psi^t)^T}$ abban az esetben, ha a megfigyelés során érzékelt hibák nem korrelálnak egymással.

5. EREDMÉNYEK

5.1. KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE TÁVÉRZÉKELÉSSSEL NYERT FELVÉTELEKEN

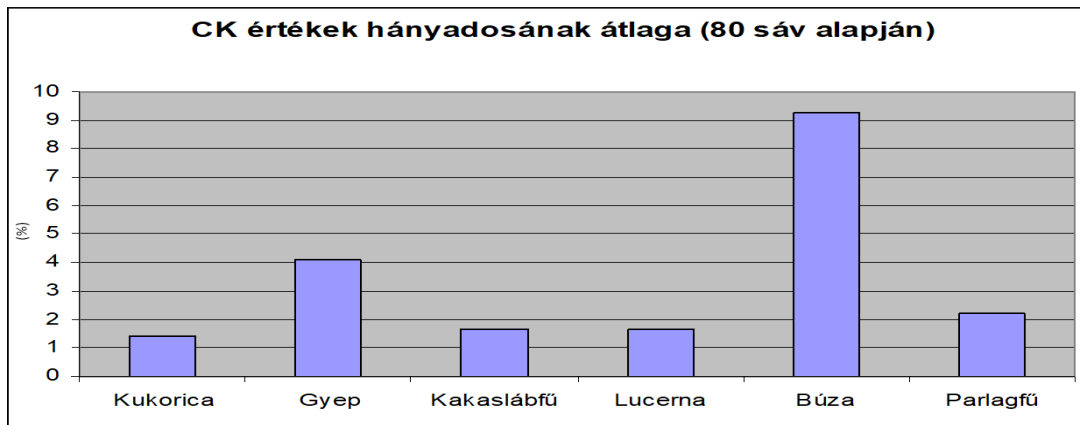
A hiperspektrális felvételek sávokra bontása utáni kiértékelés eredménye látható a 32. ábrán. A növénykultúrák először kivágásra kerültek az adott sávról, majd egyenként következett az elemzésük a CMYK szintérben. Ez a módszer elégnak bizonyult ahhoz, hogy elkülönítésre kerüljenek az eltérő kultúrák.



32. ábra. CMYK értékek átlaga (80 sáv alapján) (Saját forrás 2006)

Mint jól látható, három növény (kukorica, kakaslábfű, lucerna) nagyon hasonló eredményt produkált e kritériumok szerint. Őket követi kevéssel lemaradva a parlagfű, de ez már viszonylag élesen elkülönül az első háromtól. Ezek közül a vizsgálat szempontjából a legérdekesebb a gyep, hiszen ez kutatás egyik fő témája.

Ezt követően a képeket a CK szintérben is elemzésre kerültek, ahol az az eredmény született, ami az előbb bemutatásra került. A három kultúra ismét egymáshoz hasonló értékeket vett fel, amellyel jól elkülöníthetőek a többtől. A vizsgálat célja itt az volt, hogy esetleg létezik-e egy olyan színinformáció, amellyel ezt a három hasonló növényborítást el lehet jobban különíteni egymástól. A mérési eredményeket ábrázoló diagramot a 33. ábra tartalmazza.



33. ábra. CK értékek hányadosának átlagai (80 sáv alapján) (Saját forrás 2006)

Sajnos ez a megoldás sem hozott eredményt, viszont az is megfigyelhető, hogy minél magasabb értéket produkált a növény a CMYK színtérben, itt annál alacsonyabb értéket mutat. A mérések elvégzésre kerültek a további csatornákkal is, de szignifikáns különbség nem tapasztalható. Mivel számszerű különbséget keresett a vizsgálat, ezért a legkézenfekvőbb a magasságbeli különbség vizsgálata. A vizsgálat diszkussziója, hogy a CMYK-ban található információkkal csak bizonyos növénykultúrák különíthetők el. Ezek pedig a sötétzöld színnel rendelkező növények, amelyeknek magasabb a víztartalma. Ez az eredmény azt is jelenti, hogy a nedvesebb talajadottságokat kiszűrheti ez az eljárás, aminek az öntöző berendezések kitelepítésnél van gyakorlati haszna.

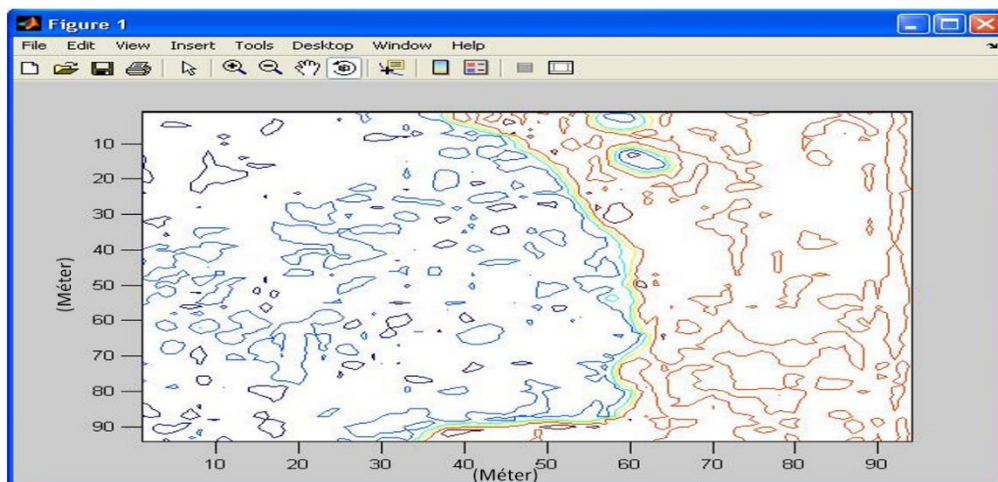
Továbbá mint jól ismert, szerencsére nem ugyanolyan magasságot képviselnek ezek az érintett növények, így ez alapján el lehet őket különíteni. Ezek eredményeit az 5.3 fejezet tartalmazza. Továbbá a reflektancia értékük alapján is elkülöníthetők. Ezt a tulajdonságot használja ki a színtérképezés és a kontúr is. Ezekről az eredményekről az 5.2. fejezetben olvashatnak.

5.2. NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE KÉPFELDOLGOZÁSI ELJÁRÁSOKKAL

A vizsgálatok során használt módszerek (színtérképezés, kontúrok) azért használhatók eredményesen, mert a különböző növény- és gyeptársulások színe és textúrája eltér egymástól. Az elemzéseknél a fentebb bemutatásra kerülő módszerek kerültek felhasználásra. A vizsgálatok során mind a két különböző felszínborítást sikerült elkülöníteni. Ehhez a program érzékenysége került felhasználásra, hiszen a program képes észrevenni és ábrázolni a legapróbb színbeli eltéréseket is. Ez a fehér árnyalatok ellenőrzésével történt. Az így észlelt legkisebb különbség 0,310 % volt, ami már érzékenynek nevezhető. Ez az érték a következőképp került kiszámításra. Feltételezzük, hogy a kiindulási szín az abszolút fehér, vagyis az RGB színtérben vett értéke a három alapszínre 255. Amennyiben az egyik értéket

módosítjuk – ebben az esetben legyen ez a B (kék) - R=255, G=255, B=254, akkor a különbség aránypárral kiszámolható, így az eredmény 0,310% lesz (Horváth 2012).

Ezt a látható tartományban készített felvételek elemzése és az ismételt terepi bejárás is bizonyította, illetve az eltérő virágzatok is ezt támasztják alá. Ebből kifolyólag a fraktálszerkezetük alapján is elkülöníthetők. Az elemzés során a MATLAB kontúr modulja került felhasználásra. A kép nyers elemzésének eredményét a 34. ábra szemlélteti. Ahogy az alkalmazott módszereknél említésre került itt láthatóak a szintvonalak.



34. ábra. Foltok vizsgálata (Saját forrás 2006)

A 34. ábrán látható foltok (szintvonalak) itt már jobban elkülöníthetők, megfigyelhetők. A baloldali erdősáv árnyékai is tisztán kivehetők, ami a növény szintek (növény magasságok) meghatározásánál az átmenetet okozta. Onnan lehet tudni, hogy ott nem különböző árnyékok vannak, mert párhuzamosan futnak, nem pedig köröket alkotnak (erről a terepi bejárásnál is meggyőződünk). Ennek segítségével meghatározható az erdő magassága (az árnyék magasságából és a beesési szögből kiszámítható a magasság), pontosabban az erdő szélén a szélén álló fáké (amelyek az árnyékot vetik). Ennek a modulnak a segítségével már könnyebb meghatározni a különböző foltok helyét, továbbá a háromdimenziós modell készítésénél is segíti a modell elkészítését.

A 34. ábrán jól látszik a két egymástól elkülönülő rész, ami jelen esetben egy gyepterület és egy erdő rész. A kék szín jelöli az erdőt, míg a narancssárga-pirosas rész a gyepterületet. A pontos meghatározásnál a program figyelembe vette a mikroárnyékokat, valamint a két kultúra színbeli eltérését is. Az ábrán jól látszik a két fa (két kék folt a narancssárga területen a 34. ábrán), ami a teszterület északi részén található. Az itt alkalmazott eljárás megegyezik az előzőekben megismert szintérképezéssel (4.2.3). Amennyiben jobban megnézzük a képet,

akkor kisebb-nagyobb foltokat láthatunk. Ezek a különböző gyeptársulásokat, illetve az erdős résznél a többszintű erdőket, valamint a kisebb tisztásokat jelölik. Mivel az erdőben nem volt nagyobb tisztás, így a kisebb tar részekre vetődött árnyékok miatt nem láthatóak a képen narancssárga foltok. Jelen esetben az ábrákon látható koordinátarendszer tengelyei a tesztterületünk szélességét (x tengely), valamint magasságát (y tengely) jelölik, méterben kifejezve.

Amint az az előbb említésre került, az árnyék nagyságából tudunk következtetni a növényzet magasságára. Ehhez csak arra van szükség, hogy ismert legyen mekkora az árnyék. Jelen esetben ismert, hogy a felvétel április 12.- én készült délután 14 óra 32 perckor. Ebből már ki is számítható a beesési szög, majd egy aránypár segítségével az is, hogy ebben a napszakban az adott beesési szögnél hányszorosa az árnyék a valódi növény magasságának. Ebben az esetben a képen látható árnyék pixel, mind a két mérési helyen megegyezik. A kép terepi felbontása 1,5 m/ pixel. Így könnyen kiszámítható, hogy ez 4,5 méteres fát feltételez az árnyék alapján. A valóságban a fa magassága, 4,70m ami egy színtező segítségével került meghatározásra.

5.2.1 A gyepek gazdasági értékének meghatározása

A gyepterületek gazdasági értékelése a Balázs módszer alapján történt (Margóczy 2001). A számítások alapvetően a felvételezések borítási százalékainak számtani átlagából indulnak ki. Ez a módszer a borítást D_B értékben fejezi ki, amelynek alapegysége a mintaterület 32-ed része. Az olyan számítások során, amelyeknél a borítási adatokra csak, mint arányokra volt szükség, a Balázs módszer által javasolt D_B adatok helyett a saját százalékos értékekkel számolva is megegyező eredmények nyerhetők ki (pl. a gyep átlagos magasságának számításánál). A gyep termőképességének kiszámításához azonban a D_B módszerrel képzett részadatok abszolút értékeire volt szükség, ezeket a már meglévő eredményekből (gyepmagasság, borítási %), a képletekbe történő behelyettesítés módszerével számolhatók vissza.

A borítási adatokat a Balázs módszer a gazdasági érték meghatározásának alapjául nem tartja elégségesnek, mert két dimenzióval számolva félrevezető eredmény lehetséges. Ezért bevezeti a magasságot, mint harmadik dimenziót. Ennek megfelelően meghatároztuk a feljegyzett fajok területen élő példányainak átlagos magasságát („m” érték, dm-ben megadva). Eközben a helyi viszonyok maximálisan figyelembe vételre kerültek; pl a franciaperje (*Arrhenatherum elatius*) 6dm, kaszálás után 1dm átlagmagassággal került számításra.

A fent említett módszert tovább követve a fajok átlagos borításának és magasságának szorzataként meghatározható az egyes fajok fajlagos termése („t” érték), majd a „t” értékek összegeként az egész társulás relatív termése („T” érték).

Ezt követően a felvételezések során a feljegyzett fajokat a Balázs által alkalmazott, +7-től 3-ig terjedő értékkategóriákba sorolhatóak.

+7 és +6: osztályon felüli minőségi kategóriák. Az ide sorolt fajok a gyep minőségét javítják, nagy fehérjetartalommal, abrak minőségű keményítőértékkel, ízletességgel és gyors növekedéssel jellemezhetőek (Ivany K. et al. 1994).

+7es fajok pl. a fehér here (*Trifolium repens*) és a takarmánylucerna (*Medicago sativa*),

+6os fajok a vörös here (*Trifolium pratense*), a sárkerep lucerna (*Medicago falcata*).

+5: ide tartoznak a legértékesebb gyepnövények, amelyek gyorsan fejlődnek és jól sarjadnak, levél-szár arányuk jó, nem érdesek, méreg-, és kellemetlen íz-, szaganyagot nem tartalmaznak. Pl. angolperje (*Lolium perenne*), szarvaskerep (*Lotus corniculatus*).

+4: még mindig jó minőségű növények, amely jó takarmányt adnak. Levél szár arányuk azonban már rosszabb, több szilárdító szövetet tartalmaznak, és sarjadzásuk is gyengébb. Pl. pusztai csenkesz (*Festuca rupicola*), karcsú perje (*Poa angustifolia*).

+3: már csökkent takarmányértékű növények, de elég korán kaszálva vagy legeltetve belőlük még egészen jó minőségű takarmány nyerhető. Sok szilárdító szövetet tartalmaznak, száruk rendszerint érdes-pelyhes. Pl. tarló here (*Trifolium arvense*), árva rozsnok (*Bromus inermis*).

+2: legfeljebb takarmányszalma értékű takarmányt adnak. Az állatok fiatalon rendszerint még lelegelik (Szemán 2004). Tápértékük viszonylag kicsi, nagy a rost- és kavasvartartalmuk, rosszul sarjadnak, hamar elvénülnek, rendszerint érdes-pelyhes, vagy szőrös levelűek. Pl. heverő csüdfű (*Astragalus austriacus*), fenyérfű (*Borhriocoloa ischaemum*) közönséges cickafark (*Achillea millefolium*).

+1: legfeljebb alomszalma értékű takarmányt adnak, az állatok rendszerint még fiatalon sem lelegelik le. Gyorsan elvénülnek, sok szilárdító szövetet és kavasvat tartalmaznak, tápanyag nagyon kevés van bennük. Pl. hölgymál fajok (*Hieracium* sp.), egérárpa (*Hordeum murinum*).

0: viszonylag ritka, semleges növények. Fejlődésük valamely szakaszában szükségből még takarmányozásra is alkalmasak, de később sem válnak kimondottan károsá. Rendszerint

kistermetűek, jelentéktelenek. Pl. indás ínfű (*Ajuga reptans*), hegyi ternye (*Alyssum montanum*).

-1: kellemetlen szagú, erős, kórós és érdes szárú növények. Az állat sosem eszi meg (Szemán L. 2004), de esetleges elfogyasztásuk károsodással nem jár. Pl. élesmosófű (*Chrysopogon gryllus*), fehér tisztosfű (*Stachys germanica*).

-2: ezek a növények a takarmányban és a gyepten már kimondottan károsak, rendszerint mérgező anyagot tartalmaznak, vagy nagy területűek, szúrósak. Pl. kunkorgó árvalányhaj (*Stipa capillata*), kakukkfű fajok (*Thymus* sp.).

-3: gazdasági szempontból a gyepten és a takarmány legveszélyesebb károsítói. Rendszerint erősen mérgezőek, hatalmas termetűek, vagy igen szúrósak. Pl. egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), bogáncs fajok (*Cardus* sp.).

A Balázs-féle, elsősorban gyakorlati tapasztalatokon nyugvó besorolás alapjaiban véve ma is helytálló, de a szakismeretek bővülése és a szemléletváltozás miatt módosításra szorul. A takarmány értékét nem csak a fehérje, keményítő, nyersrost tartalom határozza meg. Vinczeffly (Vinczeffly 2001) szerint a hazai természetes füves társulásoknak 1300 faja közül 780-nak biológiai szempontból hatékony vegyületei és egyéb összetevői (íz- és zamanyagok, illóolajok, nektár, vitaminok, stb.) vannak: gyógyító hatású anyagokat tartalmaz 530 faj, fűszerezésre, élelmezésre alkalmas 250 faj; a mézélő növények száma pedig 650. Ez a tény elsősorban a semleges és káros lágyszárú csoportokat kényszeríti átértékelésre. Ugyanígy figyelembe kell venni újabb, élőhely- és természetvédelmi szempontok érvényesítését (pl. veszélyeztetett és védett fajok) (Margóczy 2001).

A besorolást követően a korábban kiszámított fajlagos termésértékeket („t” érték) súlyozni kell a minőségi értékszámokkal, ennek eredményeként lehet megkapni az egyes fajok gyepten képviselt relatív gazdasági értékét („kt” érték). Majd ezeket a „kt” értékeket összegezve, és visszaosztva a „T”-vel, egy, a gyepten minőségére utaló értékszámot kapunk („K” érték).

Ez a szám az alábbi besorolás segítségével értelmezhető:

- I. osztály: igen jó minőségű gyepten, K-értéke 4 felett,
- II. osztály: jó minőségű gyepten, K-értéke 3-4 között,
- III. osztály: közepes minőségű gyepten, K-értéke 2-3 között,
- IV. osztály: gyenge minőségű gyepten, K-értéke 1-2 között,
- V. osztály: rossz minőségű gyepten, K-értéke 1 alatt.

Következő lépésben a társulás gyepének (Der 2004) átlagos magassága számolható ki, a „T” érték és az összborítás hányadosaként. A gyepék termőképességének számításához azonban szükség volt a D_B borítási értékekkel képzett, abszolút „T” és $\sum D_B$ ” adatokra. Ezek a már meglévő eredményekből (borítási %, gyep átlagos magassága), a képletekbe behelyettesítve kerültek vissza számolásra. A gyep termőképességének kiszámításához a társulás relatív termését, a „T” értéket be kell szorozni egy konstans számmal (B_t), majd – ha a termést szénaértékben akarjuk kiszámítani- el kell osztani a beszáradási tényezővel (E). A „ B_t ” szám egy „t” érték zöld súlyát fejezi ki mázsában, kataszteri holdra vagy hektárra megadva. (Pázsitfüveknél ez kh-ra számítva 0,72q, ha-ra 1,25q). A beszáradási tényező szintén állandó érték, mezofil gyepeknél 3, száraz gyepeknél 2,5.

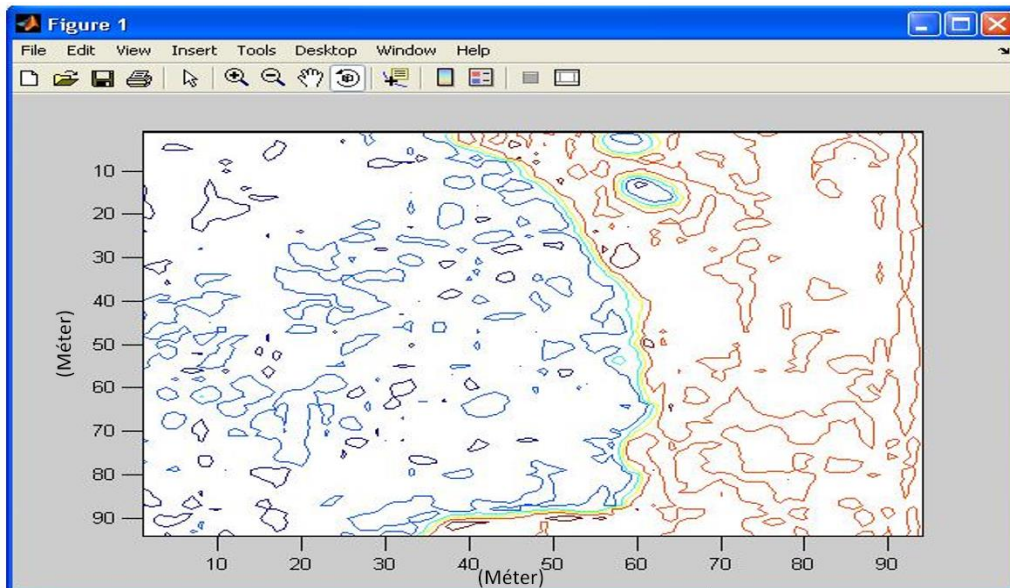
Az így kapott szénaértéket mázsában és kataszteri holdra vetítve, a gyepterületet a következők alapján lehet értékelni:

- I osztály: 60q széna felett termő gyep
- II. osztály: 45-60 q széna között termő gyep
- II. osztály: 30-45q széna között termő gyep
- IV. osztály: 15-30q széna között termő gyep
- V. osztály: 0-15q széna között termő gyep

Mivel azonban a mázsa és a kataszteri hold ma már kevéssé használt mértékegységek, a széna mennyiségét ki lehet számítani tonnában, hektárra vonatkoztatva is. Ezeket az eredményeket az eredmények fejezetben ismertetem.

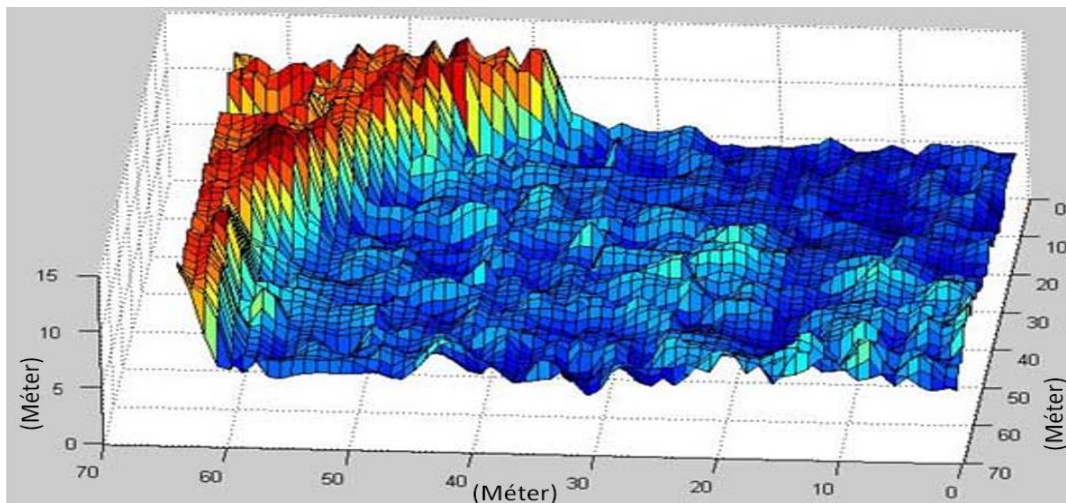
5.3. TÁVÉRZÉKELÉSSSEL NYERT KÉTDIMENZIÓS FELVÉTELEKBŐL GEOREFERÁLÁS NÉLKÜL KÉSZÍTETT HÁROMDIMENZIÓS MODELL

Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy ha durván csak két különböző magasságú növényzet található a képen, akkor mik az összekötő vonalak a két szint között. Az itt látható felvétel egy digitális kamerával, látható tartományban készült felvétel (35. ábra).



35. ábra. Foltok vizsgálata (Saját forrás 2006)

Amennyiben a felszínábrázolás is engedélyezésre került, akkor megjelent a terület 3 dimenziós modellje (36. ábra).



36. ábra. 3 dimenziós modell szín alapján (Saját forrás 2006)

A magasságbeli különbségeken jól látszik, hogy például hol található az ecsetpázsit foltok, vagy éppen azok a területek, ahol a francia perje a domináns növény. Továbbá még számos foltot és szintbeli eltérés látható, amelyeket a terepi bejárás során sikerült azonosítani. Ilyen foltot okozott még a csomós ebír (*Dactylis glomerata*), az angol perje (*Lolium perenne*) valamint a csillagpázsit (*Cynodon dactylon*) alkotta gyeptársulás. Itt a gyeptársulás úgy értendő, hogy az említett növények voltak döntő többségben (minimum 84% jelenlét egységnyi területen) a mintavételi helyszínen. A kép jobb oldalán az erdősáv látható. Azért a melegebb színek segítségével kerültek ábrázolásra a magasabb növények (erdő, fák), hogy ezzel érzékeltesük a területen található növények magasságbeli különbségét. Ezt a módszert

folytatva a kék, illetve a kék árnyalataival a gyepterületünk van ábrázolva a háromdimenziós modellen.

A vizsgálatok során felmerült a kérdés, hogy az idő múlása, mennyire torzítja a modellt? A felvételek kiértékelése után megállapítható, hogy a színbeli eltérések mértéke az egész tenyészedőben azonos a domináns fajok között. Így az idő múlása, szignifikánsan nem befolyásolja az elkészített modellt. Azonban azt meg kell jegyezni, hogy a pontosítást a reflektancia adatok alapján célszerű elvégezni minden esetben!

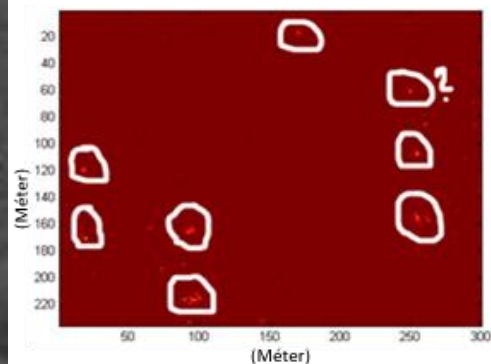
Az elemzés után kijelenthető, hogy készíthető a színértékek segítségével háromdimenziós modell egy kétdimenziós képből georeferálás nélkül.

5.4. SZARVASGOMBÁVAL FERTŐZÖTT BOKROK AZONOSÍTÁSA

A szintérképezés segítségével el lehet különíteni a szarvasgombával együtt élő bokrokat az olyan bokroktól ahol nincs jelen szarvasgomba, vagyis ahol nem volt sikeres az oltás. Ez elsősorban a gomba okozta felszínborításnak és színváltozásnak köszönhető, amit égésfoltoknak nevez a szakirodalom. A következő képeken jól látható ez az eltérés (6. kép, 37. ábra).



6. kép, Szürkeárnyaltos kép (Saját forrás 2006)



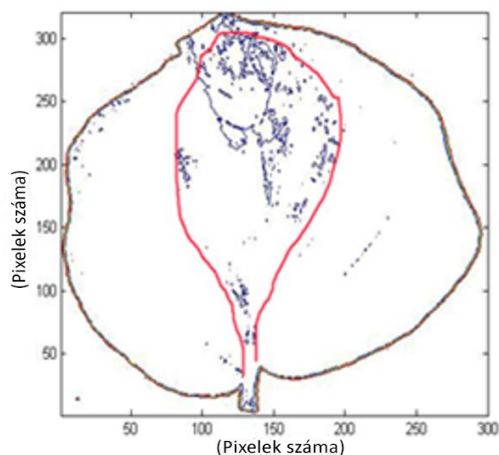
37. ábra. Elemzett kép (Saját forrás 2006)

Ha elemzésre kerül a 8. kép, akkor könnyen felismerhetőek a bokrok. Azonban ha az elemzett képre tekintünk, ott már nem látható az összes bokor, csak azok, amely alatt gomba található. Továbbá a bokrok között látható néhány vakondtúrást is, amelyek az elemzett képen már nem jönnek elő, csak elenyésző számban, de a színintenzitásuk is elenyésző. Ennek oka a szerkezeti megjelenés, illetve a felszínborítás megváltozása. Mivel ezek a képződmények eltérnek a környezetüktől, más reflektancia- és színértékkel bírnak, ennek köszönhetően kiszűrhetőek.

5.5. PHYTOPHTHORA

A fertőzések szinte minden esetben színbeli elváltozást okoztak a növényeken. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy a petespóras gomba fertőzésének irányát, terjedését néhány nappal előre lehet jelezni. Amikor fertőzés éri a növény levelét, az lassan elkezdi tovább terjedni a növényi nedvek segítségével. Amint ez bekövetkezik, lassan elkezdi változni a növény eredeti színe is. Ez a színváltozás nagyon jól nyomon követhető a módszertani részben ismertetett képfeldolgozási eljárások segítségével. Ebben az esetben nem csupán egy osztályozási folyamatra kell gondolni, mert például egy hisztogrammal nem lehet pontosan ábrázolni és előre jelezni a fertőzés irányát. Mint számunkra ismert, a hisztogram csak egy átlagot mutat nekünk, amelyből nehéz megvizsgálni pixelenként a színeltérést (Sural et al., 2002). Az ilyen jellegű vizsgálatokra sokkal inkább alkalmazható a kontúr.

Egy részletesebb megfigyeléssel, a jelenlegi fertőzés helyén az elemzett kép homogén, tehát a fertőzés által előidézett kártétel itt a legnagyobb, és a sejtek pusztulása már bekövetkezett. Azonban ha alaposabb vizsgálatra kerül sor az elemzett képen, akkor látható, hogy a fertőzéstől távolabb látható egyéb színbeli eltérés. A változás körvonalát piros vonal jelöli (34. ábra). Amennyiben ez a változás összehasonlításra kerül a két nappal későbbi látható tartományban készített képpel, akkor az tapasztalható, hogy a jelölt kontúr megegyezik a fertőzés határaival, tehát a fertőzést előre lehet jelezni a módszer segítségével (38. ábra, 7. kép).

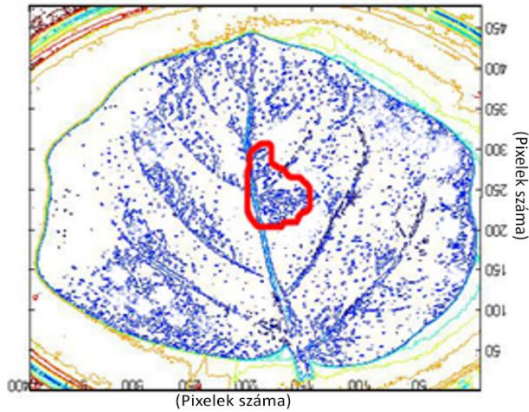


38. ábra. Burgonyalevél kontúrja a 6. napon
(Saját forrás 2006)



7. kép, Fertőzött levél a 8. napon
(Saját forrás 2006)

Azonban ha a negyedik napon nézzük látható tartományban a fertőzött levelet, akkor még nemigen látható szabad szemmel a fertőzés. Ellenben a kontúrral már jelentkeznek a nyomai (39. ábra, 8. kép), vagyis egy megnövekedett sejtaktivitás látható. Ez nem más, mint a levél természetes védelmi reakciója.

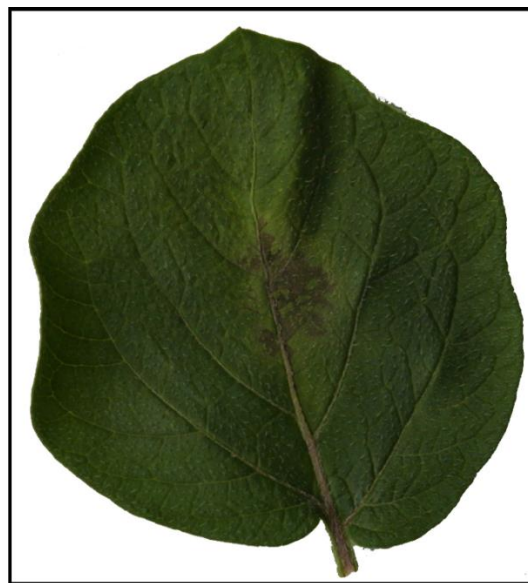


39. ábra. A fertőzött levél kontúrja a 4. napon
(Saját forrás 2006)



8. kép, A fertőzött levél látható tartományban
(Saját forrás 2006)

Próbál védekezni a fertőzés ellen, a vízháztartása meggyorsításával. Ezt az aktivitást lehet kiszűrni már a fertőzés korai szakaszán is, amikor még nincs számottevő színbeli elváltozás. Az elemzett kép alapján sokan gondolhatják, hogy csak találmra történtek a jelölések a kiszemelt területeken. Azonban ha jobban megnézzük az elemzett képet, akkor jól látható, hogy a fertőzött terület jelölése egész más textúrára utal, mint az árnyék által generált jelölések. Így aki már rutinosabb, vagy több ilyen képet látott, annak nagyon könnyen szembeötlik a texturális eltérés (9. kép).

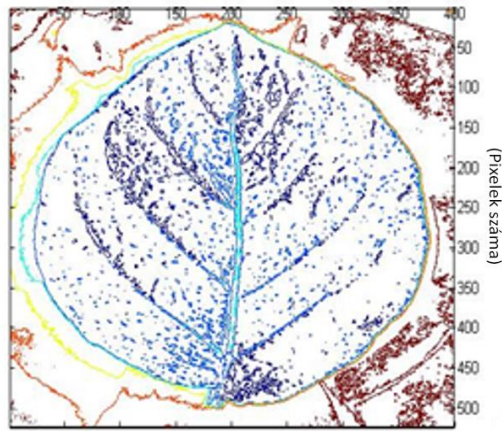


9. kép. A fertőzött levél az 5. napon
(Saját forrás 2006)

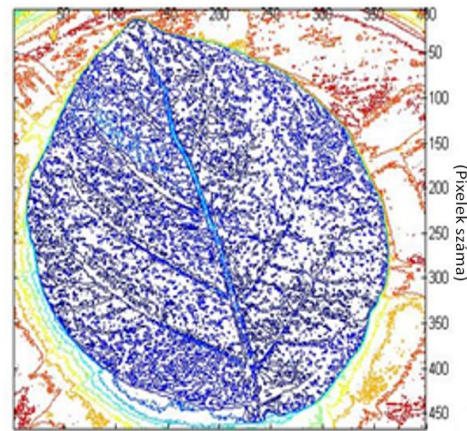
Mi a helyzet akkor, ha a növényünk rezisztens? Jogosan merülhet fel bennünk a kérdés, hogy akkor az árnyék itt mennyire befolyásolja az elemzett kép eredményét, egyáltalán befolyásolja-e. A válasz nem, hiszen az egészséges levélen nem találunk drasztikus színváltozást.

Mint az alábbi két ábrán (40. és 41. ábra) jól látható, a levelek szinte teljesen homogén képet mutatnak (miután beindul a védekezésük a fertőzés ellen), különösebb elváltozásnak nincs

látható jele. Ez a burgonyafajta egyébként rezisztens a Phytophthora fertőzésre, így az elemzett kép eredménye nem túl meglepő (Novy et al. 2006). Így nem csak a fertőzést lehet kimutatni, hanem a rezisztens fajtákat is, vagy a fertőzésmentességet is.



(Pixekek száma)
40. ábra. White Lady 4. nap
(Saját forrás 2006)



(Pixekek száma)
41. ábra. White Lady 8. nap
(Saját forrás 2006)

A kísérletek eredményeként kijelenthető, hogy a kontúrozás segítségével kimutatható a fokozott vízháztartási tevékenység a leveleken, ami a fertőzéssel szembeni védekezés jele. Továbbá elkülöníthetők a rezisztens fajták a fertőzést fogékonyaktól. Ennek a folyamatnak a meghatározása úgy történt, hogy a vizsgálat idejéig nem ismertük a burgonya fajtáját, mert csak az azonosítókat használtuk. Az eredmények ellenőrzésekor kerültek csak nevek a számok mellé, hogy ez se befolyásolja a kutatást végzők munkáját és megítélését.

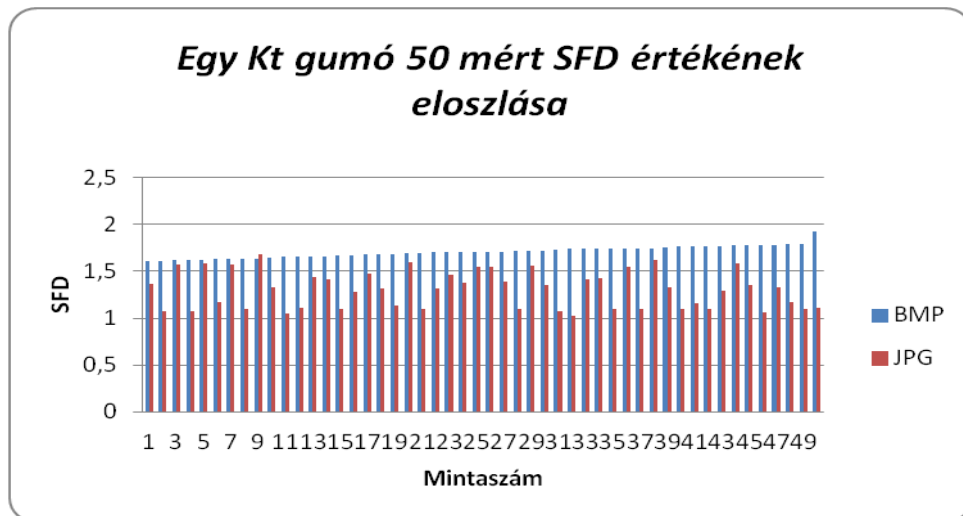
A vizsgálatok során 760 levél került tüzesebben elemzésre, melynek során 100%-os pontossággal került meghatározásra, hogy melyik levél tartozik a rezisztens fajtához és melyik nem. Továbbá a vizsgálatok során 100%-os pontossággal került meghatározásra a fertőzés terjedése az adott levélen, valamint a szövetelhalás mértékének megállapítása is.

Mint ahogy az már a célkitűzéseknél is olvasható volt, a kutatás itt nem ért véget, mert a végcél, hogy ez az eljárás szántóföldi körülmények között is bizonyítson, ezáltal fény derülhet rá, hogy a laborkörülmények között elért eredmények mennyire vihetők át a szántóföldi burgonyaültetvényekre.

5.6. SZEPARÁLÓKÉPESSÉG

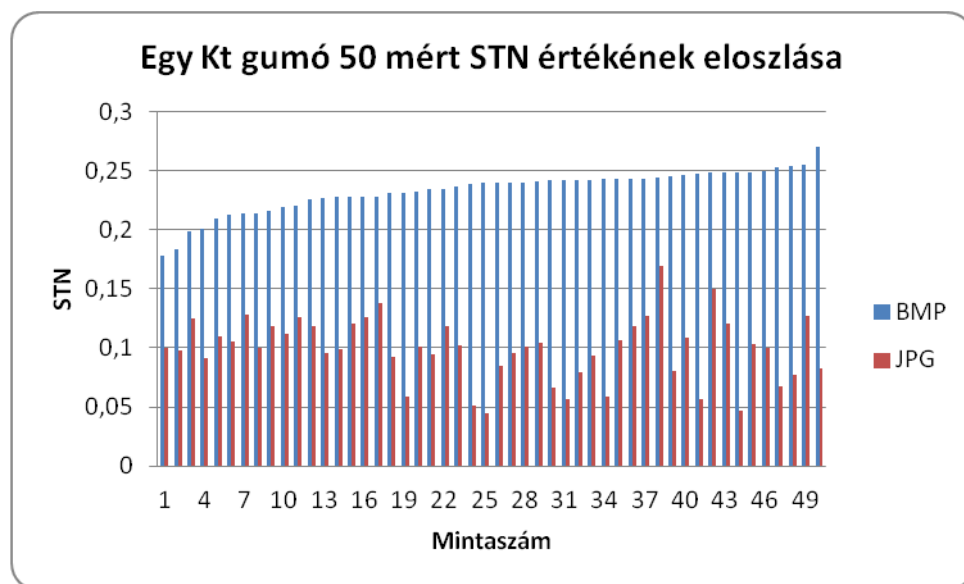
Korábban többen is kísérletet tettek arra (Berke et al. 2006), hogy digitális képek alapján elkülönítsenek eltérő típusú burgonyagumókat. Az elemzett felvételek látható tartományban készültek, majd az elemzés során JPG vagy BMB tömörítést kaptak. Egy db *Kt* gumó 50-szer

történő lefényképezésével nyert BMP és JPG képeknek a spektrális fraktáldimenzióban mutatott eloszlásait mutatja a 42. ábra.



42. ábra. Egy Kt gumó 50 mért SFD értékek eloszlása (Saját forrás 2011)

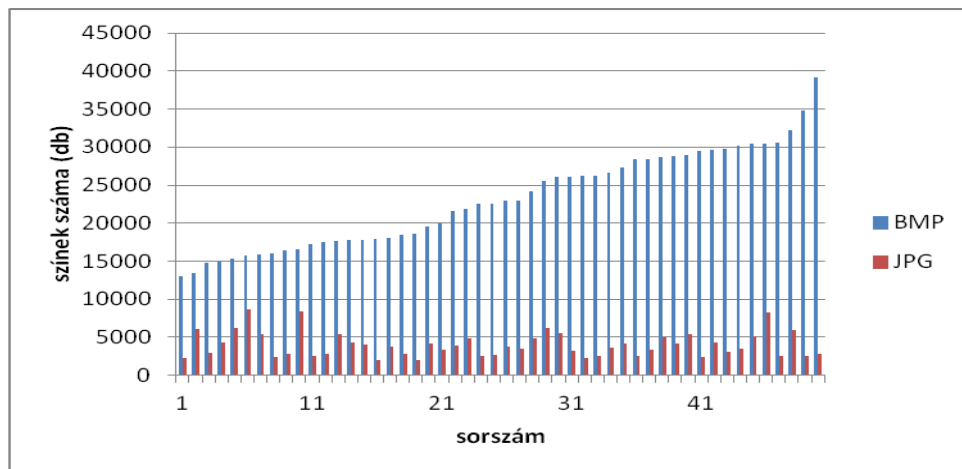
Egy db Kt gumó 50-szer történő lefényképezésével nyert BMP és JPG képeknek standard eloszlásait mutatja a 43. ábra.



43. ábra. Egy Kt gumó 50 mért STN értékek eloszlása (Saját forrás 2011)

A két grafikonból látható, hogy miközben a BMP képekhez rendelt funkcionálértékek viszonylag stabilak, eközben rendre a velük párba állított JPG képek értékei hektikus viselkedést mutatnak, jóval nagyobb szórással. Ez azt jelenti, hogy a korábban felállított tézisek helytelenek (Berke et al. 2006), mivel egyértelműen nem lehet JPG eljárással tömörített digitális képek alapján elkülöníteni egymástól az eltérő fajtájú burgonyagumókat, hiszen még az azonos típusúakat sem lehet egy adott értékkel meghatározni.

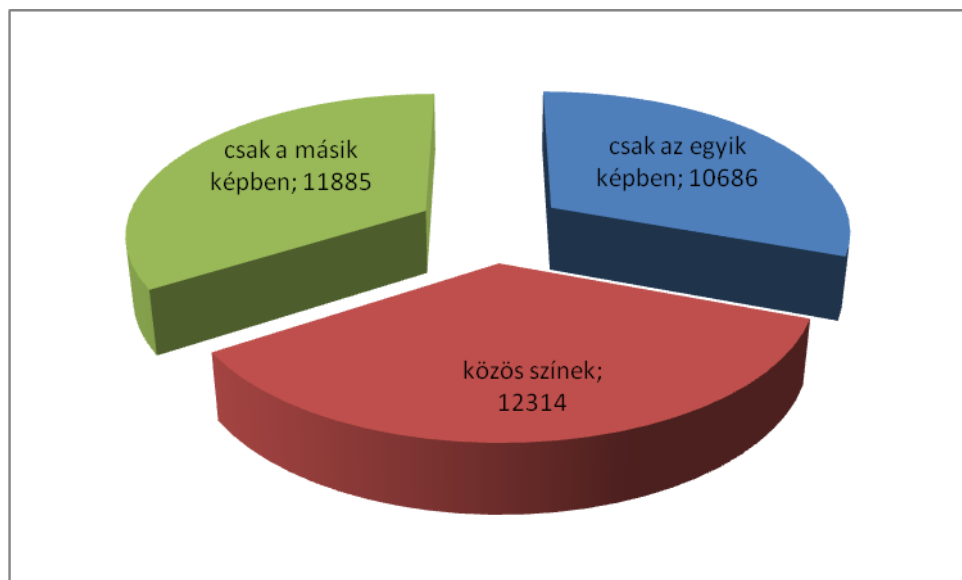
Továbbá egy tárgy ismételt felvételezésénél a BMP esetén is nagyobb pontosság lenne elvárható. Megvizsgálva a 39. ábra szerinti mérésorozat képeinek színszámát, az eredményt a 44. ábra szemlélteti:



44. ábra. Egy Kt gumó 50 mérésénél kapott színszámok eloszlása (Saját forrás 2011)

Ebből egyértelműen kiderül, hogy a BMP kiterjesztésű képek alapján sem lehetséges egyértelműen meghatározni a buronyagumók hovatartozását, ha csak a színszám kerül felhasználásra a szeparálásnál.

Abban az esetben, ha vesszük a 44. ábra szerinti mérésorozat BMP képeinek a színszámának várható értékét, majd vegyük az ehhez legközelebb álló két egymás melletti értéket produkáló két kép színeinek számát és viszonyát, ekkor a 45. ábra szerinti eredményt kaptuk:



45. ábra. Egyazon Kt gumó két BMP képeinek színszámai és viszonyuk (Saját forrás 2011)

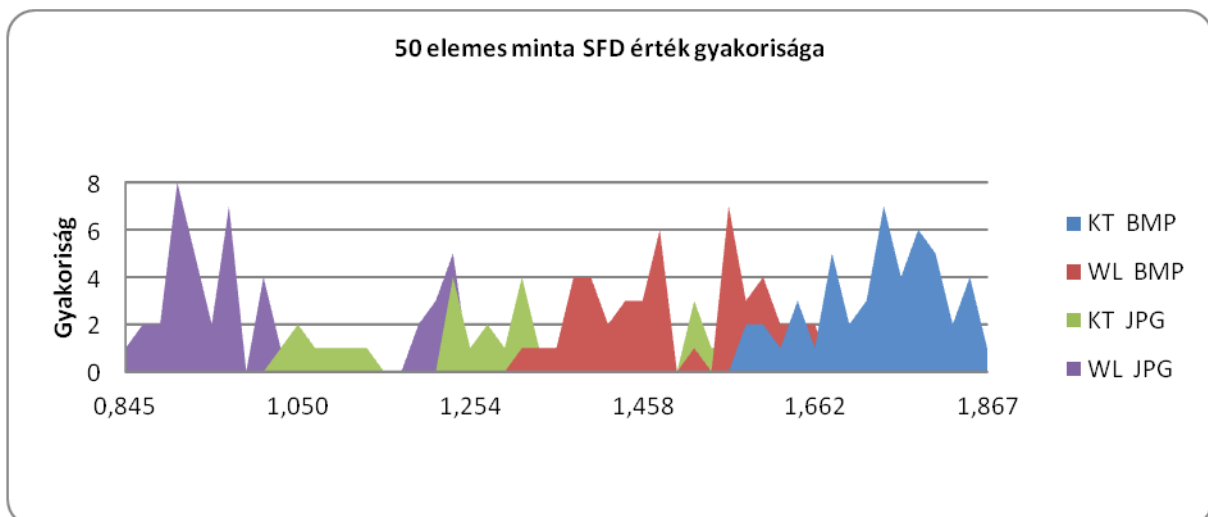
Az ugyanazon tárgyról készített két kép durva eltérése az jelenti, hogy mégsem jól standardizált a felvételezési környezet, szemben Csák et al. (2010) állításával. Feltételezhetően a legfőbb különbséget éppen a reprodukciót biztosítani hivatott körvaku okozta. Ez azt jelenti, hogy

ismételt használat esetén a vaku nem tudja ugyanazt a 'fényességet' produkálni a felvételezés során. Kísérleteink során kiderült, hogy a teljes újratöltéshez legalább négy perc 32másodpercet kell várni. De ebben az esetben is 2-3% eltérés lesz a színtelítettség szempontjából. Korábbi kutatások alkalmával Csák et al. (2010) a felvételezés során csupán 1-2 percet várt, ami alapján kijelenthető, hogy állításai helytelenek.

5.7. FUNKCIONÁLÉRTÉKEK ELOSZLÁSA

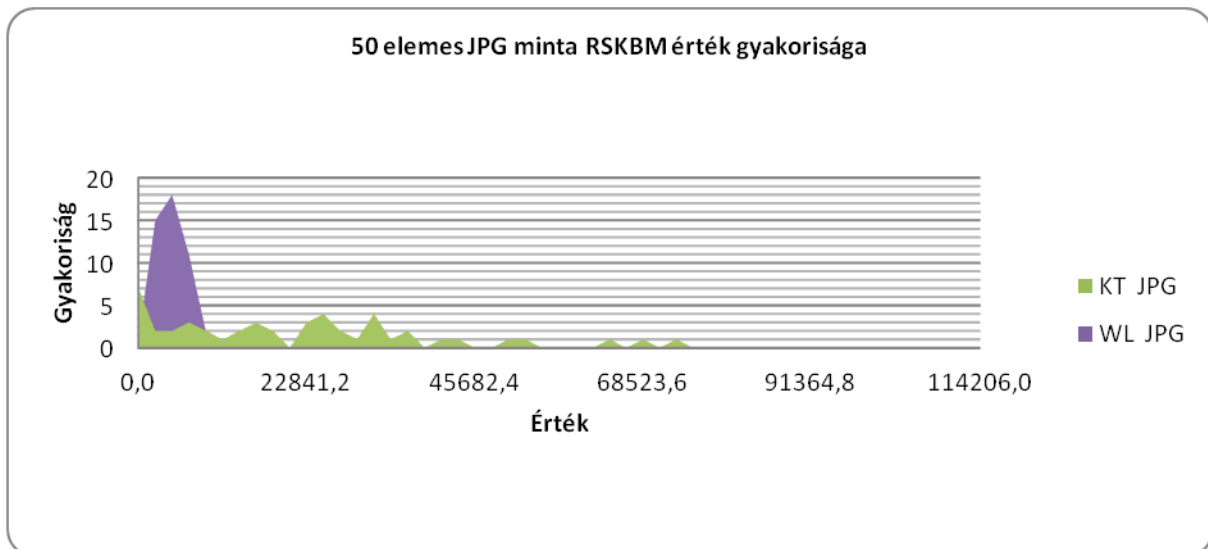
Az elemzés folyamatából érdemes kiemelni három észrevételt:

- A JPG képekhez rendelt funkcionálértékek a vizsgált három funkcionálnál jóval kisebbek, mint az ugyanazon mintahalmazhoz tartozó BMP képek értékei (46. ábra), következésképp csak egyező formátumú képállományok összevetése lehet értelmes.



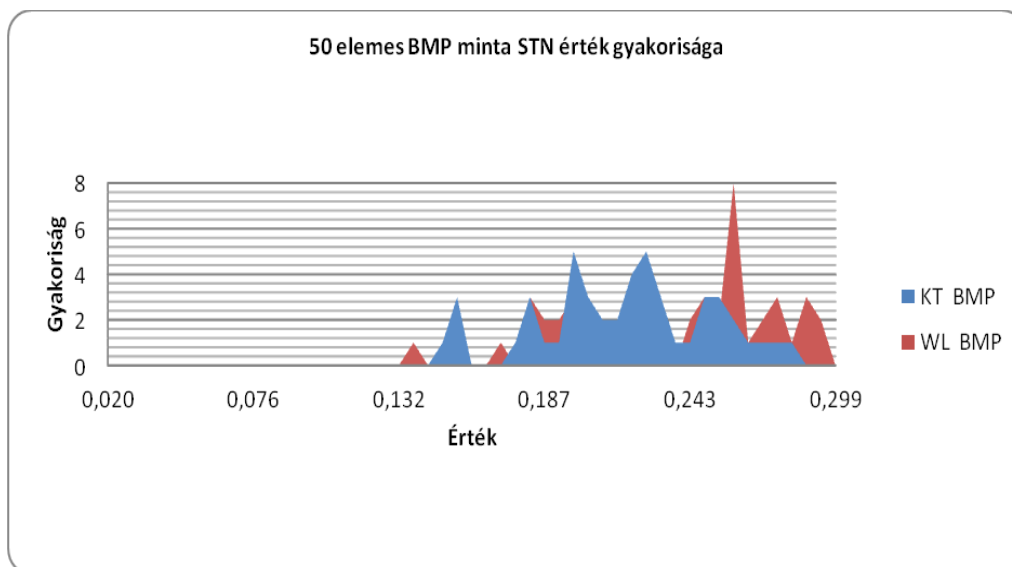
46. ábra. 50 elemes minta SFD érték gyakorisága (Saját forrás 2011)

- A különböző fajták funkcionálértékei eloszlásának jellege markánsan eltérő lehet, amely meghatározóbb fajta-jellemzőként funkcionálhat, mint pl. a várható érték. Az így elért eredményeknél már lehetséges egy szűkebb spektrumot adni az adott fajtákról, de az egymáshoz közel eső fajtáknál még így sem lehet egyértelműen szegmentálni. Ez látható a 46. ábrán is, hogy számos helyen látható átfedés. Ez a legnagyobb mértékben a Katica fajtánál (JPG) észlelhető, ezt az elnyúlást a 47. ábra szemlélteti.



47. ábra. 50 elemes JPG minta RSKBM érték gyakorisága (Saját forrás 2011)

- A vizsgálatok elején az volt a feltetelezés, hogy a BMP tárolás, és a még hozzá hasonlóan eltérő képpontfelhővel rendelkező két burgonyafajta esetén sem megbízható feltétlen a funkcionálérték megkülönböztető jegyeiben (48. ábra).

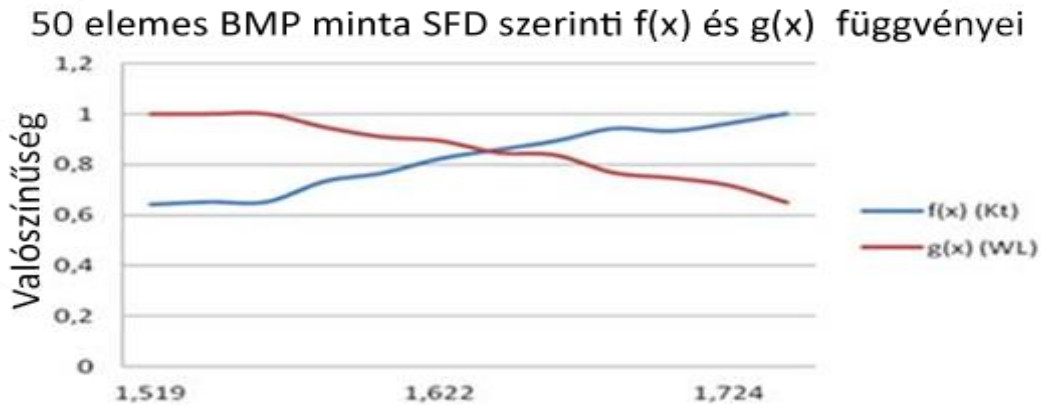


48. ábra. 50 elemes BMP minta STN érték gyakorisága (Saját forrás 2011)

Az ábrán egyértelműen látszik, hogy a két pontfelhő között nem mutathatunk ki szignifikáns különbséget. Így egyértelműen kijelenthető, hogy a vizsgálatok előtt felállított hipotézis, melyszerint az eltérő funkcionálokkal rendelkező burgonyafajták nem szegmentálhatóak BMP kiterjesztésű képeknél, igaznak bizonyult.

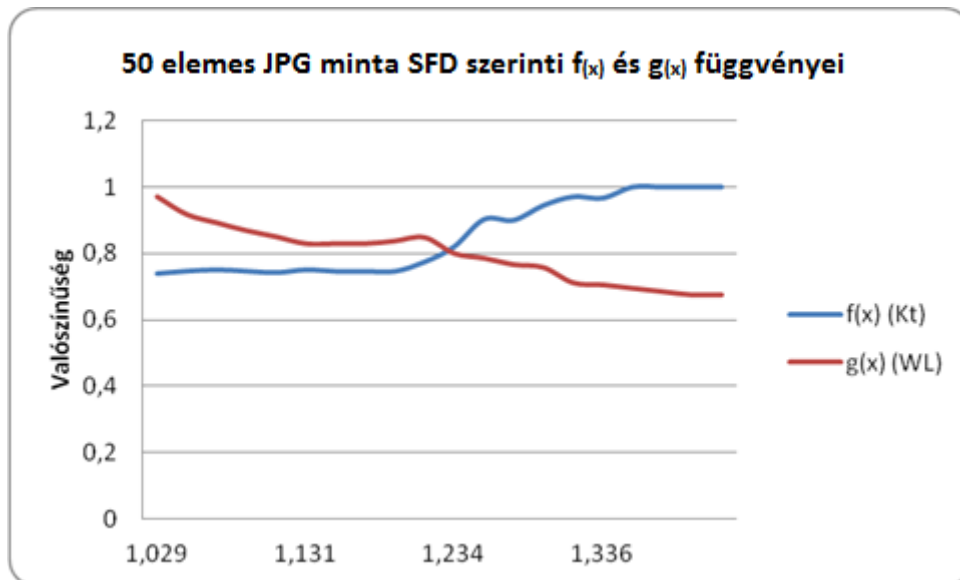
5.1.1 Szeparáló érték keresése funkcionáloknál

Az SFD, STN, RSKBM mérésnél kapott $f(x)$ és $g(x)$ függvények grafikonjait a 49-54. ábrák szemléltetik.



49. ábra. 50 elemes BMP minta SFD szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

A 49. ábrán látható egy 50 elemes minta SFD értékei $f(x)$ és $g(x)$ függvényekkel történt vizsgálati eredményeket BMP kiterjesztésű képek esetében. Amint az ábrán látható ennél a vizsgálatnál sem lehet megnevezni egy konkrét értéket, amellyel egy adott fajta leírható. A nagyobb probléma, hogy a hasonló függvények sem mutatnak azonos képet, hanem szinte egymás ellentetjei. Így a mérési és meghatározási bizonytalanság túl magas ahhoz, hogy ezzel az eljárással egyértelműen meghatározható legyen egy burgonyafajta.

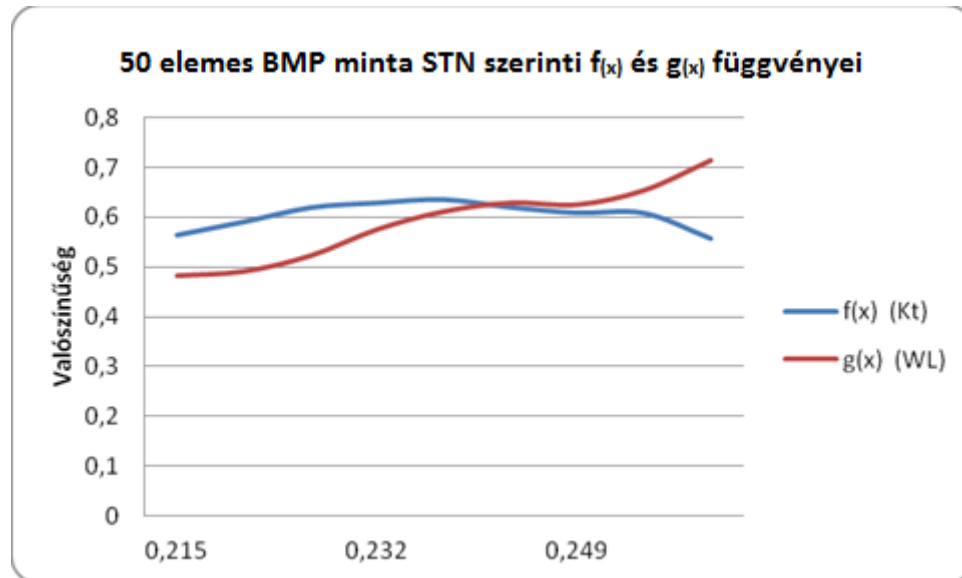


50. ábra. 50 elemes JPG minta SFD szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

Az előző ábrához (49. ábra) hasonlóan ismét egy 50 elemes mintán történt méréseket az SFD módszerrel, azonban ennél a vizsgálatnál JPG kiterjesztésű képek kerültek vizsgálatra. Ennek eredménye látható a 46. ábrán. A kutatás eredménye kísértetiesen hasonlít a BMP képeknél tapasztalt eredményre. A vizsgálatok eredményei alapján, egyértelműen kijelenthető, hogy a

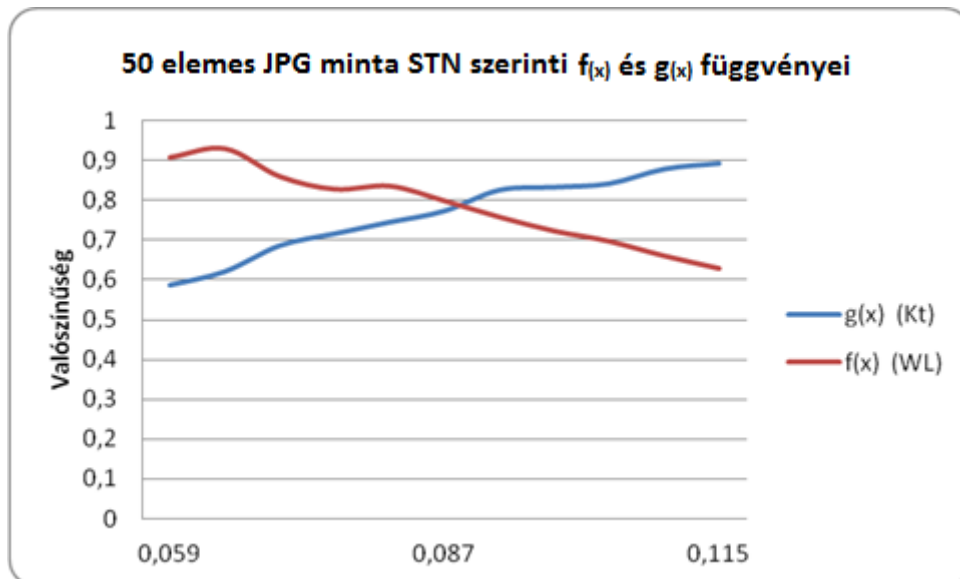
képek kiterjesztésétől függetlenül nem lehet egyértelműen meghatározni a burgonyagumók fajtaspecifikus jegyeit.

A következő ábrán látható egy 50 elemes minta spektrális tehetetlenségi nyomatók szerinti eredményei BMP kiterjesztésű képeken. Az ábrán (51. ábra) egyértelműen látszik, hogy az előző ábrákhoz hasonlóan itt sem sikerült egyértelműen meghatározni a vizsgálatban szereplő burgonyafajták fajtaspecifikus jegyeit. A mért eredmények nagyobb mintaszám esetén sem stabilizálódtak.



51. ábra. 50 elemes BMP minta STN szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

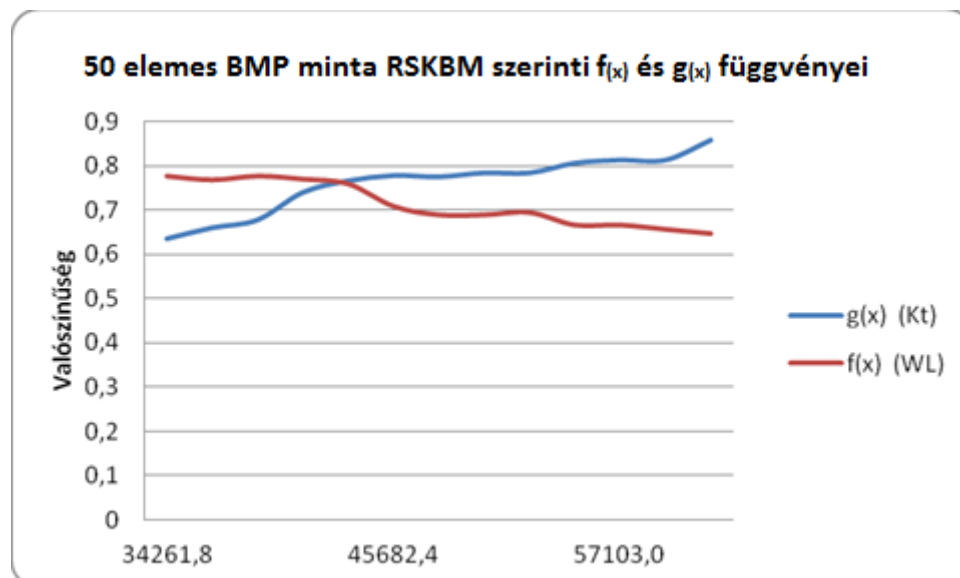
A vizsgálat elvégzésre került JPG kiterjesztésű képeken is (51. ábra). Az eredmény annyiban érdekes, hogy amíg az SFD algoritmus esetén némi szabályszerűség tapasztalható az eredményeknél, addig a spektrális tehetetlenségi nyomatóknál ilyen nem tapasztalható. Az eltérés a BMP és a JPG kiterjesztésű képek esetén szignifikáns, az eredmények stabilitása viszont itt sem tapasztalható.



52. ábra. 50 elemes JPG minta STN szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

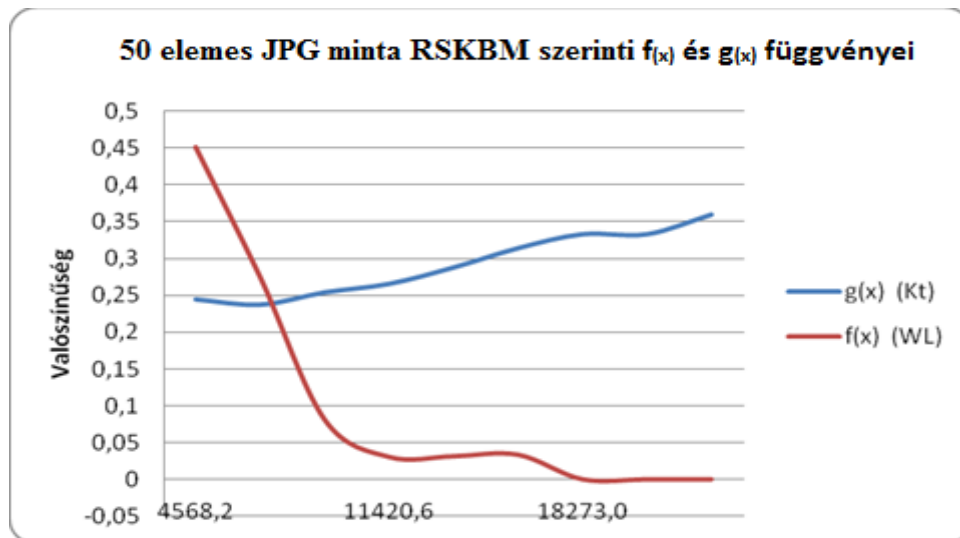
A kutatások eredményei alapján kijelenthető, hogy a spektrális tehetetlenségi nyomaték sem alkalmas egy-egy burgonyafajta meghatározására, mert a mérési eredmények nem stabilak egy vizsgált fajta esetében. A 51. és a 52. ábránál látható, hogy a mért eredmények szinte teljes egészében lefedik egymást. Azonban meglepőnek tűnhet, hogy a JPG típusú tároláshoz tartozó STN valószínűségek nagyobbak, mint a BMP formátumnál.

A 53. ábra ábrázolja BMP kiterjesztésű képek Redukált Spektrális Konvex Burok Mérték szerinti eloszlását. A mérési eredményekből egyértelműen kiderül, hogy a két különböző burgonyagumóból nyert eredmények szinte teljesen lefedik egymást. Így, az eltérő fajták meghatározása nem lehetséges a színösszetétel alapján sem.



53. ábra. 50 elemes BMP minta RSKBM szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

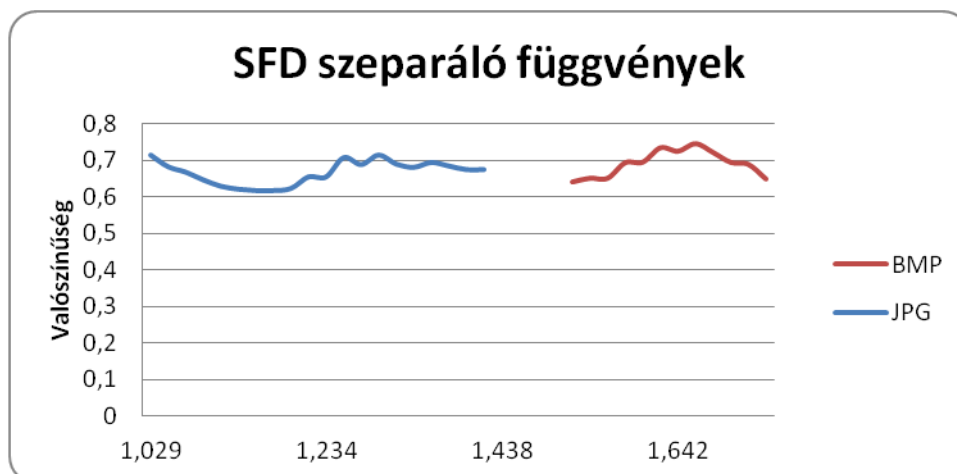
A vizsgálatok természetesen elvégzésre kerültek JPG kiterjesztésű képeken is. Az így kapott eredmény látható az 54. ábrán. Amint az az ábrából is kiderül, itt tapasztalható a legnagyobb eltérés a két burgonyafajta között.



54. ábra. 50 elemes JPG minta RSKBM szerinti $f(x)$ és $g(x)$ függvényei (Saját forrás 2011)

Látható, hogy a JPG tárolás melletti RSKBM gyakorlatilag használhatatlan valószínűségi mutatókat produkál az óriási szélsőértékek miatt.

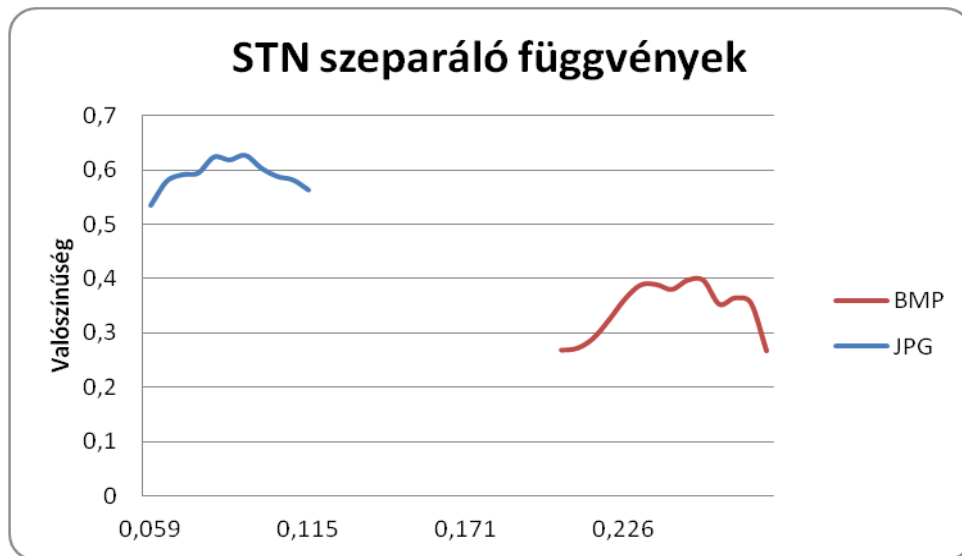
Az $f(x)$ és $g(x)$ függvények pontonkénti szorzata olyan függvényt eredményez, amely minden x változó értékhez megadja azt a valószínűséget, ami szerint az x -nél kisebb mért értékű egyed a kisebb várható értékű mintacsoporthoz tartozik és az x -nél nagyobb mért értékű pedig a másikhoz. Az SFD, STN, RSKBM méréshez rendelt szeparáló függvényeket ábrázolják az 51. - 52. ábrák.



51. ábra. SFD szerinti szeparáló függvények (Saját forrás 2011)

Az 51. ábrán jól látható, hogy a valószínűségi eloszlás alapján nem lehet különbséget tenni a BMP és a JPG képek eredményei között, mert azok szinte teljes mértékben fedik egymást. Az SFD értékeik alapján azonban szembeötlő a különbség.

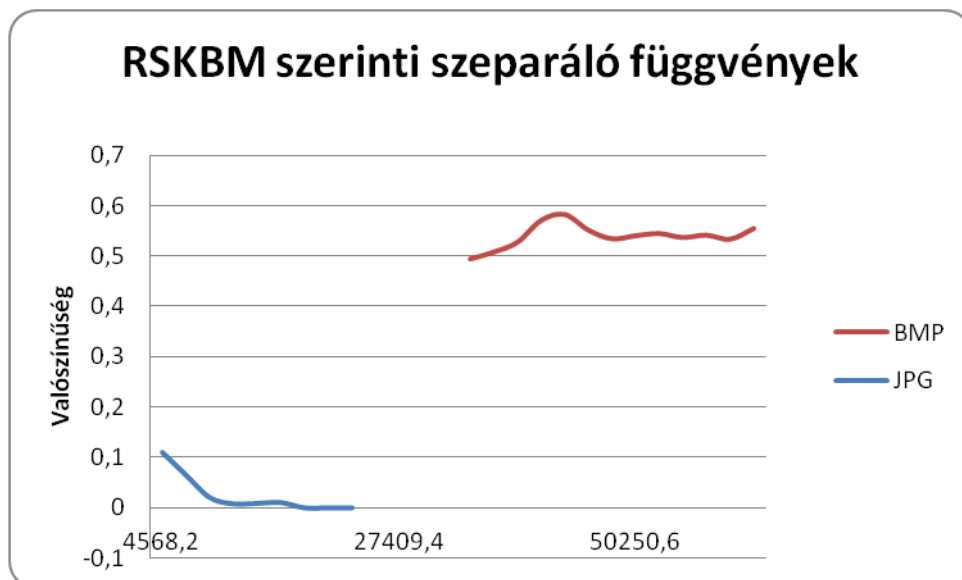
Az 52. ábra a spektrális tehetetlenségi nyomatókhoz tartozó szeparáló függvény eredményeit szemlélteti. Az 51. ábrától eltérően, itt már a valószínűségeknél sem található átfedés.



52. ábra. STN szerinti szeparáló függvények (Saját forrás 2011)

Érdekes, hogy a JPG formátum jóval eredményesebb szeparációt biztosít STN esetén, mint a BMP.

A következő ábrán (53. ábra) látható, hogy az előbb tapasztalt szeparáló képesség megfordul és a Redukált Spektrális Konvex Burok Mértéknél már a BMP formátum bizonyult eredményesebbnek.

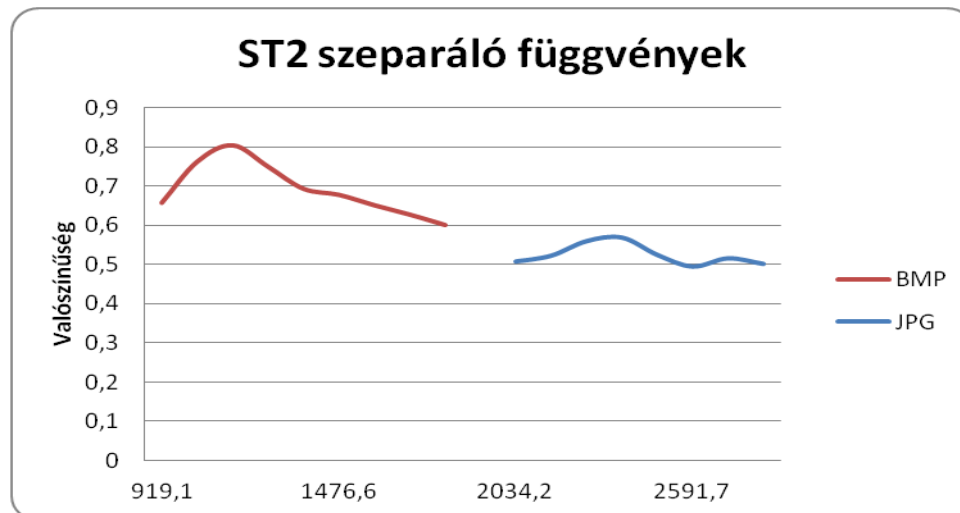


53. ábra. RSKBM szerinti szeparáló függvények (Saját forrás 2011)

Ez az eredmény azt jelenti, hogy nagyon fontos tényező szeparáló függvények esetében, hogy milyen formátumú képek kerülnek feldolgozásra az adott módszerrel.

5.1.2 ST2 alapú szeparáló érték keresése

Abban az esetben, ha az 50 elemes Kt és WL mintákhoz az átlagképük kerül hozzá rendelésre, amit úgy kerül leképezésre, hogy az egyes képek színkocka-vektoraihoz rendelt multiplicitások - összes elemre vonatkozó - számtani közepét kell venni. Ehhez az átlag- vagy referenciaképhez meg kell határozni a mérendő halmaz elemeinek ST2 távolságait. Az előző pontban lefolytatott mérésekhez hasonlóan az ST2 esetében az 54. ábra szerinti szeparáló függvényeket nyerjük.



54. ábra. ST2 szerinti szeparáló függvények (Saját forrás 2011)

Látható, hogy az ST2 BMP tárolásnál a vizsgált három funkcionálnál jobb eredményt mutat. Az új definícióval sikerült javítani a szeparáló képességen. Igaz, csak nagyon keveset, és a vizsgálat csak két fajta pillanatnyi állapotára korlátozódott. További vizsgálattal kell eldönteni, hogy megbízható gyakorlati módszerré fejleszthető-e a HSFD.

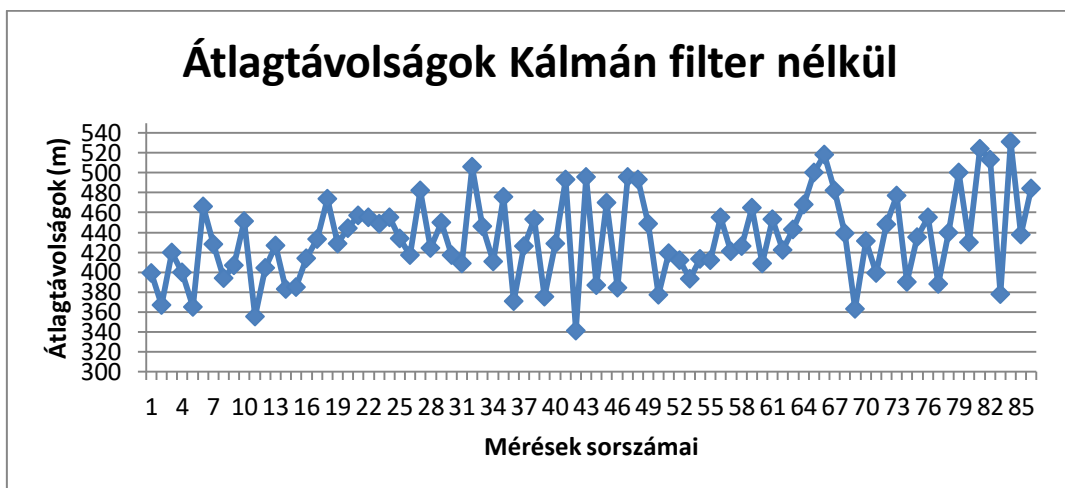
5.8. GPS JELEK PONTOSSÁGA

A kutatás során az adott teszterületről 971 mérés készült (a referencia mérések nélkül), amely első elemzése után nagy szórás volt tapasztalható a különböző operációs rendszereket használó okostelefonok között. Sőt, ami igazán meglepő volt, az az, hogy az iPhone4 és az iPad2 által mért értékek között is drasztikus különbségek tapasztalhatók. Ezt láthatjuk az 55. ábrán, ahol az átlagtávolságok méterben vannak kifejezve.



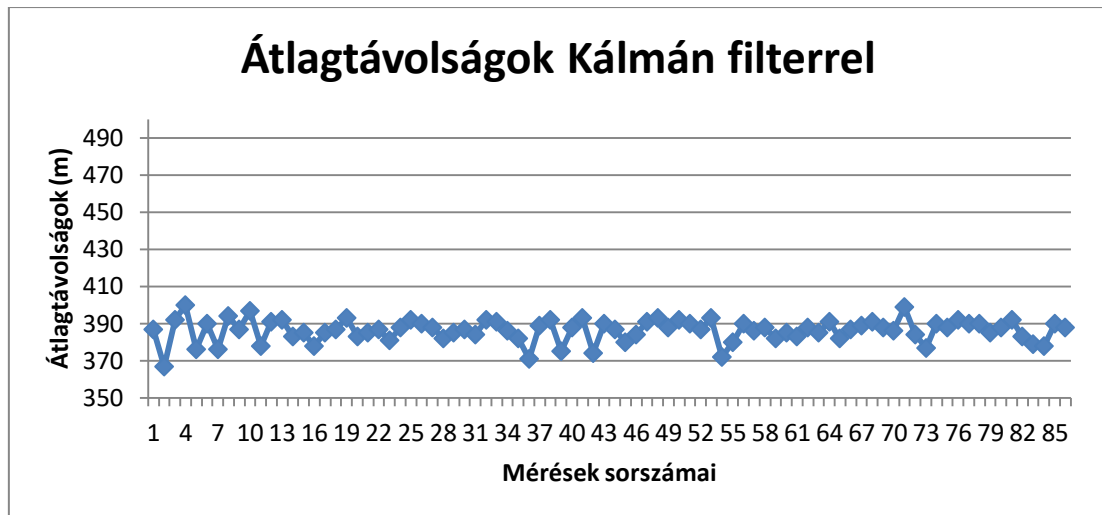
55. ábra. Átlagtávolságok (Saját forrás 2014)

Az ábrán kék szín jelöli az eredeti jelekkel mért eredményeket, míg a narancssárga szín jelöli a Kálmán filterrel szűrt jelek által kapott átlagtávolságokat. Mint látható, a legkisebb különbségeket a Windows Phone 8 operációs rendszert futtató készülékek szolgáltatják. Ezek az okostelefonok mind a két navigációs rendszert (GPS és GLONASS) képesek használni a mérések során, ennek köszönhetően a mérési eredményeik is stabilabbak voltak, nem tapasztalható nagy szórás. A többi készülék esetében, amely csak a GPS rendszert használja a mérések során, nagy szórás tapasztalható. A legnagyobb eltérést az iPhone4 készülék szolgáltatja, ahol volt rá példa, hogy két egymást követő mérésnél az eredmény 70 m különbséget mutatott. Ezért a készülék által rögzített eredmények szűrése a Kálmán filterrel történt. Az 56. ábrán látható a mérési eredmények egy szegmense szűrés nélkül.



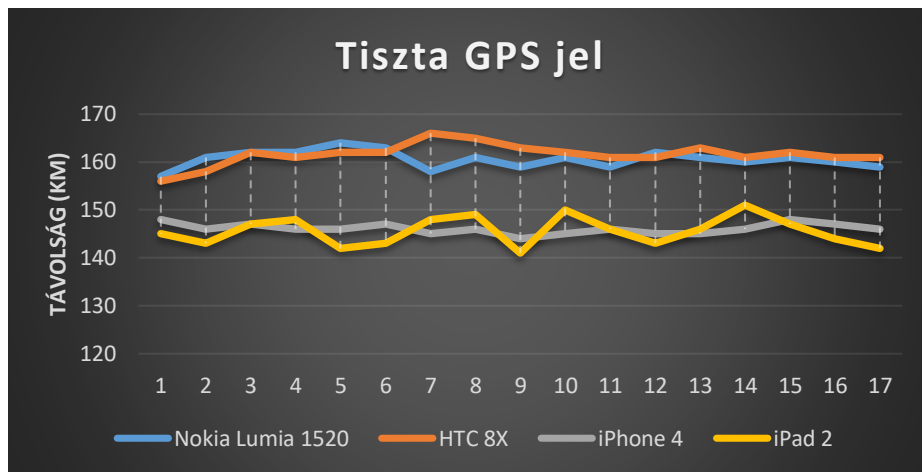
56. ábra. Átlagtávolságok Kálmán filter nélkül (Saját forrás 2014)

Amint az eredmények szűrése megtörtént, a grafikon képe, illetve az eredmények is drasztikusan megváltoztak. Ezt látható az 57. ábrán.



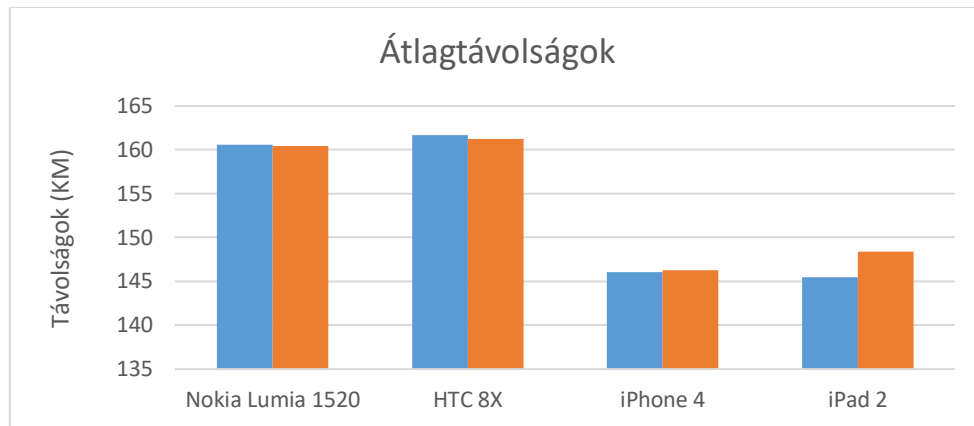
57. ábra. Átlagtávolságok Kálmán filterrel (Saját forrás 2014)

Mivel a teszterületen voltak zavaró tényezők is (pl. fák), így górcső alá kerültek a tiszta GPS jelek is, hiszen ekkor 'elméletileg' minden eredménynek azonosnak kell lennie. Ezeket a mérési eredményeket szemlélteti az 58. ábra.



58. ábra. Tiszta GPS jelek vizsgálata (Saját forrás 2014)

Ezt követően került vizsgálatra az, hogy a távolságoknál tapasztalt eredmények hogyan változnak a Kálmán filterrel történő szűrés után. Ezt az 59. ábra mutatja.



59. ábra. Az eredeti jelek és a szűrt jelek különbsége (Saját forrás 2014)

Az ábrán kék szín jelöli az eredeti jeleket, míg a narancssárga szín jelöli a Kálmán filterrel szűrt jelekkel kapott átlagtávolságokat. Ahogy az ábrán is látható, a GPS és GLONASS rendszert használó készülékek esetében nem tapasztalhatunk szignifikáns különbséget az eredeti és a szűrt jeleknél, viszont az iPad2 esetében már jelentős különbség mutatkozik. A mérések eredményeit figyelembe véve kijelenthető, hogy önmagában kevés a szenzor, hogy pontos eredményt szolgáltatson. Viszont a megfelelő algoritmusok, illetve szűrők használatával pontosabb eredmények nyerhetőek ki.

A mérések alapján kijelenthető, hogy a napjainkban kapható okostelefonokban található kültéri navigációra használatos szenzorok nem szolgáltatnak minden esetben pontos eredményt. Csak tiszta égbolt rálátás esetén adnak viszonylag pontos értékeket, ami egy fás, erdős területen már nem mondható el. Már 30%-os égbolt takartságnál 27%-al csökken a mért adatok pontossága. Továbbá az alkalmazott szoftver és operációs rendszer is befolyásolja a kapott eredményeket!

6 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

1. A kutatások során bizonyítást nyert, hogy már alapvető képfeldolgozási eljárásokkal is elkülöníthetőek a különböző növénykultúrák. Továbbá az is kiderült a vizsgálatokból, hogy egyrészt a nedvesebb talajadottságok valamint a több vizet tartalmazó növények elkülöníthetőek a CMYK színtér segítségével. Ennek gyakorlati jelentősége van például az öntözőberendezések telepítésénél, illetve a parlagfűre irányuló vizsgálatoknál is.

2. Az elvégzett vizsgálatok igazolták, hogy az egyes növények sajátos textúrája, aminek részét képezik a mikroárnyékok is, alkalmasak a szeparációra. A megfigyelések alkalmával az is igazolást nyert, hogy bizonyos gypalkotó, domináns fajok annyira sajátos textúrával rendelkeznek, hogy az elkülönítésük nem okoz gondot a többi gyeptársulástól. Ezek a tulajdonságok összefüggésbe hozhatók a reflektancia értékükkel is. Továbbá itt meg kell említeni, hogy sajnos a kutatási projekt, amiben ez a kutatás is megvalósult 2007-ben befejeződött, így a további vizsgálatokra forráshiány miatt nem került sor.

3. A vizsgált skaláris mutatók egyértelműen bebizonyították, hogy alkalmatlanok bármiféle szeparációra, így ezek nem használhatóak fel ilyen jellegű eljárásokra. Mint ahogy az eloszlások átfedik egymást, nem lehet olyan értéket találni, amelyhez viszonyítva egyértelműen eldönthető, hogy a mért minta melyik fajtához tartozik.

4. A phytophthora fertőzés terjedése minden esetben előre jelezhető a színbeli változásoknak köszönhetően. A MATLAB kontúr moduljának segítségével sokkal több információhoz juthatunk, mint a hagyományos hisztogrammal.

5. A kísérletek eredményeként kijelenthető, hogy a kontúrozás segítségével kimutatható a fokozott vízháztartási tevékenység a leveleken, ami a fertőzéssel szembeni védekezés jele. Továbbá elkülöníthetőek a rezisztens fajták a fertőzőre fogékonyaktól.

7 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az általam vizsgált növények közül (kukorica, kakaslábű, lucerna, parlagfű, búza, gyepek) a CMY pixelértékek tulajdonságaik alapján csak a búza és a gyepel borított terület volt elkülöníthető, a többi között szignifikáns különbség nem kimutatható. (Ez a megállapítás azért fontos, mert ez arra világít rá, hogy Dr. Csák Máté cikkében szereplő állítás nem helytálló (Csák et al. 2009).) A mikroárnyékok és a Fourier transzformáció segítségével a magasabb növényeket (kukorica, erdő) sajátos textúrájuknak köszönhetően azonosítani tudtam. Kísérleteim során vizsgáltam a tölgyesek és fenyvesek mikroárnyékait, amelyek ezzel a módszerrel szignifikáns különbséget mutattak, így elkülöníthetőek. Ez a megoldás remekül alkalmazható archív felvételek elemzésénél, illetve feldolgozásánál, ahol nem áll rendelkezésünkre referenciaadat.

2. A vizsgálataim során használt módszerek (színtérképezés, kontúrok) azért használhatók eredményesen, mert a különböző növény- és gyeptársulások színe és textúrája eltér egymástól. Ezt a látható tartományban készített felvételek elemzése és az ismételt terepi bejárás is bizonyította, illetve az eltérő virágzatok is ezt támasztják alá. Ebből kifolyólag a fraktálszerkezetük alapján is elkülöníthetőek. Onnan lehet tudni, hogy ott nem különböző árnyékok vannak, mert párhuzamosan futnak, nem pedig köröket alkotnak (erről a terepi bejárásnál is meggyőződünk). Ennek segítségével meghatározható az erdő magassága (az árnyék magasságából és a beesési szögből kiszámítható a magasság), pontosabban az erdő szélén a szélen álló fáké (amelyek az árnyékot vetik). Ennek a modulnak a segítségével már könnyebb meghatározni a különböző foltok helyét, továbbá a háromdimenziós modell készítésénél is segíti a modell elkészítését.

3. A színtérkép (Colormap) segítségével az alacsonyabb (10-50cm) növényeket sikerült egyértelműen elkülönítenem egymástól, mind színintenzitás, mind magasság alapján. A magasság meghatározásánál a mikroárnyékok elemzését a quadtree módszer segítségével végeztük el. Ezzel a módszerrel jól elkülöníthetőek a különböző magasságú gyeptársulások, illetve a különböző összetételű gyepalkotó növények is. Kísérleteim során szignifikáns különbséget mutattam ki az ecsetpázsit és a francia perje alkotta foltok közt, pedig azok egymáshoz közel helyezkedtek el. A színtérképezéssel sikerült készítenem egy háromdimenziós modellt is a tesztterületről, amivel a különböző magasságú növények jól behatárolhatóak.

4. Infra és szürkeárnyaltos képeknél is jól használható a szintérképezés. Ennek köszönhetően a szarvasgombával fertőzött bokrok jól elkülöníthetők a gombával nem fertőzött bokroktól. Ilyen felvételek esetében a szintérképezéssel 0,031% különbséggel rendelkező értékeket is ki tudtam szűrni.

5. A kontúrok vizsgálatával előre tudom jelezni a phytophthora infestans terjedésének várható irányát és mértékét burgonyaleveleken, laborkörülmények között. Kísérleteim során 50 elemszámú mintákat vizsgáltam 3 burgonyafajta esetében, és a módszer segítségével minden esetben 2-3 nappal előre tudtam jelezni, merre fog tovább terjedni a fertőzés a levélen, valamint a rezisztens fajta is jól azonosítható volt a kontúr segítségével.

6. Vizsgálataimból egyértelműen kiderül, hogy a BMP kiterjesztésű képek alapján nem lehetséges egyértelműen meghatározni a buronyagumók hovatarozását, ha csak a színszám kerül felhasználásra a szeparálásnál. Abban az esetben, ha vesszük a 40. ábra szerinti méréssorozat BMP képeinek a színszámának várható értékét, majd vegyük az ehhez legközelebb álló két egymás melletti értéket produkáló két kép színeinek számát és viszonyát. Az ugyanazon tárgyról készített két kép durva eltérése az jelenti, hogy mégsem jól standardizált a felvételezési környezet, szemben Csák (et al. 2009) állításával. Feltételezhetően a legfőbb különbséget éppen a reprodukciót biztosítani hivatott körvaku okozta. Ez azt jelenti, hogy ismételt használat esetén a vaku nem tudja ugyanazt a 'fényességet' produkálni a felvételezés során. Kísérleteim során egyértelműen kiderült, hogy a teljes újratöltéshez legalább 4 perc 32másodpercet kell várni. De ebben az esetben is 2-3% eltérés lesz a szintelítettség szempontjából. Korábbi kutatások alkalmával Csák (et al. 2009) a felvételezés során csupán 1-2 percet várt, ami alapján kijelenthető, hogy állításai helytelenek.

7. Az elemzés folyamatából érdemes kiemelni három észrevételt:

7.1. A JPG képekhez rendelt funkcionálértékek a vizsgált három funkcionálnál jóval kisebbek, mint az ugyanazon mintahalmazhoz tartozó BMP képek értékei, következésképp csak egyező formátumú képállományok összevetése lehet értelmes.

7.2. A különböző fajták funkcionálértékei eloszlásának jellege markánsan eltérő lehet, amely meghatározóbb fajta-jellemzőként funkcionálhat, mint pl. a várható érték. Az így elért eredményeknél már lehetséges egy szűkebb spektrumot adni az adott fajtáról, de az egymáshoz közel eső fajtáknál még így sem lehet egyértelműen szegmentálni. Ez a legnagyobb mértékben a Katica fajtánál (JPG) észlelhető.

7.3. A vizsgálatok elején az volt a feltételezés, hogy a BMP tárolás, és a még hozzá hasonlóan eltérő képpontfelhővel rendelkező két burgonyafajta esetén sem megbízható feltétlen a funkcionálérték megkülönböztető jegyeiben.

8. Méréseim során egyértelműen bizonyítottam, hogy az okostelefonokba épített szenzorok nagyon érzékenyek és önállóan képtelenek a pontos kültéri pozicionálásra, sajnos még szabad térben is magas hibaszázalékkal működnek (GPS, GLONASS). A mérések alapján kijelenthető, hogy a napjainkban kapható okostelefonokban található kültéri navigációra használatos szenzorok nem szolgáltatnak minden esetben pontos eredményt. Csak tiszta égbolt rálátás esetén adnak viszonylag pontos értékeket, ami egy fás, erdős területen már nem mondható el. Már 30%-os égbolt takartságnál 27%-al csökken a mért adatok pontossága. Továbbá az alkalmazott szoftver és operációs rendszer is befolyásolja a kapott eredményeket!

8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton is szeretném megköszönni Dr. Nagyvárad Lászlónak témavezetőmnek, hogy szakmai segítségével és támogatásával sikerült elkészítenem a dolgozatot.

Köszönöm Hegedűs Géza adjunktus Úrnak a Szeparálóképességnél és a Funkcionálértékek eloszlásánál nyújtott matematikai segítséget.

Köszönöm a Pannon Egyetem Georgikon Karának Botanikus kertjében dolgozó tudományos munkatársak segítségét a kérdéses növények meghatározásában.

Köszönöm Jozifek Anitának és Pinczehelyi Eszternek a sok segítséget, amit az adminisztrációs ügyek intézésénél nyújtott.

Köszönetem fejezem ki mindazoknak, akik a dolgozat elkészítésében és a kutatómunkában segítségemre voltak vagy hátráltattak, ezzel is motiváltabbá téve a dolgozat elkészítésében.

9 IRODALOMJEGYZÉK

Anatoly A. Gitelsona, Yi Penga, Timothy J. Arkebauerb, Andrew E. Suykera (2015): Productivity, absorbed photosynthetically active radiation, and light use efficiency in crops: Implications for remote sensing of crop primary production, *Journal of Plant Physiology*, Volume 177, Pages 100–109, DOI: 10.1016/j.jplph.2014.12.015

Amzajerjian F., Pierrottet D. F., Petway L., Hines G., R., Vincent E. (2011): "Lidar systems for precision navigation and safe landing on planetary bodies". Langley Research Center. NTRS, SPIE ISPD 2011-International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging; Beijing; China

Assefa M. M., Qihao W., Prasad S., Thenkabail and Gabriel B. S. (2007): Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modelling, *Sensors* 2007, 7, pp. 3209-3241, ISSN 1424-8220

Athos A., Dimitrios D., Diofantos G. (2014): Spectral sensitivity of ALOS, ASTER, IKONOS, LANDSAT and SPOT satellite imagery intended for the detection of archaeological crop marks, *International Journal of Digital Earth*, Volume 7, Issue 5, pp. 351-372, DOI:10.1080/17538947.2012.674159

A. Camparguea, S.N. Mikhailenkoc, Benoit Guillo Lohana, E.V. Karlovetsa, D. Mondelaina, S. Kassia (2015): The absorption spectrum of water vapor in the 1.25 μm atmospheric window (7911–8337 cm^{-1}), *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* Volume 157, pp. 135–152

Barcsák Z., Kertész I. (1998): Gyeptermesztés és hasznosítás. In: Barcsák Zoltán (szerk.) Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Földművelés és Növénytermesztési Tanszék, Gödöllő 56-68.p., 83-96.p., p 98-132.

Berke J. (2005): Spectral fractal dimension (Spektrális fraktáldimenzió), *Proceedings of the 7th WSEAS Telecommunications and Informatics (TELE-INFO '05)*, Prague, pp.23-26, ISBN 960 8457 11

Berke J. (2006): Measuring of Spectral Fractal Dimension (A spektrális fraktáldimenzió mérése), *Advances in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, Springer pp. 397-402., ISBN 10 1- 4020-5262-6.

Berke J. (2007): Measuring of spectral fractal dimension (A spektrális fraktáldimenzió mérése). *Journal of New Mathematics and Natural Computation*, Vol. III/3, pp. 409-418., ISSN: 1793-0057.

Berke J., Polgár P., Horváth Z., Nagy T. (2006): Developing on exact quality and classification system for plant improvement, *Journal of universal computer science* 12:(9) pp. 1154-1164., DOI: 10.3217/jucs-012-09-1154

Berner M., Sass O. (2012): Combinin airborne and terrestrial laser scanning for quantifiying erosion and deposition by a debris flow event, *Geomorphology*, Vol. 138, pp 49-60

Bernhard H.-W., Herbert L., Elmer W. (2008): GNSS – Global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more, ISBN 978-3-211-73012-6

Bolch T., Buchroithner M., Pieczonka T., Kunert A. (2008): Planimetric and volumetric glacier changes in the Khumbu Himal, Nepal, Since 1962 Using Corona, Landsat TM and Aster Data, *Journal of Glaciology*, Volume 54, Number 187, pp. 592-600(9)

Bruzzone L., Carlin L. (2006). A multilevel context-based system for classification of very high spatial resolution images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44, pp.: 2587–2600.

Camargo A., James S. S. (2008): An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms, *Biosystems Engineering*, Volume 102, Issue 1, pp 9-21., DOI 10.1016/j.biosystemseng.2008.09.030

Chasmera L., Hopkinsc C., Venessb T., Quintonb W., Baltzerd J. (2014): A decision-tree classification for low-lying complex land cover types within the zone of discontinuous permafrost, *Remote Sensing of Environment*, Volume 143, Pages 73–84.

Chen M., Schliep M., Willows R. D. (2010). "A Red-shifted chlorophyll", *Science* 329 (5997), pp.:1318–1319. Bibcode 2010, Sci 329.1318C. DOI: 10.1126

Christian S., Tobias S., Christopher C., Birgit K., Michael F. (2015): Grassland habitat mapping by intra-annual time series analysis – Comparison of RapidEye and TerraSAR-X satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 34, pp. 25–34

Cooke W. H., Jacobs D. M. (2002): Rapid classification of Landsat TM imagery for phase 1 stratification using the automated NDVI threshold supervised classification (ANTSC) methodology, Proceedings of the Fourth Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, pp 81-86

Christine P., John V. G. (2010): Review article Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications, International Journal of Remote Sensing, pp. 823-854, DOI: 10.1080/014311698215748

Csák M., Hegedűs G. (2008): Az SFD mérésenként való alkalmazhatósága a burgonyanemesítési kutatásokban (The DFD opportunity of applicable in a potatoimprovement research), Acta Agraria Kaposváriensis Vol 12, No 2, pp. 177-191.

Csák M., Hegedűs G., Polgár Zs. (2010): Burgonya fajták azonosítása és minősítése digitális képanalízis felhasználásával, Summer University on Information Technology in Agriculture and Rural Development, Magyar Agrárinformatikai Szövetség (MAGISZ), pp. 39-53., ISBN: 978-963-87366-2-8

Datt (1999): Visible/near infrared reflectance and chlorophyll content in Eucalyptus leaves, International Journal Of Remote Sensing, Volume 20, Issue 14, pp. 2741-2759, Version of record first published: 25 Nov 2010, DOI: 10.1080/014311699211778

David L. H., Alan K. K., and Melinda D. S. (2014): Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes. Ecology 95:2646–2656

Davis M. S., Cook D. A. (2014): Quantifying the impact of range and azimuth ambiguities on multichannel SAR and SAS image quality, EUSAR 2014; 10th European Conference on Synthetic Aperture Radar, pp. 1-4., ISBN 978-3-8007-3607-2

Daniel G., Gaines M., Marvin S. (1984): Machine vision and image processing for plant identification, American Society of Agricultural Engineers, Transactions of the ASAE, vol. 29(6): November-December pp.: 1500-1507; 0001-235-1/86/2906-150002.00

Douches D., Kazimierz J., Joseph C., William K., Kimberley F., Ray H., Robert C., Jacqueline L. (2001): A late-blight-resistant table stock variety. American Journal of Potato Research 78 (6):413-419.

Eugene H. (2001). Optics (4th ed.). Pearson Education. ISBN 0-8053-8566-5.

Elion P., Yehonatan G., Yoav L., Yaron S.(2012): Fourier processing of quantum light, *Physical Review A*, Volume 86, Issue 2, 5 pages, DOI: 10.1103/PhysRevA.86.023836

E. Raymond H. Jr.a, Paul C. D., James E. M., Craig S.T. D., Eileen M. P., Bakhyt A. (2013): A visible band index for remotesensing leaf chlorophyll content at the canopy scale, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 21, April 2013, pp 103–112

Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap, Nemzeti Vidékfejlesztési Terv az EMOGA Garanciarészleg Intézkedéseire. Magyarország, Budapest

Fauvel M., Tarabalka Y., Benediktsson J. A., Chanussot J. (2012): Advances in spectral-spatial classification of hyperspectral images, *Proceedings of the IEEE*, Volume: 101, Issue: 3, pp. 652-675, DOI: 10.1109/JPROC.2012.2197589

Finn H. (2003): Tutorial for control system toolbox for MATLAB (online tutorial), http://techteach.no/publications/control_system_toolbox/

Firtha F., Fekete A., Kaszab T., Gillay B., Nogula-Nagy M., Kovács K. D. (2008): Methods for improving image quality and reducing data load of NIR hyperspectral images. *Sensors* 2008/8, pp. 3287-3298

Firtha F. (2007): Development of Data Reduction Function for Hyperspectral Imaging. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, Volume III., pp. 67-88.

Fry William (2008): *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol. Plant Pathol.* 9, pp. 385–402

Genc L., Turhan H., Asar B., Smith S. E. (2009): Comparison of spectral indices derived from QUICKBIRD and ground based hyper-spectral data for winter wheat, *World Applied Sciences Journal* 2009 Vol. 7 No. 6 pp. 756-762, ISSN 1818-4952

Gonzalez E., Woods J.(2008): *Digital image processing* 3rd Ed. (DIP/3e), Prentice Hall, 954 pages ISBN number 9780131687288

Gonzalez E., Woods J., Eddins K. (2009): *Digital image processing using MATLAB* 2nd Ed. Gatesmark Publishing, 827 pages. ISBN number 9780982085400

Gouinaud H., Gavet Y., Debayle J., Pinoli J. C. (2011): Color correction in the framework of color logarithmic image processing, Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), 2011 7th International Symposium, pp. 129-133, ISBN 978-1-4577-0841-1

Guyer D. E., Miles G. E., Schreiber M. M. , Mitchell O. R., Vanderbilt V. C.: Machine vision and image processing for plant identification, American Society of Agricultural and Biological Engineers, pp. 1500-1507, DOI: 10.13031/2013.30344

Gürcan B., Güven K., Hüseyin T., Murat O., Aycan M. (2005): Spot Revisited: Accuracy Assessment, Dem Generation and Validation from Stereo Spot 5 Hrg Images, The Photogrammetric Record, Volume 20, Issue 110, pp 130–146, DOI: 10.1111/j.1477-9730.2005.00314.x

Hadley M. (1993): Grassland for sustainable ecosystem. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand – Australia, 21-28.p.

Hargitai H. (2006): Planetary maps: Visualization and nomenclature, Carthographica: The international journal for geographic information and geovisualization 41:(2) pp. 149-167. DOI: 10.3138/9862-21JU-4021-72M3

Hargitai H., Vekerdy Z., Kardeván P. (2004): Képalkotó spektrométeres távérzékelési kísérlet Magyarországon. Térinformatika, 2004/6. pp. 12-15

Hegedűs G., Horváth Z. (2012): SFD-weight distribution analysys, ISBN: 978 963 642 470 1, pp 4-9.

Hegedűs G. (2007): Spectral fractal dimension – invariant transformations and shifting rules Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia, Kecskemét, 2007. augusztus 27-28. II. kötet, pp. 671 674., ISBN 978 963 7294 65 5.

Henning E., Vesa K., Uwe D. H. (2010): Density trees for efficient nonlinear state estimation, Proceedings of the 13th International Conference on Information Fusion, Edinburgh, United Kingdom

Horváth Z. (2011): Analysis to forecast the sread of phytophthora of potato leaf with kontúr, 12th IEEE International Symposium on Computational Inteligence and Informatics (CINTI2011), IEEE, 2011. pp. 597-600, ISBN:978-1-4577-0043-9

Horváth Z., Hegedűs G. (2011): Problems of the SFD measurements and improving the color characterisation, Honoring volume on Pollack Mihály of Engineering and Information Technology: Abstracts of the Seventh International PhD & DLA Symposium, ISBN: 978-963-7298-46-2

Horváth Z. (2012): Separation plant cultures with color mapping, IEEE Computer Sci., 2012. 4 p., (7th International Conference on Computing and Convergence Technology (ICCT, ICEI and ICACT)); ISBN: 978-89-94364-21-6

Horváth Z. (2012): Szarvasgomba lelőhelyek feltérképezése távérzékelés segítségével Kolozsvár: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, pp. 56-59., XIII. nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia

Horváth Z., Horváth H. (2014): The measurement preciseness of the GPS built in smartphones and tablets, International Journal on Electronics and Communication Technology 1:(5), pp. 17-19

Hui Y., Li L., Dan L., Hongyu Z., Xiaoming D. (2010): Based on quadtree fractal image compression improved algorithm for research, In E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), 2010 International Conference on, pp. 1-3.

Hyde H. J. (2003): Investigation of the relationship between chlorophyll concentration and high spectral resolution data of *Phragmites australis* in heavy metal contaminated sites. ITC, Enschede.

Ivanyi K., Kismanyoki T., Ragasits I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest pp. 36-47., 53-60.

Jacquin A., Misakova L., Gay M. (2008): A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. Landscape and Urban Planning, 84, pp.152–165

James B. C., Randolph H. W. (2011): Introduction to remote sensing, Fifth edition, ISBN 978-1-60918-176-5

Jayme G., Arnal B. (2013): Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases, Springerplus. 2013; 2: 660., DOI: 10.1186/2193-1801-2-660

Jieh R. C., Hong W. L., Hsien H. C. (2014): A smart filter design for removal of high-density noises of image, Future Information Technology, Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 309, 2014, pp 713-719, DOI: 10.1007/978-3-642-55038-6_110

Jing Q., Qiming Z., Quan, H. (2007): Comparison of pixel-based and object-oriented classification methods for extracting built-up areas in arid zone. In J. Jie& Z. Renliang (Eds.), ISPRS workshop on updating geo-spatial databases with imagery and the 5th ISPRS workshop on dynamic and multi-dimensional GIS, pp.163–171, Urumchi, China

Johnn A. R. (2012): Remote sensing digital image analysis, ISBN 978-3-642-30061-5, DOI: 10.1007/978-3-642-30062-2

Kardeván P., Reisinger P., Tamás J., Jung P. (2005): Remote sensing of common ragweed. Part I. enhancing classification effectivity of remote sensing pictures by using DGPS for representative spectra of *Ambrosia artemisiifolia* L. Hungarian Weed Research and Technogy 6 (2), pp. 53–67

Kardeván P., Jung P., Reisinger P., Nagy S. (2004): Determining the reflectance spectra of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) by field measurements. Hungarian Weed Research and Technology 5 (1), pp. 15–31.

Kardeván P., Hargitai H., Horváth F. (2006): Az első magyarországi képalgoritmusos repülés és adatainak elemzése erdőtípusok elkülönítésére, Geodézia és Kartográfia (9), pp. 21-34.

Karen G. (2010): Geography lesson plans using Google Earth, <http://www.lessonplanet.com/article/elementary-math/geography-lesson-plans-using-google-earth> (Utolsó megjelenítés 2013.01.05)

Kelkar D., Ujjain G. S. (2008): Improved quadtree method for split merge image segmentation, In Emerging Trends in Engineering and Technology, 2008. ICETET '08. First International Conference on, pp. 44-47

Kinsler P. (2010). Optical pulse propagation with minimal approximations, Phys. Rev. Bibcode 2010, DOI: 10.1103

Koltay A., Bakonyi J., Nagy Z. Á., Varga K., Érsek T. (2006): Első adatok a *Phytophthora citricola* hazai előfordulásáról, Növényvédelem 44 (12), pp. 607-613.

Lefei Z., Liangpei Z., Dacheng T., Xin H. (2012): On combining multiple features for hyperspectral remote sensing image classification, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 50, Issue: 3, pp. 879- 893, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2011.2162339

Ling G., Xiaolan W., Xianzhong Z. (2003): Color map image segmentation based on color model and structure features (Proceedings Paper), Third International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition (Proceedings Volume), pp.493-1564, ISBN: 9780819451811

Lóki J. (1996): Távérzékelés, Debrecen

Manea A., Leishman M. (2014) Leaf area index drives soil water availability and extreme drought-related mortality under elevated CO₂ in a temperate grassland model system. PLoS ONE 9(3): e91046. DOI: 10.1371/journal.pone.0091046

Margóczy K. (2001): Gyepék természetvédelmi értékei. In: Nagy Géza – Pető Károly – Vinczeffy Imre (szerk.): Gyepgazdálkodás helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DE ATC AVK Vidékfejlesztési és Tájhasznosítási Tanszék, Debrecen 62-63.p.

Mark . B., Marc v. K., Mark O., Otfried S. (2000): Computational geometry (2nd revised ed.), Springer-Verlag, ISBN 3 540-65620-0, Chapter 14: Quadrees, pp. 291-306

Markham B. L., Haque M.O., Barsi J. A., Micijevic E., Helder, Dennis L., Thome K J., Aaron D., Czapla M. J.S. (2012): Landsat-7 ETM+: 12 Years on-orbit reflective-band radiometric performance. IEEE Transactions Geoscience and Remote Sensing, vol. 50, DOI: 10.1109/TGRS.2011.2169803

Mei J., Liu M., Wang Y.-F., Gao H. (2014): Learning a mahalanobis distance-based dynamic time warping measure for multivariate time series classification, Cybernetics, IEEE Transactions, Volume 4, Issue: 99, pp. 372-376, DOI 10.1109/TCYB.2015.2426723

Mohammed K., Douglas B., Gamal E., Da-Wen S., Paul A. (2012): Potential of hyperspectral imaging and pattern recognition for categorization and authentication of red meat, Innovative Food Science & Emerging Technologies, DOI: 10.1016/j.ifset.2012.07.007

Moriyama M. (2002): Hyperspectral reflectance data analysis based on the Spline approximation, Proceedings of the Japanese Conference on Remote Sensing, Vol. 32, pp 85-86

Nagy G. (2001): A gyephasználat és vidékfejlesztés összefüggései. In: Nagy Géza – Pető Károly, Vinczeffy Imre (szerk.): Gyepgazdálkodás helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DE ATC AVK Vidékfejlesztési és Tájhasznosítási Tanszék, Debrecen pp. 22-31.

Nagy G., Dér F., Szemán L. (2001): Nemzetközi irányzatok a gyepgazdálkodás fejlődésében. In: Nagy Géza (szerk.): Gyep az agrár- és vidékfejlesztési politikában. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 18. DE ATC AVK Vidékfejlesztési és Tájhasznosítási Tanszék, Debrecen. pp. 15-27.

Nick B., Katy A. (2012): Using Google Maps to collect spatial responses in a survey environment, Volume 44, Issue 2, pp 160–169, DOI: 10.1111/j.1475-4762.2012.01081.x

Novy R., Sebastian L., Daniel C., James P., John W., A. Mosley, S. James, D. Hone, C. Shock, K. Rykbost, C. Brown, R. Thomton, R. Knowles, M. Pavek, N. Olsen, and D. Inglis. Defender (2006.): A high-yielding, processing potato cultivar with foliar and tuber resistance to late blight. American Journal of Potato Research 83 (1): 9-19.

Petros H. (2012): Using L1-regression to estimate a monotone two-piece linear relationship between two angular variables, The operations research society of New Zealand, 46th Annual Conference, pp. 139-147., 10-11., December

Philip E. D., Andrea R. B., Vachel A. C. (2010): Assessing canopy mortality during a mountain pine beetle outbreak using GeoEye-1 high spatial resolution satellite data, Remote Sensing of Environment, Volume 114, Issue 11, Pages 2431–2435, DOI: 10.1016/j.rse.2010.05.018

Sisodia P., Tiwari V., Kumar A. (2014): A comparative analysis of remote sensing image classification techniques, Advances in Computing, Communications and Informatics, pp. 1418-1421, DOI: 10.1109/ICACCI.2014.6968245

Sturzenegger D., Gyalistras D., Semeraro V., Morari M., Smith R. S. (2014): BRCM Matlab toolbox: Model generation for model predictive building control, American Control Conference (ACC), 10.1109/ACC.2014.6858967

Qiangqiang Y., Liangpei Z., Huanfeng S. (2012): Hyperspectral image denoising employing a spectral–spatial adaptive total variation model, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, Volume: 50, Issue: 10, pp 3660- 3677 ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2012.2185054

Qinhong L., Jihua W., Cunjun L., Xiaohe G. (2012): Estimation of fluvo-aquic soil organic matter from hyperspectral reflectance by using discrete wavelet transformation, *Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, 2012 First International Conference, pp 1- 5, E-ISBN: 978-1-4673-2494-6, 10.1109/Agro-Geoinformatics.2012.6311669

Qinghua Z., Shoubai X. (2012): The research of randomized incremental construction method based on compressed quadtree, *Proc. SPIE 8334, Fourth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP-2012)*, Conference number 833443; DOI: 10.1117/12.968561

Raphael F., J. L. Bentley (1974). "Quad Trees: A data structure for retrieval on composite keys", *Acta Informatica* 4 (1): 1–9., DOI: 10.1007/BF00288933

Roberto P. (2012): Calibrating CORINE LandCover 2000 on forest inventories and climatic data: An example for Italy, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 19, pp 59–71, DOI: 10.1016/j.jag.2012.04.016

Rowe R., S. Miller R (1995): Riedel. Undated. Late blight of potato and tomato. Ohio State Extension Bulletin HYG-3102-95. Columbus, OH. Available at: <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/3000/3102.html> utolsó megjelenítés: 2013.01.27.

Ruiz P., Mateos, J., Camps V., Gustavo J., Molina R. (2014): Bayesian active remote sensing image classification, *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, Volume:52, Issue: 4, pp. 2186 – 2196, DOI: 10.1109/TGRS.2013.2258468

Sabrina C., Mirka M., Martin S., Andrew K. S., Wim H. P. (2012): Soil biotic impact on plant species shoot chemistry and hyperspectral reflectance patterns, *Volume 196, Issue 4*, pp 1133–1144, DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04338.x

Saleem U., Martin S., Andrew K. S., Christoph H. (2012): Identifying plant species using mid-wave infrared (2.5–6 μm) and thermal infrared (8–14 μm) emissivity spectra, *Remote Sensing of Environment*, Volume 118, pp 95–102, DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.008

Short N. Michael (1982): The LANDSAT tutorial workbook: Basics of satellite remote sensing, report/patent number: E83-10001, NASA-RP-1078, NAS 1.61:1078, LC-81-600117

Shu C. Y., Eugenia K., Brian H. (2012): Handling nonlinearity in an ensemble Kalman filter: experiments with the three-variable Lorenz model. *Monthly Weather Review* 140:8, 2628–2646

Strebkov D., Bashilov A., Korolev V. (2014): Ground and satellite surveillance, navigation and control in agricultural technology precisely, *Journal of All-Russian Electrification of Agriculture*, № 194, pp. 36-42

Sural S., Gang Q., Pramanik S. (2002): Segmentation and histogram generation using the HSV color space for image retrieval, *Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference (Volume:2)*, Pp.: II-589 - II-592 vol.2, ISSN : 1522-4880, DOI: 10.1109/ICIP.2002.1040019

Sung-Ho L., Kang-A C., Sung-Jea K. (2014): Classification based histogram specification framework for image contrast enhancement, *Control, Automation and Information Sciences*, pp. 121-126, DOI: 10.1109/ICCAIS.2014.7020541

Szabó J. (1973): *Gyepgazdálkodás. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest* pp 221-227., 272-276.

Szalay Zs. (2006): *Nappálya diagram és árnyékmaszk szerkesztés, Nappálya diagram, PPT bemutató*

Szemán L. (2004): Fajgazdag gyepék létesítése. In: *Természetes állattartás 6. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 20. DE ATC AVK Vidékfejlesztési és Tájhasznosítási Tanszék, Debrecen* pp.66-72.

Szemere L. (2005): *Föld alatti gombavilág, 2. kiadás. Első Magyar Szarvasgombász Egyesület, Budapest.*

Tse W. C., Yi L. C., Shao Y. C. (2008): Fast image segmentation based on K-means clustering with histograms in HSV color space, *Multimedia Signal Processing, 2008 IEEE 10th Workshop*, pp. 322 – 325, E-ISBN: 978-1-4244-2295-1, DOI: 10.1109/MMSP.2008.4665097

Ursula C. B., Peter H., Gregor W., Iris L., Markus H. (2004): Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing for GIS ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 58, Issues 3–4, pp 239–258

Vaibhav J., Nitin J., L C Patidar (2012): Comparative analysis of image compression using image interpolation and RICE codes with quadtree encoding resolution grid and RICE encoding. *International Journal of Computer Applications* 38(3):47-51, Published by Foundation of Computer Science, New York, USA, DOI: 10.5120/4672-6788

Vinczeffy I. (szerk., 1993): Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 59-62, pp. 90-92., pp. 146-150., pp. 152-153., pp. 168-169, pp. 172-173., pp. 233.

Vinczeffy I. (2001): Lehetőségeink a legeltetési állattartásban. In: Nagy Géza, Pető Károly, Vinczeffy Imre (szerk.): Gyepgazdálkodás helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DE ATC AVK Vidékfejlesztési és Tájhasznosítási Tanszék, Debrecen pp. 7.

Vicent C., Francine C., Tomeu C., Françoise D. (1994): A geometric model for active contours in image processing, Numerische Mathematik, 1993/94, Volume 66, Issue 1, pp 1-31

V. Kumar C., Rani C. (1999): Spectral reflectance, growth and chlorophyll relationships for rice crop in a semi-arid region of india, Water Resources Management, Volume 13, Number 2, 73-84, DOI: 10.1023/A:1008056400348

Wang R., Deng Y., Loffeld O., Nies H., Espeter T., Walterscheid I., Klare J., Ender J. H. G. (2012): Focusing bistatic SAR data in double sliding spotlight mode with TerraSAR-X and PAMIR based on azimuth chirp filtering, Synthetic Aperture Radar, 2012. EUSAR. 9th European Conference, pp. 772- 775, ISBN: 978-3-8007-3404-7

Wanceng Z., Xian S., Kun F., Chenyuan W., Hongqi W. (2014): Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, Volume: 11, Issue: 1, pp. 74-78., DOI: 10.1109/LGRS.2013.2246538

Williem E. T., Steven B. P., P. H. Davis, J. G. Warren, Marcus M. A., Mark S. R. (2010): Variable nitrogen rate determination from plant spectral reflectance in soft red winter wheat, Precision Agriculture, Volume 12, Issue 5, pp 666-681, DOI: 10.1007/s11119-010-9210-5

Wu S., G., Bao F. S., Xu E. Y., Yu-Xuan W., Yi-Fan C., Qiao-Liang X. (2007): A leaf recognition algorithm for plant classification using probabilistic neural network, Signal Processing and Information Technology, 2007 IEEE International Symposium, ISBN 978-1-4244-1835-0, pp 11-16, Doi: 10.1109/ISSPIT.2007.4458016

Zhifeng X., Qing L., Gefu T., Xiaofang Z. (2014): Elliptic Fourier transformation-based histograms of oriented gradients for rotationally invariant object detection in remote-sensing images, International Journal of Remote Sensing Volume 36, Issue 2, pp 618-644, DOI: 10.1080/01431161.2014.999881

Internetes források

Barta Z. (2008): Távérzékelés Magyarországon,

<http://www.magharademia.hu/parajelensegek/taverzekeles/tisztanlatas/taverzekeles-magyarorszagon.html>

Corine Land Cover: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover> (Utolsó megjelenítés 2010.10.08.)

Czímber K. (2001): Geoinformatika - elektronikus jegyzet <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/geoinfo3.htm> (Utolsó megjelenítés 2012.05.30)

Hargitai H., Kardeván P., Horváth F. (2006): Az első magyarországi képalkotó spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdőtípusok elkülönítésére, pp. 21-33, <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2006/09/4.pdf> (Utolsó megjelenítés 2012:10.18)

Konica Minolta Sensing: Precise Color Communication:

<http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/en/index.html> (2010.11.12)

Kovács L., Borsa B., Földesi I. (2008): Növények spektrális tulajdonságának vizsgálata (online beszámoló), pp. 1-6., http://www.fvmmi.hu/file/document/kut/634_spektralis.pdf (Utolsó megjelenítés 2012.04.23.)

Matlab: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>

Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer: MePAR:

<http://www.fomi.hu/portal/index.php/projektjeink/mepar> (Utolsó megjelenítés 2011.08.15.)

Peter J. A. (2014): Denne siden er forsvunnet av naturlige årsaker

<http://www.mn.uio.no/math~jacklam>

Szeghy D. (2008): Lorentz-sokaságok exponenciális leképezése (doktori értekezés), http://bolyai.math.elte.hu/phd_th/szeghy.pdf (Utolsó megjelenítés 2011.11.25.)

Szabó J. (2012): Űrtechnológia VIHBVB06, Intercosmos egyezmény,

<http://hvt.bme.hu/~csurgai/urtech/Sources/Gschwindt-Szabo-nemzetkozi.pdf> (Utolsó megjelenítés 2012.09.07.)

USGS <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib06/ds231/datatable.html>

Verőné W. M. (2010): Fotointerpretáció és távérzékelés 2., Felvevőrendszerek (online verzió): http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI2/ch01s06.html (Utolsó megjelenítés 2012.10.21.)

10 FÜGGELÉK

9.1. KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE TÁVÉRZÉKELELSEL NYERT FELVÉTELEKEN

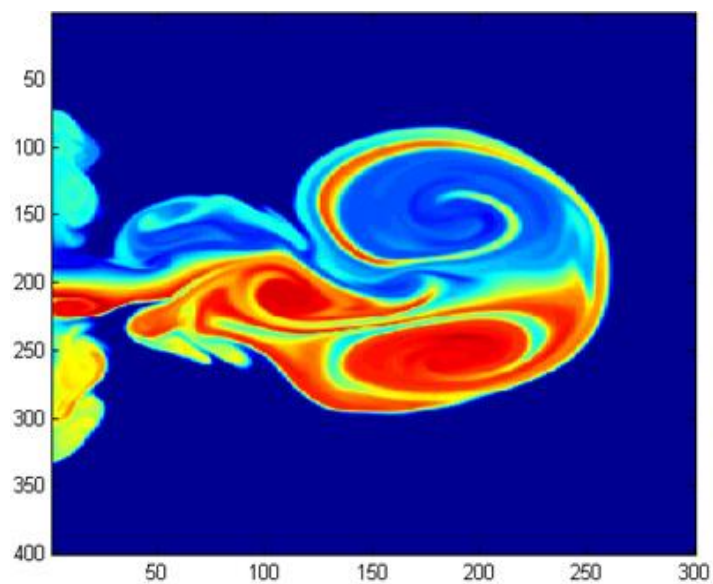
1. táblázat: A DAIS csatornakiosztása

<i>csatornaszam</i>	hullamhossz	(μm) fwhm csatornaszám	csatornaszam	hullamhossz	(μm) fwhm csatornaszám
1	0.496204	0.0200000	41	1.95763	0.0360000
2	0.0200000		42	1.97570	0.0360000
3	0.532110	0.0180000	43	1.99134	0.0380000
4	0.550719	0.0190000	44	2.00562	0.0419999
5	0.568125	0.0210000	45	2.02043	0.0500001
6	0.585631	0.0200000	46	2.03627	0.0560000
7	0.604647	0.0190000	47	2.05194	0.0560000
8	0.622723	0.0220000	48	2.06792	0.0500000
9	0.639030	0.0220000	49	2.08413	0.0480001
10	0.656846	0.0230000	50	2.10018	0.0439999
11	0.675308	0.0270000	51	2.11531	0.0420001
12	0.693472	0.0260000	52	2.13014	0.0400000
13	0.709672	0.0290000	53	2.14463	0.0400000
14	0.726923	0.0290000	54	2.15853	0.0380001
15	0.743619	0.0290000	55	2.17321	0.0360000
16	0.762275	0.0340000	56	2.18566	0.0300000
17	0.779942	0.0340000	57	2.20041	0.0319998
18	0.797485	0.0350000	58	2.21541	0.0279999
19	0.814236	0.0380000	59	2.23195	0.0220001
20	0.832277	0.0390000	60	2.24680	0.0219998
21	0.850591	0.0390000	61	2.26224	0.0180001
22	0.868750	0.0400000	62	2.27523	0.0179999
23	0.885938	0.0370000	63	2.29006	0.0160000
24	0.903619	0.0390000	64	2.30308	0.0160000
25	0.920905	0.0360000	65	2.31689	0.0140002
26	0.937975	0.0400000	66	2.33049	0.0160000
27	0.955713	0.0390000	67	2.34441	0.0160000
28	0.973284	0.0430000	68	2.35833	0.0160000
29	0.988239	0.0415999	69	2.37185	0.0160000
30	1.00580	0.0416000	70	2.38495	0.0139999
31	1.02089	0.0375999	71	2.39841	0.0139999
32	1.03465	0.0320001	72	2.41181	0.0160000
33	1.53899	0.0380000	73	4.31462	2.13000
34	1.56985	0.0440000	74	8.56973	1.08000
35	1.60280	0.0420001	75	9.50980	1.03900
36	1.63570	0.0400000	76	10.2957	1.33900
37	1.66827	0.0380000	77	11.0124	1.56000
38	1.69908	0.0360000	78	11.6770	1.82000
39	1.72724	0.0340000	79	12.2956	1.76000
40	1.75566	0.0319999	80	20.0	

2. táblázat: Fő radiometriai paraméterek, A DAIS 7915 spektrális jellemzői (Forrás: Chang et al., 1993)

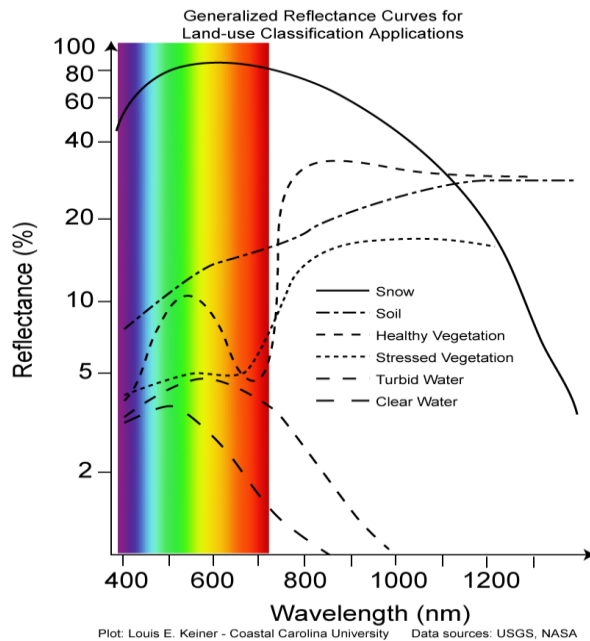
Hullámhossz tartomány, nm(1)	Csatornák(2)	Sáv-szélesség(3)	Detektor*(4)
400 - 1000	32	15-30 nm	Si
1500 - 1800	8	45 nm	InSb
2000 - 2500	32	20 nm	InSb
3000 - 5000	1	2.0 μm	InSb
8000 - 12600	6	0.9 μm	MCT

9.2. NÖVÉNYKULTÚRÁK ELKÜLÖNÍTÉSE SZÍNTÉRKÉPEZÉSSSEL



60. ábra. Colormap-pal behívott kép (Matlab)

9.3. A TÁVÉRZÉKELT ADATOK INFORMÁCIÓTARTALMA



61. ábra. Az elektromágneses energia terjedése

A teszterületen végzett felmérések eredményei:

A teszterület K-i oldala:

Az alábbi táblázatban láthatjuk a teszterületen végzett mintavételezés eredményét a terület keleti oldalán vett minták alapján (3. táblázat).

3. táblázat. A teszterület keleti oldalának gypösszetétele

Latin név	K	magasság (dm)	t %	T	kt
<i>Arrhenatherum elatius</i>	4	0,6	51,00%	0,306	1,224
<i>Dactylis glomerata</i>	4	0,5	9,00%	0,045	0,18
<i>Poa angustifolia</i>	4		2,30%	0	0
<i>Asperula cynanchia</i>	1	0,2	1,20%	0,0024	0,0024
<i>Solidago gigantea</i>	0	0,5	0,10%	0,0005	0
<i>Melandrium album</i>	1	0,4	0,80%	0,0032	0,0032
<i>Elymus repens</i>	1	0,6	1,70%	0,0102	0,0102
<i>Carex vulpina</i>	-1	0,3	1,10%	0,0033	-0,0033
<i>Conium maculatum</i>	-3	0,4	0,90%	0,0036	-0,0108
<i>Poa pratensis</i>	4	0,5	1,60%	0,008	0,032
<i>Urtica dioica</i>	1	0,3	0,60%	0,0018	0,0018
<i>Bromus inermis</i>	3	0,6	1,60%	0,0096	0,0288
<i>Cirsium arvense</i>	0	0,4	0,80%	0,0032	0

Carduus acanthoides	-3	0,7	0,10%	0,0007	-0,0021
Sherardia arvensis	0	0,4	0,20%	0,0008	0
			99,80%	0,5603	1,9522

A gyepek becsült átlagos magassága: $M=10 \times T / \sum b\% = 56,03$ cm

A gyepek termésének minősége: $K = \sum kt / T = 1,9522 / 0,5603 = 3,48$

Minőségét tekintve II. osztályú, jó minőségű gyepek.

A gyepek becsült termőképessége: $S_z = T \times B_t / E = 11,46$ q/kha

A gyepek becsült termőképessége hektárra vetítve: 9,8 t/ha

$B_t = 0,72q, 1,25q(\text{ha}), E = 3$

A teszterület NY-i oldala:

4. táblázat. A teszterület Ny-i oldalának gyeppösszetétele

Latin név	K	Magasság (dm)	%	T	kt
Alopecurus brachystachus	3	0,7	52,000%	0,364	1,092
Arrhenatherum elatius	4	0,6	31,230%	0,18738	0,74952
Asperula cynanchia	1	0,2	0,700%	0,0014	0,0014
Solidago gigantea	0	0,4	0,100%	0,0004	0
Melandrium album	1	0,3	6,400%	0,0192	0,0192
Elymus repens	1	0,5	1,400%	0,007	0,007
Dactylis glomerata	4	0,7	1,100%	0,0077	0,0308
Carex vulpina	-1	0,3	0,400%	0,0012	-0,0012
Conium maculatum	-3	0,3	0,500%	0,0015	-0,0045
Poa pratensis	4	0,6	2,100%	0,0126	0,0504
Urtica dioica	1	0,3	0,900%	0,0027	0,0027
Bromus inermis	3	0,5	1,700%	0,0085	0,0255
Convolvulus arvensis	1	0,2	0,200%	0,0004	0,0004
Cirsium arvense	0	0,4	0,009%	0,000036	0
			98,74%	0,614	1,9732

A gyepek becsült átlagos magassága: $M=10 \times T / \sum b\% = 62,18$ cm

A gyepek termésének minősége: $K = \sum kt / T = 1,97 / 0,614 = 3,21$

Minőségét tekintve II. osztályú, jó minőségű gyepek.

A gyepek becsült termőképessége: $S_z = T \times B_t / E = 10,05$ q/kha

A gyepek becsült termőképessége hektárra vetítve: 8,59 t/ha

A teszterület közepe:

5. táblázat. A teszterület közepének gyeppösszetétele

Latin név	K	Magasság (dm)	t %	T	kt
<i>Arrhenatherum elatius</i>	4	0,6	51,00%	0,206	0,824
<i>Dactylis glomerata</i>	4	0,6	9,00%	0,054	0,216
<i>Poa angustifolia</i>	4	0,4	2,35%	0,0094	0,0376
<i>Asperula cynanchia</i>	1	0,2	1,20%	0,0024	0,0024
<i>Solidago gigantea</i>	0	0,3	0,10%	0,0003	0
<i>Melandrium album</i>	1	0,5	0,80%	0,004	0,004
<i>Elymus repens</i>	1	0,4	1,70%	0,0068	0,0068
<i>Carex vulpina</i>	-1	0	0,00%	0	0
<i>Conium maculatum</i>	-3	0	0,00%	0	0
<i>Poa pratensis</i>	4	0,6	1,60%	0,0096	0,0384
<i>Urtica dioica</i>	1	0,4	0,60%	0,0024	0,0024
<i>Bromus inermis</i>	3	0,6	1,60%	0,0096	0,0288
<i>Cirsium arvense</i>	0	0,4	0,80%	0,0032	0
<i>Carduus acanthoides</i>	-3	0,7	0,10%	0,0007	-0,0021
<i>Sherardia arvensis</i>	0	0,4	0,20%	0,0008	0
			97,85%	0,4442	1,5633

A gyepek becsült átlagos magassága: $M=10 \times T / \sum b\% = 68,97$

A gyepek termésének minősége: $K = \sum kt / T = 1,56 / 0,44 = 3,54$

Minőségét tekintve II. osztályú, jó minőségű gyepek.

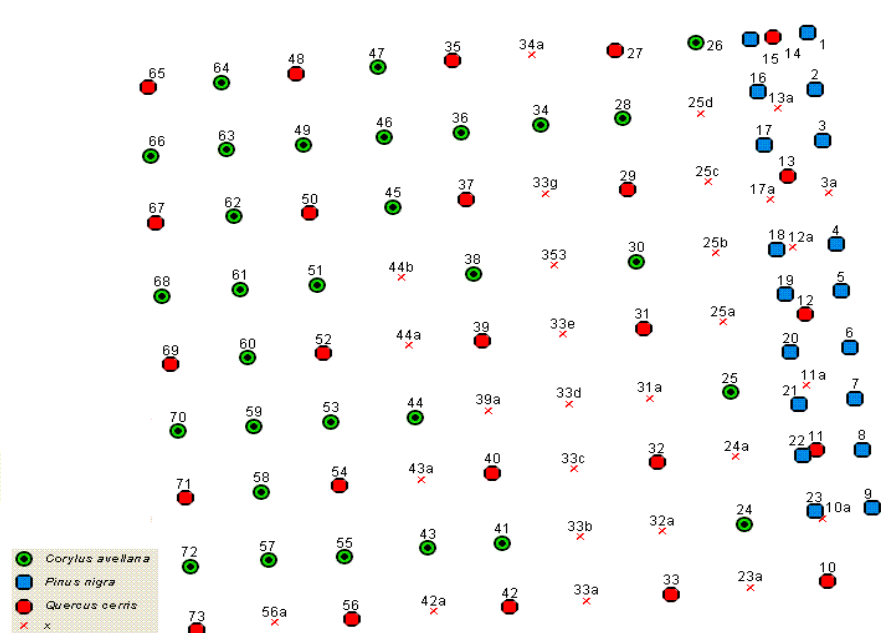
A gyepek becsült termőképessége: $S_z = T \cdot B_t / E = 11,29$ q/kha

A gyepek becsült termőképessége hektárra vetítve: 9,65 t/ha

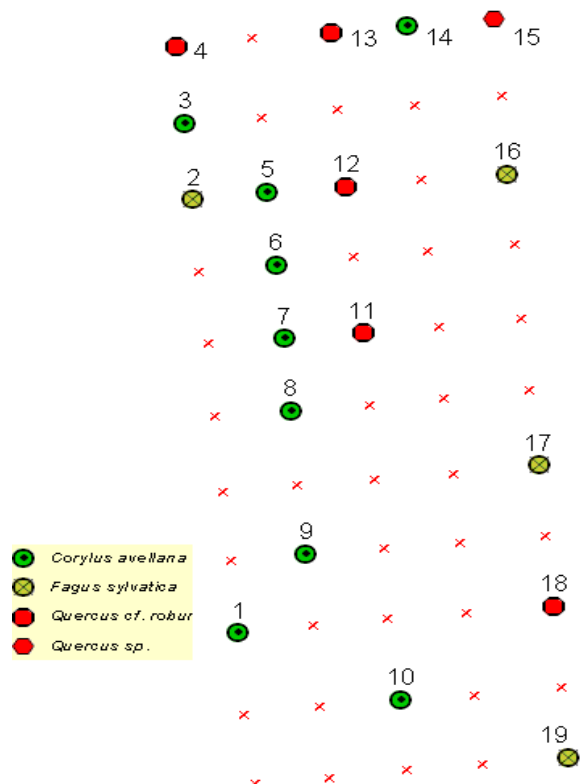
9.4. SZARVASGOMBA JELENLÉTÉNEK DETEKTÁLÁSA TÁVÉRZÉKELÉSEL



62. ábra: Keszthely, térkép részlet. Forrás: [http://vektor.georgikon.hu/website/topograf]



63a. ábra: I. terület. Forrás: Illyés Zoltán



63b. ábra: II. terület. Forrás: Illyés Zoltán



64. ábra: Bokrok alatti folt kivágása (I. és II. területen) (Saját forrás)



65. ábra. 80%-os mikorhizáltsági fokú magyoró csemete gyökérrészlete. Forrás: (<http://www.szarvasgombatermesztes.hu>)

6. táblázat Hisztogram értékek és elemzésük

Módszer:	1. ültetvény 26. bokor alatti folt				1. ültetvény 26. bokor alatti folt				Mik. vizsg. eredm. (%)
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	2336	6898	9234	74,7	1104	6288	7392	85,1	
minimum distance	1776	8016	9792	81,9	1855	6193	8048	77,0	
mahalanobis distance	2672	6992	9664	72,4	1568	6336	7904	80,2	
spectral angle mapper	1296	7952	9248	86,0	1742	5650	7392	76,4	
Átlag %:				78,7				79,7	81,1
	1. ültetvény 47. bokor alatti folt				1. ültetvény 47. bokor alatti folt				
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	896	9296	10192	91,2	1328	21264	22592	94,1	

minimum distance	2672	8480	11152	76,0	5583	18081	23664	76,4	
mahalanobis distance	2528	8592	11120	77,3	6654	16898	23552	71,7	
spectral angle mapper	2111	8321	10432	79,8	4143	18641	22784	81,8	
Átlag %:				81,1				81,0	86,4
	1. ültetvény 49. bokor alatti folt				1. ültetvény 49. bokor alatti folt				
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	6208	29008	35216	82,4	4447	37521	41968	89,4	
minimum distance	4304	32464	36768	88,3	5392	38944	44336	87,8	
mahalanobis distance	5632	30768	36400	84,5	3664	40480	44144	91,7	
spectral angle mapper	3423	31809	35232	90,3	3905	38271	42176	90,7	
Átlag %:				86,4				89,9	91,1
	1. ültetvény 53. bokor alatti folt				1. ültetvény 53. bokor alatti folt				
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	688	13168	13856	95,0	1520	16352	17872	91,5	
minimum distance	1951	12993	14944	86,9	3087	16097	19184	83,9	
mahalanobis distance	1824	12992	14816	87,7	3198	15874	19072	83,2	
spectral angle mapper	1215	12753	13968	91,3	2959	15249	18208	83,7	
Átlag %:				90,2				85,6	90,9
	1. ültetvény 57. bokor alatti folt				1. ültetvény 57. bokor alatti folt				
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	1008	19568	20576	95,1	528	41600	42128	98,7	
minimum distance	3360	18832	22192	84,9	5710	38466	44176	87,1	

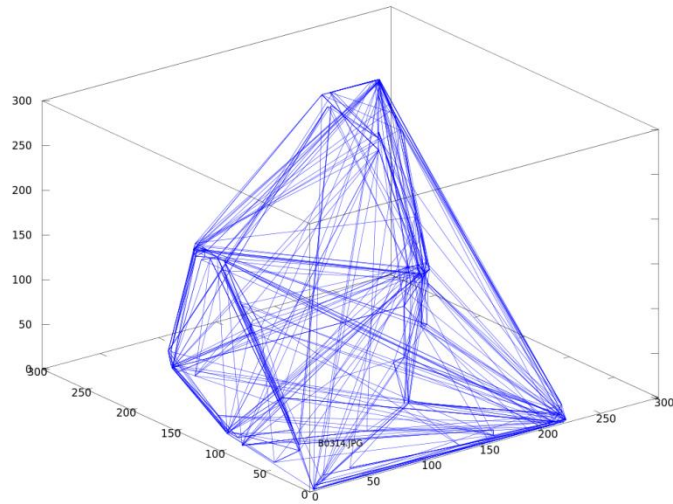
mahalanobis distance	3295	18737	22032	85,0	5982	37890	43872	86,4	
spectral angle mapper	2766	17954	20720	86,7	3470	38803	42273	91,8	
Átlag %:				87,9				91,0	92,6
	2. ültetvény 10. bokor alatti folt				2. ültetvény 10. bokor alatti folt				
	növény	folt	összesen	folt (%)	növény	folt	összesen	folt (%)	
parallelepiped	1248	11776	13024	90,4	1279	12065	13344	90,4	
minimum distance	3424	10544	13968	75,5	2910	11490	14400	79,8	
mahalanobis distance	4479	9409	13888	67,7	2191	12161	14352	84,7	
spectral angle mapper	1952	11248	13200	85,2	4174	9378	13552	69,2	
Átlag %:				79,7				81,0	82,9

9.5. PHYTOPHTHORA INFESTANS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	White Lady														
2															
3			1.nap_1			1.nap_2			1.nap_3			1.nap_4			
4			2005-06-01 11:05			2005-06-01 13:00			2005-06-01 15:00			2005-06-01 17:00			
5	Mintaszám	Mintatípus	Th	lr	RGB	Th	lr	RGB	Th	lr	RGB	Th	lr	RGB	
6	25	fertőzött	78	25	3841	151	97	3913	227	169	3985	299	257	4057	
7	26	fertőzött	79	26	3842	152	98	3914	228	170	3986	300	258	4058	
8	27	fertőzött	80	27	3843	153	99	3915	229	171	3987	302	259	4059	
9	28	fertőzött	81	28	3844	154	100	3916	230	172	3988	303	260	4060	
10	29	fertőzött	82	29	3845	155	101	3917	231	173	3989	304	261	4061	
11	30	fertőzött	83	30	3846	156	102	3918	232	174	3990	305	262	4062	
12	31	fertőzött	84	31	3847	157	103	3919	233	175	3991	306	263	4063	
13	32	fertőzött	85	32	3848	158	104	3920	234	176	3992	307	264	4064	
14	33	fertőzött	86	33	3849	159	105	3921	235	177	3993	308	265	4065	
15	34	fertőzött	87	34	3850	160	106	3922	236	178	3994	309	266	4066	
16	35	desztvíz	88	35	3851	161	107	3923	237	179	3995	310	267	4067	
17	36	desztvíz	89	36	3852	162	108	3924	238	180	3996	311	268	4068	
18	37	desztvíz	90	37	3853	163	109	3925	239	181	3997	312	269	4073	
19	38	desztvíz	91	38	3852	164	110	3926	240	182	3998	313	270	4074	
20	39	desztvíz	92	39	3855	165	111	3927	241	183	3999	314	271	4075	
21	40	desztvíz	93	40	3856	166	112	3928	242	184	4000	315	272	4076	
22	41	desztvíz	94	41	3857	167	113	3929	243	185	4001	316	273	4077	
23	42	desztvíz	95	42	3858	168	114	3930	244	186	4002	318	274	4078	
24	43	desztvíz	96	43	3859	169	115	3931	245	187	4003	319	275	4079	
25	44	desztvíz	97	44	3840	170	116	3932	246	188	195-4004	320	276	4080	
26	45	kontroll	98	45	3861	171	117	3933	247	189	4005	321	277	4069	
27	46	kontroll	99	46	3862	172	118	3934	248	190	4006	322	278	4070	
28	47	kontroll	100	47	3863	173	119	3935	249	191	4007	323	279	4071	
29	48	kontroll	101	48	3864	174	120	3936	251	192	4008	324	280	4072	
30															

66. ábra. Felvételezési eredmények excel táblában (részlet) (Saját forrás)

9.6. ELOSZLÁSSAL SÚLYOZOTT SFD VIZSGÁLAT



67. ábra. Egy képponthalmaz konvex burka (Saját forrás)