



## DRÓNNAI VÉGZETT MEZŐGAZDASÁGI TERÜLETMÉRÉS SZÍNSZÜRÉS ÉS FUZZY LOGIKA SEGÍTSÉGÉVEL

TESCHNER GERGELY – NYÉKI ANIKÓ – GOMBKÖTŐ NÓRA  
Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás során pilóta nélküli légi jármű (UAV) (a köznyelvben elterjedt néven drón) és IP (egyedi hálózati azonosítóval rendelkező) kamera felhasználásával egy – az AForge keretrendszeren alapuló – elemző szoftvert alakítottunk ki, amely a látható fénytartományon belül készített légi felvételek on-line elemzésére alkalmas. A szoftver egy adott terület mérését több színszűrési eljárás felhasználásával végzi el.

Az elkészült alkalmazás a növénytermesztés agrotechnológiai műveletekből fakadó hibák, egyes vadkárok továbbá természeti károk területének mérésére alkalmazható.

A szoftver validálását követően megállapítható, hogy a program 99%-ban képes meghatározni egy adott színnel fedett terület nagyságát. A használat során a mérések pontosságát azonban számos tényező csökkentette, így a gyakorlatban 93%-os pontosságot sikerült elérni. Ennek egyik oka, hogy a kísérletben kisteljesítményű drónt és alacsony felbontású kamerát használtunk. A használat során technikai problémánk volt, mivel nem állt rendelkezésre a drónoknál használatos kamerák stabilizálására alkalmazott gimbal. Ezért vibráció jelentkezett, amely káros hatással volt a felvételek minőségére. Ezen kívül a pontosság csökkenéséhez különböző külső természeti körülmények (szél, fényviszonyok) is hozzájárultak. Véleményünk szerint az eljárás pontosabb mérések elvégzésére is alkalmas lehet, elérve ez által a mezőgazdaságban elvárt 95%-os követelményt.

A módszer jelentősége abban áll, hogy elsősorban a kisebb területű munkáknál alkalmazható, ahol költséghatékonyabb az – általunk – elkészített szoftver használata, mint a piacon megvásárolható megoldások.

**Kulcsszavak:** pilóta nélküli légitánc, IP kamera, színelismerés, szántóföldi növények, Fuzzy C-means

## BEVEZETÉS

A precíziós gazdálkodás szemszögéből vizsgált különböző technológiai megoldások rohamos fejlődésével együtt bővül azon szolgáltatások köre, amelyek eddig sebességük, bonyolultságuk vagy áruk miatt nem voltak elérhetőek. A jövőben a katonai célokra tervezett és fejlesztett rendszerek (pl. repülőgépes felderítés, adatgyűjtés, stb.) a polgári és ipari felhasználók számára egyre szélesebb körben lesznek elérhetőek, jelentős hozadékot biztosítva ezzel többek között a mezőgazdaság számára is. Precíziós növénytermesztés esetén a termőterület nagysága, a termesztés intenzitása és hatékonysága alapvetően befolyásolja a termelési költségeket és a gazdasági hatékonyságot. A technikai eszközök tömeggyártásának elterjedésével a mérőeszközök, műszerek, illetve gépek árának csökkenése várható, ami hozzájárul a minőséget és környezetállapotot is szem előtt tartó gazdálkodási mód elterjedéséhez.

A pilóta nélküli járművek (Unmanned aerial vehicles - UAVs) megjelenésének következtében a téradatgyűjtés módjai széles körben elterjedtek. Jelenleg ez a módszer a hagyományos repülőgépekkel szemben sem repülési magasságban, sem a levegőben töltött időben, sem a felmérhető területek nagyságában nem versenyképes. Ennek ellenére több olyan feladat megoldására kínál lehetőséget, amit eddig hagyományosan nem fotogrammetriai úton, hanem földi felméréssel végeztek el.

A pilóta nélküli légitáncok a mezőgazdasági terület feletti repülés során számos adatot képesek gyűjteni. Az összegyűjtött adatok típusa nagymértékben függ az UAV eszközre szerelt műszerektől, érzékelőktől, kameráktól. Az elmúlt 10 év során számtalan eszköz képezte mind a tudományos kísérletek, mind a gyakorlatba bevezetett és használt technológiák alapját, a hétköznapi fényképezőgépektől egészen a hő, illetve infravörös kamerákig.

Az adatgyűjtés és kiértékelés után a gazdálkodó vagy a tanácsadó számára döntést támogató információ áll rendelkezésre, a megfelelő beavatkozás és problémamegoldás érdekében.

A kutatás során olyan eszköz elkészítését tűztük ki célul, amely mind az informatika, mind pedig a mezőgazdaság szakemberei számára hasznosítható és továbbgondolható, fejleszthető.

## **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

A pilóta nélküli járművek, más néven drónok olyan repülőgépek, amelyek egy földről “pilóták” által vezérelt vagy ritkábban önállóan, előre programozott módon képesek repülni. A drónoknak számos típusa létezik: merev és forgószárnyas kialakítású.

A pilóta nélküli járművek a berepült területről, erdőkről, mezőkről teljes felületi fedettséggel, raszteres, nagyszámú adatot tudnak gyűjteni. A gyűjtött adatok típusa a drónra szerelt érzékelőktől, kameráktól függ. A drónok mezőgazdasági hasznosítása egyre elterjedtebb. A rendszerek segítik a gazdálkodókat olyan szituációk és problémák felismerésében valamint kezelésében, amelyeket korábban nem, vagy nem ilyen sebességgel lehetett megoldani.

A pilóta nélküli repülőgépek a jövő távérzékelő eszközei, amelyek nagy térbeli lefedettség mellett legalább 4096×3072 pixelnyi adatot tudnak szolgáltatni. Az UAV-k képesek a látható tartományban, multispektrális és hő tartományban képeket rögzíteni a precíziós mezőgazdaság számára. A hagyományos adatgyűjtési rendszerek a növényi vegetáció során bekövetkező csekély, de fontos változások megfigyelésére nem alkalmasak.

A drónok fejlesztése során nagyfelbontású képek (4K) készítésére, légi térképkészítésre, valamint domborzat térképészetre nyílt lehetőség. Ezenkívül infravörös kamerák segítségével talajnedvesség vizsgálatok és öntözési hatékonyság mérések is elérhetővé váltak (*Whitehead és Hugenoltz 2014*). A drónok alacsony magasságban (50-500 m), nagyfelbontású (4K) képeket készítenek, elérhető akár az 1 cm/ pixeles felbontás is. A műholdakkal szemben a drónok alkalmazása mellett szól az a tény is, hogy a vegetációs időszak kritikus szakaszaiban a növényi változásokra rendkívül gyorsan lehet reagálni, és a vizsgált területről átlagosan 2-5 cm / pixel felbontású adatok gyűjthetők.

A gazdálkodó a pilóta nélküli rendszerek alacsony magasságban történő repülésével, alacsony üzemeltetési költségek mellett megbízható adatokhoz juthat, és ezen eszközök használata a tervezés és megfigyelés folyamatait is segíti (*Kovacs és Zhang 2012*).

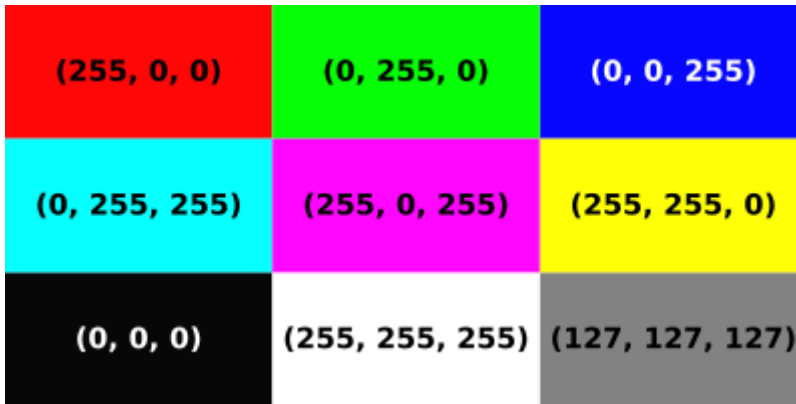
Az UAV rendszerek jelentősen hozzájárulnak a növényvédelmi technológia forradalmához a mezőgazdaságban. Mikrokontrollerekkel, érzékelőkkel, NIR és multispektrális kamerával, GPS-szel felszerelt eszközök támogatják a gazdálkodót a hatékony növényvédőszer felhasználásban, figyelembe véve a talaj és növény tulajdonságait, típusait. UAV eszközökkel a függőleges mozgásnak köszönhetően a nehezen megközelíthető helyszíneket is be tudják repülni (*Anderson 2012*).

A mezőgazdasági hasznosítás legkorábbi közleményei szerint a kísérletek *Tomlins, Lee (1983) és Manore (1984)* nevéhez fűződnek. Kezdetben hobbi minőségű modelleket használtak, később, az 1980-as években egyedi tervezésű és kivitelezésű drónokkal kísérleteztek. *Tomlins és Manore (1984)* Úttörő kutatásaik által Tomlins több mint 46 környezetvédelmi alkalmazási területet azonosított, ahol a kisebb drónok hasznosak lehetnek (*Hardin és Hardin 2010*).

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

Kutatásunk során a Parrot AR Drone 2.0 Power Edition drónt használtuk, amely egy hobbi célra kialakított UAV eszköz, és amelyhez fejlesztők számára készült fejlesztőkészlet (SDK) áll rendelkezésre.

Wifi hálózatot a Vodafone R206 Z típusú MIFI biztosította, IP kameraként egy Android telefont használtunk, amely 5 MP-es felbontású kamerával rendelkezik. Felhasználtuk az Android telefonon Pavel Khlebovich által fejlesztett IP Webcam alkalmazást, amely fix ip címen és porton (8080) keresztül megosztani a videó jelet MPEG 4 kódolással. A látható tartomány nagy része a három alapszínnel előállítható. Az RGB skálán egy színt az határoz meg, hogy milyen intenzitású a három komponense. Ezen koncepció szerint rajzolható egy háromdimenziós modell, ahol a 3 tengely sorra a 3 alapszínt adja meg, 8 bit esetében 0 és valamilyen maximális érték (általánosságban 1 vagy a 255) között. Ha mindhárom 0, akkor az eredő szín fekete lesz, ha 1 (vagy a maximum), akkor fehér (*Bakó 2006*).



Forrás: URL<sup>1</sup>

*1.ábra:* RGB skála

*Figure 1:* RGB scale

Ahhoz, hogy az alkalmazás a videójelet fogadni, értelmezni és elemezni tudja, a projekthez a felhasználandó AForge (2.2.5) könyvtár szükséges referenciáit kellett hozzáadni. Felhasznált referenciák: AForge.dll, AForge.Imaging.dll, AForge.Video.DirectShow.dll, AForge.Video.dll. Ezek a képfeldolgozó rutinokat, szűrési eljárásokat illetve a mozgókép feldolgozáshoz szükséges megoldásokat tartalmazzák.

A szoftverfejlesztés folyamata a vízesés modell fázisai szerint haladt. Ennek első lépése a követelmények elemzése és meghatározása, azaz az alkalmazás, a szoftver szolgáltatásainak, céljainak a megállapítása és dokumentálása. Ezt követően kidolgozásra kerülnek az egyes tételek, ami a szoftver specifikációját képezi. Második lépésként a rendszertervezés és szoftvertervezés történik. A rendszer tervezési folyamat során kialakul egy általános rendszerarchitektúra. A szoftver tervezése magában foglalja az egyes funkciókat és azok kapcsolódási pontjait. Ezt követi az implementáció és az egységek tesztelése, amikor létrejönnek az egyes programegységek halmazai. Ebben a fázisban az egyes egységek tesztelése történik, valamint annak megállapítása, hogy teljesíti-e a specifikációban megkövetelt szintet. A szoftverfejlesztés folyamata az egyes különálló programegységek integrálásával és a teljes rendszer tesztelésével zárul. Ezt követően a kész teljes rendszer a felhasználóhoz kerülhet (Sziray 2009).

Az implementáció elkészítése a Microsoft Visual Studio 2010 fejlesztőrendszeren történt Microsoft Visual C# programozási nyelven. A használt keretrendszer a .Net

Framework 3.5. A képek feldolgozására a System.Drawing, valamint a System.Drawing.Imaging névterek állnak rendelkezésre. A felhasznált képfeldolgozási eszközök, szűrők, videó stream megoldásokat az AForge.Net 2.2-es verziójú nyílt forráskódú C# keretrendszer biztosította.

A tesztelés folyamatosan, minden kiemelt lépés után megtörtént. Az implementált szűrési eljárásokat előre elkészített és deklarált RGB kódú képekkel ellenőriztük, a bementi adatok helyességének, valamint a szűrési eljárás pontosságának vizsgálata céljából. A szükséges változtatások, visszacsatolások formájában módosításra kerültek. A teszteléshez, valamint a kamerával korábban rögzített képek elemzéséhez a felhasználó felületen egy gombot helyeztünk el, mellyel a Windows file megnyitás dialógusa nyílik meg, ahonnan kiválasztható a program által támogatott formátumoknak megfelelő kép file. A megnyitást követően a kiválasztott kép betöltődik a felület meghatározott ImageBox-jába, majd ezt követően végezhető a tesztelés, illetve elemzés. A Wireless Extender használatakor szükség volt továbbá autó akkumulátorra, illetve inverterre a működéshez. Ennek használatától azonban a későbbiekben eltekinttünk, mivel alkalmazásakor a felhasznált vezeték nélküli hálózatok között zavar lépett fel és a drón indításával megegyező pillanatban a videójel megszakadt.

A kutatás végső célja egy olyan alkalmazás elkészítése, amely a kiskereskedelmi forgalomban elérhető eszközökkel képes adaptálni a közlekedés, ipar, orvostudomány gyakorlatában vagy kutatásban használt képszűrési eljárásokat a mezőgazdaságban, ezen belül a kárfelmérésben és elemzésben.

A szoftverspecifikáció során, a követelménytervezés fázisában fő célunk az volt, hogy az adott rendszer működését részletesen megértsük és definiáljuk. Ebben a fázisban foglalmaztuk meg a rendszerrel szemben támasztott követelményeket, azaz, hogy milyen szolgáltatásokat várunk el a rendszertől (pl. pontosság, fejleszthetőség, bővíthetőség, bizalmasság, stb.). A rendszer működtetésének és fejlesztésének korlátait szintén ebben a munkafázisban azonosítottuk. Ezt követően a rendszertervezés és szoftvertervezés szakaszában a megvalósítandó objektumorientált rendszer megjelenítésére UML-diagramokat használtunk. Ezek statikus (osztálydiagram, csomagdiagram, telepítési diagram, komponens diagram) és dinamikus (Use Case diagram, aktivitási diagram, interakciós diagram, állapotdiagram) képeket adhatnak.

A főbb funkciókat Use Case diagramok segítségével terveztük meg. A követelményekben megfogalmazottak szerint törekedtünk arra, hogy az egyes

szolgáltatások elkülönülten, de mégis logikailag egymást követve épüljenek be a rendszerbe. Ebből következik, hogy a Use Case diagramon megtervezett használati esetek a felhasználói felületen egy-egy „fül”-nek felelnek meg. Így az elkészült diagram a megtervezett rendszertől elvárt funkciókat már vizuálisan, könnyen áttekinthető módon mutatja meg.

A Use Case diagram az alkalmazás dinamikáját, időben lezajló változását aktív oldalról, a végrehajtandó tevékenységek sorrendiségének meghatározásával ábrázolja, eszközeinek segítségével a különböző folyamatok vezérlései kiválóan modellezhetőek.

Minden esetben, amikor valamilyen folyamatot szeretnénk modellezni, aktivitás-diagramot használunk. Az aktivitás a modellezett folyamat egy olyan lépését, állapotát jelenti, amikor valamilyen tevékenységet végre kell hajtani. A tevékenység a diagram részletezettségi szintjétől függően további altevékenységekre bontható, amelyeket adott esetben egy újabb aktivitás-diagramon modellezhetünk. Az aktivitás – diagramon az aktivitásokat úgynevezett átmenetekkel kapcsoljuk össze. Az átmenet azt fejezi ki, hogy egy aktivitás végrehajtása befejeződött és kezdődhet a következő tevékenység végrehajtása, tehát az aktivitások között egy időbeli sorrendet határozzunk meg (*Sike és Varga, 2003*).

Az aktivitás diagram segítségével szolgál az implementáció előtt, mivel a fejlesztő számára az egyes elágazási pontokat, az osztályok struktúráját és működését, a szükséges változókat is előrevetítik. Továbbá elkészítése során a fejlesztő át tudja gondolni a rendszer működését.

Következőkben az osztály diagramot készítettük el, melynek alapja az osztály. Az osztály az objektum orientált programozás alapja, a valós világ fogalmainak magas szintű absztrakciója, amely lehetővé teszi az adatmodell és a funkcionális modell együttes kezelését. Az absztrakció során felmerülő adatokat attribútumokkal, a különböző viselkedéseket pedig metódusokkal modellezzük (*Störrele 2007*).

A rendszertervezés és szoftvertervezés fázisát az implementálás és az egységek tesztelése követi. Az itt keletkező képfolyam a felhasználó részére az Aforge keretrendszer VideoSourcePlayer kontrollján keresztül érhető el, melyről - a Drón megfelelő pozicionálása után – pillanatképet készíthet, ami átkerül egy ImageBox-ba további feldolgozásra. A kontroll továbbá információt szolgáltat a felhasználó felé a képfrissítés gyakoriságáról (FPS).

A fejlesztés utolsó fázisa az integrálás, valamint a rendszertesztelés. A teszteléshez használt kamera segítségével eltérő távolságokból méréseket végeztünk, 40x40 cm-es, illetve 75,8x35 cm-es egyszínű felület segítségével. Ezt követően megmértük az említett nagyságú alakzatok által pixelben mért lefedett terület nagyságát. A méréseket 0,5 métertől 20 méterig, 0,5 méterenként végeztük. A hagyományos (kézi) adatgyűjtésre azért volt szükség, hogy az adatok a későbbiekben – elemzéshez – alkalmazott program kalibrálásához rendelkezésre álljanak.

Microsoft Excel táblázatban kerültek kiértékelésre a statisztikai adatok.

## **EREDMÉNYEK**

A természetben a növényvel borított és borítatlan felületek határa nem különíthető el élesen. Az átmenet a két fő típus között kisebb nagyobb átfedéseket mutat. Az egyes vadkár, vízkár pontosabb megállapítása érdekében a feldolgozandó képet klaszterezni kell. A klaszterezési eljárás lényege, hogy egymástól elválasztható részhalmazokat hoz létre, amely részhalmazokon belül az ott tartózkodó elemek bizonyos mértékben hasonlítanak egymáshoz. Mindez egy adathalmaz kisebb részhalmazokra történő felosztását, partíciónálását jelenti. Korábban, a fuzzy logika megjelenése előtt minden egyes elem csak egy részhalmazban helyezkedhetett el. A fuzzy logika alkalmazása során elérhetővé vált, hogy egy elem nem csak egy, hanem – valamilyen mértékben – több osztályhoz, részhalmazhoz is tartozhat. Vizsgálatunkhoz a fuzzy rendszereknél használt c-mean klaszterezési módszert választottuk. Az FCM egy iteráló eljárás, melynek során egy költségfüggvény minimumát keressük. Megállítása akkor történik, amikor a költségfüggvény változása egy iteráció során egy meghatározott érték alá csökken.

A költségfüggvény minimumát egy iteratív algoritmus szerint határozzuk meg, melynek lépéseit a költségfüggvény parciális deriváltjainak zérus átmeneteiből kapjuk meg.

Az elemek klaszter középpontoktól való távolsága fejezi ki a hasonlóságot, illetve a különbözőséget az elem és az egyes klaszter középpontok között. Minél távolabb van a térben (jelen esetben a képen egy szín) egy elem a klaszter középponttól, annál kevésbé hasonlít rá.



Az FCM klaszterezés egy optimalizációs iterációja két fázisból tevődik össze. Az első fázisban minden egyes képpontnak az egyes klaszterhez mért hozzátartozottsága, a második fázisban a klaszterek új prototípusai kerülnek kiszámolásra. Ezek után elmondható az is, hogy a kezdetben meghatározott színek is igazodni fognak a képen található többi színhez. Elmondható, hogy egy adott, előre meghatározott szín, mint a igazodik a hozzátartozó mintákhoz, azaz maga a klaszter középpontja változik ilyenkor. Így amikor egy újabb iteráció jön, a hozzátartozási mátrixban az értékek is az adott klaszternek megfelelően fognak változni. Az FCM algoritmus alkalmazásakor a legtöbb bemeneti adat minden osztályra nézve nullánál nagyobb fuzzy tagsági függvény értéket kap. Ennek eredményeképpen minden osztály prototípusát némileg befolyásolják az oda kevésbé tartozó adatok is (*Fuzzy C-means klaszterezés*). Az alkalmazott klaszterező eljárásnak van korlátja. Akkor működik helyesen, ha a kapott osztályok mérete és alakja hozzávetőlegesen hasonló.

A 2. ábra baloldali képén látható felvétel vízkárt, míg a jobb oldali a klaszterezés utáni állapotot mutatja be. A példában két darab klaszter középpont került alkalmazásra.

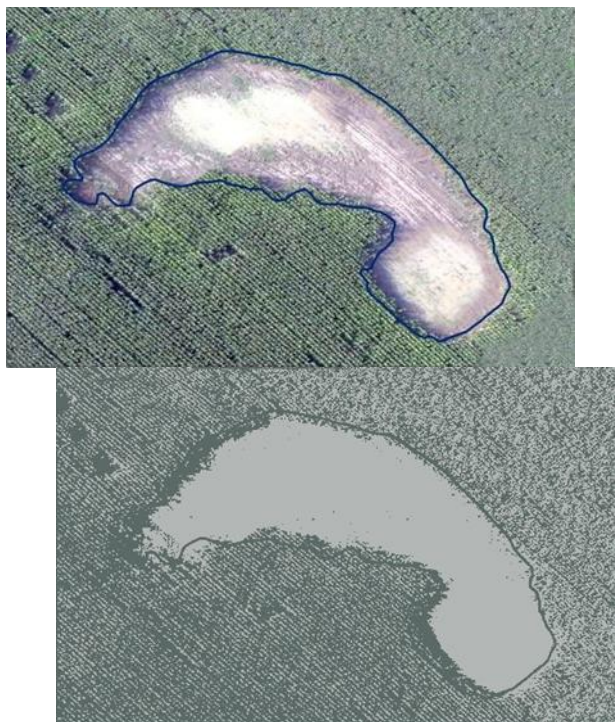
A kapott kép további problémákat vet fel. Látható, hogy a vízkárral érintett terület és a vetési sorközök hasonló színkóddal rendelkeznek. Ennek a problémának a kiküszöbölését a későbbiekben tárgyaljuk.

Ezt a fázist az egyes szűrési eljárások programozása követte, amely RGBColorFiltering, EuclideanColorFiltering metódusok felhasználásával történt.

A szűrő egy RGB színkód által meghatározott szín és az ezt körülvevő - beállított - tartományban lévő színtől eltérő színeket egy meghatározott színre cserél.

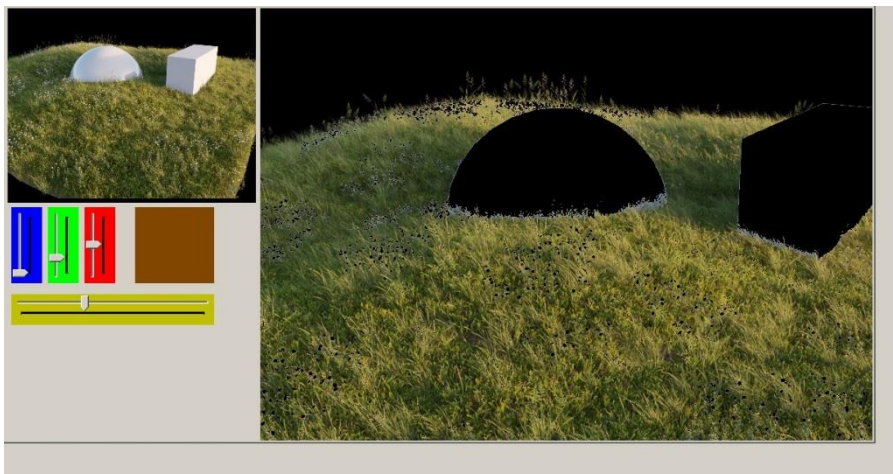
A képfeldolgozó szűrő egy RGB színkód külső és belső határait fogadja, működése ettől a három szín tartománytól eltérő színeket egy meghatározott színre cserél. A későbbiekben a value1...value 4 értékek beállítása és ezek átadása a felhasználói felületen történt kialakításra.

Az 2. ábrán az RGB szűrés látható egy teszt fotó szűrése közben.



2. ábra: Fuzzy C-means klaszterezési eljárás bemutatása

Figure 2: Presentation of a Fuzzy C-means clustering process



Forrás: Saját felvétel

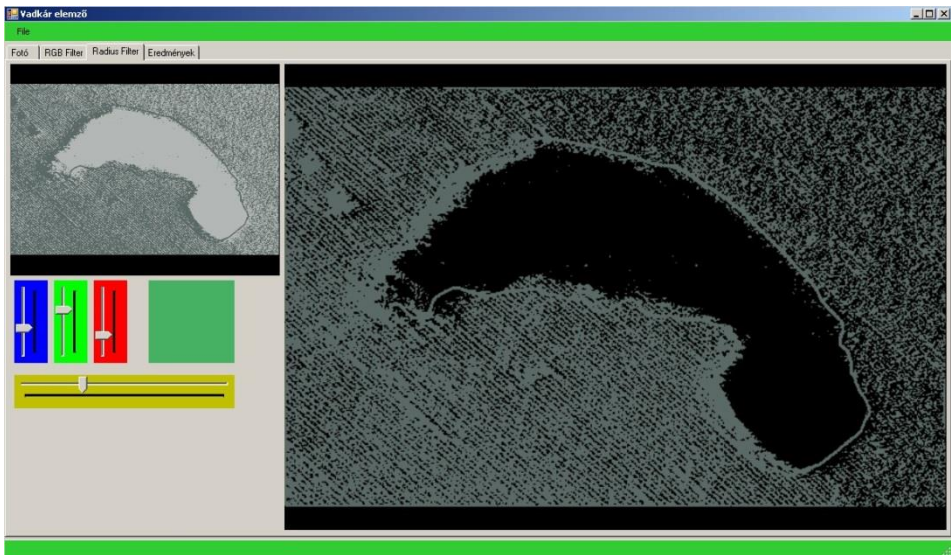
3. ábra: RGB szűrés tesztelése

Figure 3: RGB filtering test

A 3. ábrán jól megfigyelhető az EuclideanColor Filter működése, vagyis a tartományon kívül eső színek feketére, (0,0,0) RGB kódra való cseréje. Ez az adottság tette lehetővé a későbbiekben a terület mérését a pixelek megszámlálása révén.

A szűrő algoritmusok tesztelését a felhasználói felületen keresztül is elvégeztük. Ehhez megadott tulajdonságú képeket készítettünk, melyek a kép meghatározott pozíciójában, deklarált nagyságban eltérő színű területeket tartalmazott. Ezen eltérő színű területek szűrését végeztük. Az általunk szerkesztett kép kezdetben a fekete és fehér színek kombinációját, későbbiekben piros, kék, zöld, sárga, fekete és fehér színeket tartalmazott. Az implementált szűrési eljárások teszteléséhez egységesen 700 x 525 pixeles képeket használtunk. Az egyes tesztképeket a szoftver mintakép gombjával be tudtuk tölteni, és a vizsgálatot le tudtuk futtatni. Minden esetet sorszámoztunk (T101, T102, stb).

A programban a fekete színnel rendelkező pixelek számolását futtattuk le.



4. ábra: Klaszterezés és az EuclideanColorFiltering eljárás utáni állapot

Figure 4: Clustering and post-EuclideanColorFiltering procedure

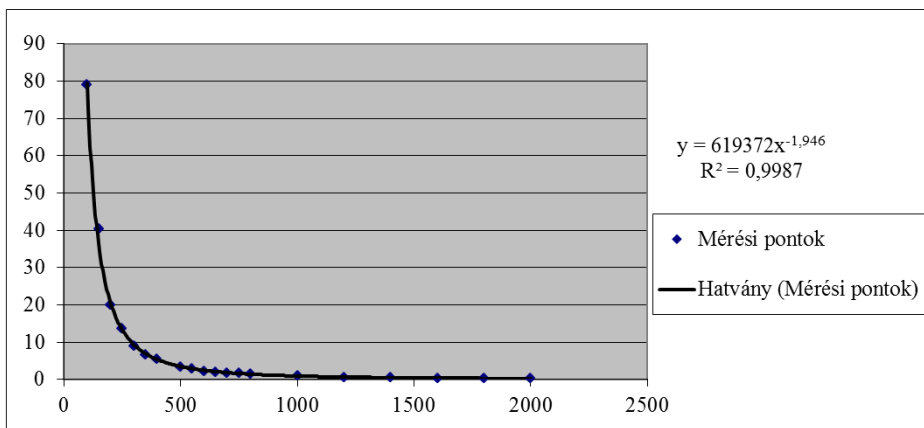
A 4. ábrán látható állapot problémája, hogy a fekete színkóddal rendelkező pixelek megszámlálása és területre való konvertálása az egész képen vagy a felhasználó által kijelölt téglalapon belül lefut.

A problémát az algoritmus módosításával oldottuk meg, egy egyszerű szűrési algoritmus beiktatásával, ami számolás során nem minden fekete pixelt vesz számításba, csupán azt, ami bizonyos feltételnek megfelel.

Ha egy adott, vizsgált képkocka fekete, és az ezt körülvevő pixelek közül további öt darab szintén fekete, akkor feketének tekinti a vizsgált képkockát. Az alkalmazott eljárásnál a használt 5-ös küszöbértéket tesztelesek tapasztalatai alapján állítottuk be.

A referencia mérések során a mintavételezést kezdetben egy 3,5 Mpx-es kamerával is elvégeztük 0,2 és 10 méter között, 20 centiméterenként. Az eredmény hasonló volt, ugyancsak hatvány trendfüggvény illeszkedett a legjobb mértékben, 0,98-as  $R^2$  értékkel. A 10 métert meghaladó távolságnál azonban a pontosság nagymértékben csökkent. Rendelkezésre állt egy 5 Mpx-es kamera, mellyel 20 méterig megfelelő eredményt kaptunk, a fejlesztés későbbi szakaszában már ezt a kamerát alkalmaztuk. A kézi mintavételezés adatait Excel táblában értékeltük ki, eltérő trendfüggvényeket illesztettünk a mérési pontokra, figyelve a függvények illeszkedését.

A trendfüggvény pontos meghatározása fontos volt az alkalmazás szempontjából, mivel egy adott szintartománynak megfelelő terület méretét ez alapján képes kiszámolni, és a döntéshozó számára releváns és pontos információt nyújtani. A kézi mintavételezés során nyert nyers adatok a 4. ábrán láthatók.



Forrás: Saját szerkesztés

5. ábra: Kézi mintavételezés eredménye

Figure 5: Manual sampling result

A kapott értékekre legjobban a hatvány trend illeszkedett, melynek  $R^2$  értéke 0,9987 volt. Az így kapott trendfüggvény a következő:

$$y = 619372 \cdot x^{-1,9663}$$

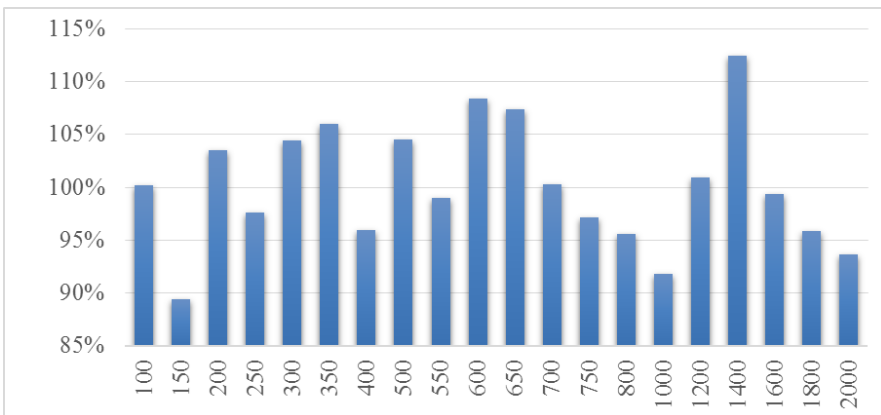
$y = 1 \text{ cm}^2$  által lefedett terület pixelszáma.

$x =$  magasság cm-ben.

Az így kapott eredmény alapjául szolgál a működési logika programozásának, és a későbbiekben a tesztelésének.

A trendfüggvény alkalmazhatóságát teszteltük, amely során az előzetesen elvárt eredményeket kaptuk.

A forráskódban a működési, számítási paramétereket ezek alapján tudtuk programozni. Az alkalmazott trendfüggvény nem vezet 100%-os pontossághoz, de ahhoz közelít. Az ezzel kapcsolatos mérések az 6. ábrán láthatók.



Forrás: Saját szerkesztés

6. ábra: A kézi és szoftveres mérések közötti érték eltérések

Figure 6: Difference values between the manual and software measurements

A szoftver által mért terület a valóságtól átlagosan 0,17 %-al tért el, 0,058 szórással. A fenti tények figyelembevételével a függvényt alkalmasnak ítéltük meg a használathoz.

Miután az alkalmazás a bejövő adatokat már képes volt értelmezni, és ebből a felhasználó számára értelmezhető információt közölni, az egyes kivételeket is kezelni kellett. Ezen kivételek nagy részben a program nem rendeltetésszerű használatából adódnak.

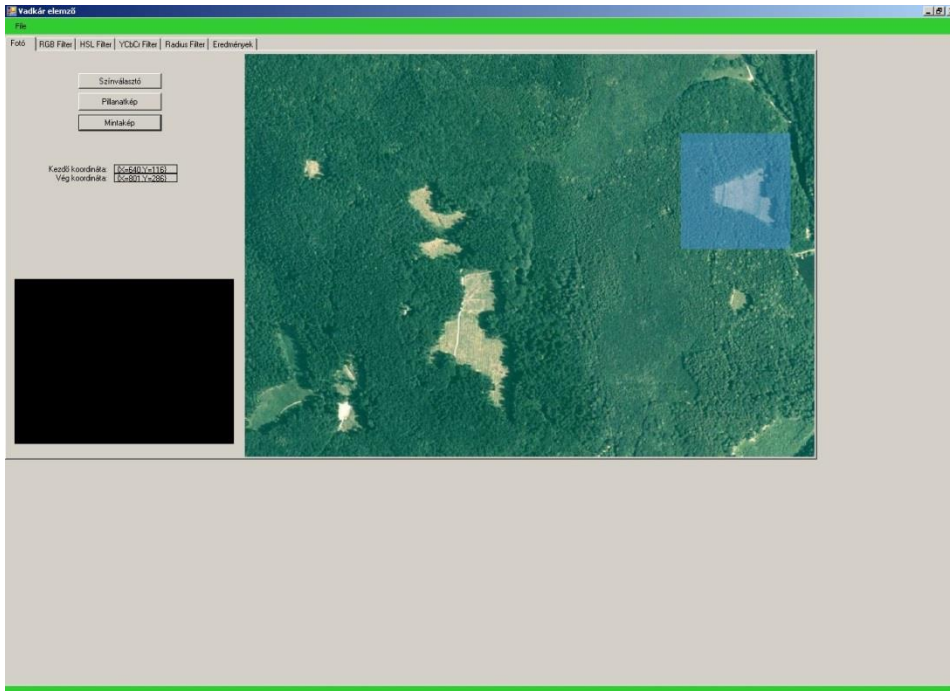
A hibakezelés minden felhasználói föltre, gombra, csúszkára elkészült. Ezután a helyes működés megvalósítását tesztelésen keresztül ellenőriztük. Mindemellett a felhasználó információt kap arról, ha a videó stream hibába futott.

Az alkalmazás funkcionális tesztelése arra helyezi a hangsúlyt, hogy a szoftver az előzetesen meghatározott specifikációnak, tervdokumentumnak, használhatóságnak és követelményeknek megfeleljen. Black box típusú tesztelés, azaz a program forráskódját és annak működését a tesztelőnek nem kell ismernie – ellentétben a white box típusú teszteléssel.

Pozitív és negatív teszteseteket is tartalmaz, ily módon fokozva a defektek felderítésének hatékonyságát (például magasság gyanánt adjunk meg betűt vagy szöveget, ebben az esetben a számolásra elvárás lesz a hiba, vagy hibaüzenet).

A funkcionális tesztelést egy teszt terv (test plan) elkészítése előzte meg, amely a tesztelőt az egyes lépéseken végigvezeti. A funkcionális teszt összesen 34 tesztesetet tartalmaz. Az eredményeket táblázatkezelőben összegeztük. Kezdetben a funkcionális teszten a hibák száma 18 darab volt, melyek javítását elvégeztük. A funkcionális tesztet mindaddig újraindítottuk, amíg a hibák kizárásra kerültek.

A kezdeti tesztek és repülések kimutatták, hogy a 20-25 méter magasságban készített felvételek szűrése és elemzése - a referenciamérések eredményeit alapul véve - nem vezetett korrekt, használható eredményre. Ennek az oka az volt, hogy a bekötő vagy művelőutak több esetben is a kép részét alkották, és az eredményeket torzították. Ezért a felhasználónak meg kellett adni, hogy a vizsgálat az általa kiválasztott területen belül készüljön.



Forrás: Saját felvétel

7. ábra: Mező kijelölése

Figure 7: Selecting a Field

A 7. ábrán a kijelölés tesztelése látszódik egy erdőről készült légifelvételen. Így az elemzés és terület meghatározása külön a kijelölt területre is kiértékelődik.



Forrás: Saját felvétel

8. ábra: Szűrés és színcsere

Figure 8: Filtering and Colour Changing

A 8. ábrán látható funkciót két metódus látja el, mellyel a felhasználó egy tetszőleges nagyságú téglalap alakú területet tud kijelölni, majd a vizsgálat az ezeken belül eső pixeltartományban végzi a számítást.

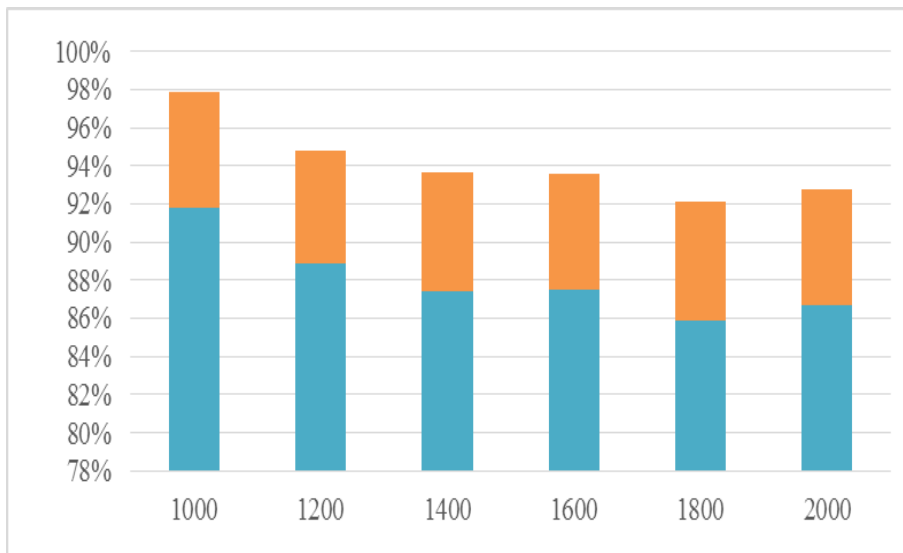
A használat során az alkalmazással szemben megfogalmazott további követelmény, hogy az eredmények tárolása a számítógépen történjen. A tárolandó információk a felvétel készítésének időpontja, parcella azonosító, amely felett a repülés történt, a felvétel készítésének magasságadata, az eljárásonkénti szűrési adatok, valamint megjegyzés.

A fenti adatok tárolására az XML-ben való tárolást választottuk, mivel a követelményekben foglaltaknak eleget tesz.

A valós környezetben a használat során több probléma került felszínre. A hatótávolság a felhasznált eszközökkel 23-25 méter repülési magasság volt, amely a drón alacsony teljesítményéből adódott. Kamera nélkül 30 méter feletti magasságot sikerült elérni.



Ezenkívül nagyjából 20 km/h feletti szél esetében túl nagy volt a vibráció, amely a pillanatfelvétel készítését megnehezítette, az elkészült kép nem volt éles.



Forrás: Saját szerkesztés

9. ábra: Eredeti mérettől való eltérése 10 és 20 méter között

Figure 9: Differences from original size between 10 and 20 meters

A fuzzy klaszterezés nélkül átlagosan 89%-os pontosságot sikerült elérni. Ezt a 9. ábrán a késsel jelölt terület jelzi. A zöld sáv a klaszterezés által javított értékeket jelöli, így a rendszer a tesztek során átlagosan 94%-os pontossággal mért. 20 méteres magasságban is 93%-os pontosságot sikerült elérni.

Az elkészült szoftverrel – a drón repülési idejétől függően – a felhasználó képes egy nagyobb területet berepülni és a problémás területről azonnal dönteni, és részletesebb vizsgálatot végezni. A tesztelés során azonban azt tapasztaltuk, hogy a felszerelt kamera súlya közel 35-40%-al csökkentette a repülési időt, amely a gyakorlatban nagyjából 7-8 percet jelentett. A terület alakjától függően egy gyakorlott pilóta számára 5-7 hektár berepülése elérhető. Figyelembe véve ezt a tényt és a részcélként megfogalmazott követelményt, a továbbiakban a fejlesztést valós idejű elemzés irányába végezzük.

**KÖVETKEZTETÉSEK**

A kutatás során arra a következtetésre jutottunk, hogy a felhasznált eszközökkel és az elkészített szoftverrel a növénytermesztés során előállt technológiai károk, egyes vadkárok, illetve a természeti károk területének mérésére gyorsbecslések készíthetők. A rendszer előnye, hogy a felhasznált drón és kamera beszerzési költségei alacsonyak, valamint a szoftver használata gyorsan elsajátítható. Mivel a funkciókat adott célra fejlesztettük ki, ezáltal az eszköz használata rövid idő alatt megtanulható. A rendszer előnye a tesztelések során kimutatott 94%-os pontosság, amely ideális időjárási körülmények között érvényes.

A rendszer hátránya a kommunikációban tapasztalt instabilitás, amely az alacsony költségvetésű eszközök esetében gyakran előfordul. További hátrányként kell megemlíteni a drón kis súlya miatt, szél megléte esetén fellépő vibrációt, amely az éles felvétel készítését korlátozta, ezáltal pontatlan eredmény született.

Véleményünk szerint a szoftverben implementált Aforge keret adta szűrési eljárások és a Fuzzy c-means klaszterezés alkalmasak lehetnek gyors becslés végzésére, akár a jelen eszközök felhasználásával is. További kutatás és nagyobb teljesítményű eszközök rendelkezésre állása esetén alapot szolgáltathatnak egy precíz mérés megvalósításához. A szoftver további optimalizálásával elérhetővé válik a gyorsabb válaszidő, továbbá egy nagyobb teljesítményű drón használatával a hatótávolság, vibráció mértéke is számottevően javulhat, azaz a jelenleg használt eszközökhöz képest eredményesebb és a jelenlegi használatot meghaladó eredmény érhető el.

## MEASUREMENT OF ARABLE LAND WITH DRONE USING COLOUR FILTERING AND FUZZY LOGIC

GERGELY TESCHNER – ANIKÓ NYÉKI – NÓRA GOMBKÖTŐ  
Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences,  
Mosonmagyaróvár

### SUMMARY

During the research, using an unmanned aerial vehicle (so-called drone) and IP camera, an analysis software was improved based on the Aforge framework, which is capable of analysing on-line aerial photographs within the visible light range. The software measures a specific area by using multiple colour filtering procedures.

The application is used to measure the technological damage caused by plant cultivation, some wild damages and natural damage.

Based on the calibrated instruments used, it can be stated that the theoretical accuracy of the software is 99%. However, in use, the accuracy of the measurements was reduced by a number of factors, so in practice 93% accuracy was achieved. One reason for this is that we used a low power drone and a low resolution camera in the experiment. Another problem was that the recording was disturbed by the presence of vibration. In addition, various external natural conditions (wind, light conditions) have contributed to the reduction of precision. In our opinion, the process can be used to carry out more accurate measurements, thus achieving the required 95% requirement in agriculture.

The significance of this method is that it can be used primarily in smaller works, where it is more cost-effective to use the software made by us than to do a conventional flight.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, IP camera, colour recognition, arable crops, fuzzy C-means

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az **EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008** számú „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” című projekt támogatta. A

projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## IRODALOM

*Anderson, C.* (2012): Here Come the Drones. *Wired Magazine*, London, UK, August 2012, 102-111.

*Bakó A.* (2006): A multimédia alapjai. Elektronikus egyetemi jegyzet

*Hardin, P. J. – Hardin, T. J.* (2010): Small-Scale Remotely Piloted Vehicles in Environmental Research. *Geography Compass*. 4, (9) 1297-1311.

*Hardin, P. – Jensen, R.* (2011): Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Remote Sensing: Challenges and Opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, 48, (1) 50-111.

*Kovacs, M. J. – Zhang, C.* (2012): The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Review Precision Agriculture*. 13, (6) 613-712.

*Mackey A.* (2010): A NET 4.0 és a Visual Studio 2010. Szak Kiadó Kft., Budapest

*Rango, A. – Laliberte, A. – Herrick, J. E. – Winters, C. – Havstad, K. – Steele, C. – Browning, D.* (2009): Unmanned Aerial Vehicle-Based Remote Sensing for Rangeland Assessment, Monitoring, and Management. *Journal of Applied Remote Sensing*. 3, (1) 2-10.

*Ries, J. B. – Marzoff, I.* (2003): Monitoring of Gully Erosion in the Central Ebro Basin by Large Scale Aerial Photography Taken from a Remotely Controlled Blimp. *CATENA*. 50, (2-4) 309-328.

*Rodriguez, A. – Negro, J. J. – Mulero, M. – Rodriguez, C. – Hernández-Pliego, J. – Bustamante, J.* (2012): The Eye in the Sky: Combined Use of Unmanned Aerial Systems and GPS Data Loggers for Ecological Research and Conservation of Small Birds. *PLOS ONE*. 7, (12) 2-8.

*Sike S. – Varga L.* (2003): Szoftvertechnológia és UML. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest

*Störriele, H.* (2007): UML2 - Unified Modeling Language. Panem Kiadó, Budapest

*Sziray J.* (2009): Bevezetés a Szoftver-technológiába. NOVADAT Bt., Győr

*Tomlins, G. – Manore, M.* (1983): Remotely Piloted Aircraft for Small Format Aerial Photography. The Canadian symposium on Remote Sensing and Association:

proceedings of a conference, Quebecoise de Teledetection, Congress, 4th, Montreal, QC, Canada, 3-6 May 1983, 127-136.

Treuhaf, R. N. – Law, B. E. – Asner, G. P. (2004): Forest Attributes from Radar Interferometric Structure and Its Fusion with Optical Remote sensing. *BioScience*. 54, (6) 561-571.

Whitehead, K. – Hugenholtz, C. H. (2014): Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: a review of progress and challenges. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 2, (03) 69–85.

AForge.net framework n.d., EuclideanColor Filtering Class. Letöltve: <http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/67fa83b5-dede-8d3a-8d3b-b7a6b9859538.htm>. [2015.11.10.]

AForge.net framework n.d., RGB Color Filtering Class. Letöltve: <http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/35bd90e3-4e35-8f5f-e255-26c5d8d4b927.htm>. [2015.11.10.]

Fuzzy c-mean klaszterezés. Letöltve: <https://www.codeproject.com/Articles/91675/Computer-Vision-Applications-with-C-Fuzzy-C-means> [2017.02.22.]

School Coders, Computer colour. Letöltve: [http://schoolcoders.com/wiki/Computer\\_colour](http://schoolcoders.com/wiki/Computer_colour) [2019.05.12.]

URL1. Letöltve: [http://schoolcoders.com/wiki/Computer\\_colour](http://schoolcoders.com/wiki/Computer_colour) [2019.05.13.]

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Teschner Gergely – Nyéki Anikó – Gombkötő Nóra  
Széchenyi István Egyetem,  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
9200 Mosonmagyaróvár Vár tér 2.  
teschner.gergely@sze.hu

# **SZEMLE**