



## Automatic Pest Identification and Counting

---

Ferenc Braun and Zsolt Molnár

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

April 18, 2022

# Automatikus kártevő azonosítás és számlálás

**Braun Ferenc, Molnár Zsolt**

Óbudai Egyetem, Budapest, 1034. Bécsi út 96/B, braun.ferenc@kvk.uni-obuda.hu, molnar.zsolt@kvk.uni-obuda.hu

---

*Az integrált kártevő-szabályozás célja a megfelelő, egyedi növényvédelmi stratégia kidolgozása minden rendelkezésre álló paraméter ismeretével. Ez azt jelenti, csak akkor juttatunk a környezetbe biokémiai szert, amikor tényleg szükséges, és csak olyat, ami a jelen lévő, valamint a várhatóan megjelenő kártevőkre van hatással. A jó stratégia kidolgozásához számos adatra van szükség, többek között a kártevők sűrűségének meghatározására. Az általunk megtervezett rendszer célja, hogy biztosítson egy olyan mobil, kültéri berendezést, amely képes a rovarkártevők, elsősorban a molyfélék sűrűségének detektálására és ezen adatok vezeték nélküli továbbítására, valamint későbbi megjelenítésére. A cikkben bemutatott rendszer tehát segítheti a gyümölcsösök integrált kártevő-szabályozási eljárásának tervezési szakaszát, és hatékonyságának ellenőrzését azzal, hogy folyamatosan képes adatokat szolgáltatni a kártevő-sűrűség alakulásáról, minimális emberi beavatkozás mellett. Az általunk tervezett rendszer nagymértékben hozzájárulhat a terméshozam növeléséhez és jelentős mértékben támogathatja az agrármérnöki tevékenységet.*

*Kulcsszavak: integrált növényvédelem, kártevő sűrűség, mesterséges intelligencia, gépi látás, neurális hálózat*

---

## 1 A probléma ismertetése

A növénytermesztési folyamatok során a művelt terület erőforrásként jelenik meg az ember és a kártevők számára egyaránt. Kimondható az az összefüggés, hogy minél nagyobb a termelési felület, annál valószínűbb az élősködők megjelenése. A kártevők képesek akár a terményt vagy rosszabb esetben a terményt adó növényt teljesen tönkre tenni. A termelésben elvárt a magas hozam és minőség, amely nagyban függ a megfelelő szintű és módszerű kártevők elleni védekezéstől. A védekezéshez a gyakorlatban legtöbbször kémiai védekezést alkalmaznak, azonban a vegyszerek nemcsak a kártevők ellen hatnak, hanem a talajban lévő hasznos élőlényekre, a terményre és végső soron az emberre is. Beláthatjuk, hogy a kemikáliák használatának komoly következményei lehetnek, ezért a kezeléseket nem lehet „találomra” végezni, hanem tudatosan, következetesen kell tervezni. A tervezést segíti a kártevők sűrűségének becslése, valamint a különböző kártevő

fajok megjelenésének detektálása. Ez a módszer része az úgynevezett integrált kártevő-szabályozási eljárásnak.

Az integrált kártevő-szabályozás célja a megfelelő egyedi növényvédelmi stratégia kidolgozása minden rendelkezésre álló paraméter ismeretével. [1] Ez azt jelenti, hogy csak akkor és csakis akkor juttatunk a környezetbe biokémiai szert, amikor tényleg szükséges és csak olyat, ami a jelen lévő, valamint az esetleg megjelenő kártevőkre van hatással. A jó stratégia kidolgozásához számos adatra van szükség, többek között a folyamatosan mért kártevő-sűrűsége. Az általunk tervezett rendszer nagymértékben hozzájárulhat az agrármérnökök tervezési tevékenységének sikerességéhez, mert pontos információt képes folyamatosan szolgáltatni, minimális emberi beavatkozás mellett.

## **2 A kártevő azonosító és számláló rendszer kialakítása**

Az általunk kifejlesztett rendszer lehetséges megoldásainak feltérképezése előtt kutatásokat végeztünk a meglévő, gyakorlatban is alkalmazott módszerek tekintetében, valamint konzultáltunk a Szent István Egyetem Kertészettudományi Karának kutatóival. Megtudtuk, hogy a jelenlegi, gazdaságosan és nagy megbízhatósággal használható módszer a „ragadós lapok” használata. Ezek mellett a lemezek mellett az adott rovarfajra specifikus feromonnal töltött tartály van elhelyezve, ami 100-300 méterről, esetenként több kilométerről odavonzza az állatokat. A lemez ragadós bevonata csapdába ejti a rovarokat, amelyek számát és azonosítását (faj azonosítás) emberi erővel kell elvégezni. Ez a módszer bár azonosítás és számlálás szempontjából igen megbízható, de gyakori kijárást igényel a vizsgált területre, valamint ritka ellenőrzésnél nem ad kellő információt a kártevő-sűrűség időbeli változásáról.

### **2.1 A követelmények**

A rendszerünkkel szemben támasztott követelmények egy része adott volt a fentiek alapján:

- alkalmazzuk a bevált rovargyűjtő rendszert (rovarokat vonzó ragadós lap)
- érjük el a jelenlegi, emberi munkát igénylő azonosítás és számlálás megbízhatóságát és pontosságát
- legyen minimális emberi munka szüksége a folyamatnak, azaz automatizáljuk a tevékenység minél nagyobb részét, elsősorban az azonosítást és a számlálást

- a rendszer legyen olyan, hogy képes legyen az igényeknek megfelelő felbontással adatot szolgáltatni a kértevő-sűrűségről

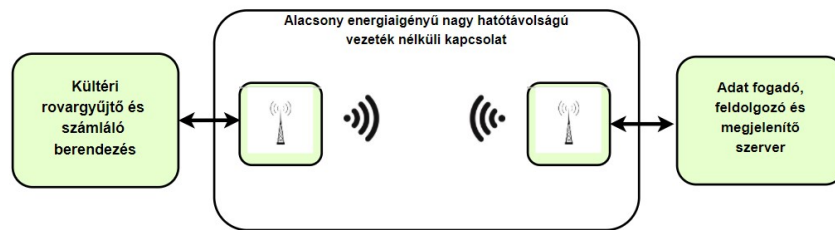
A további követelmények az előző követelmények teljesítéséhez szükségesek, vagy azokból következnek, illetve egyéb, pl. kényelmi célokat szolgálnak, esetenként pedig a továbbfejleszthetőség lehetőségét adják meg:

- szabadban való üzemeltethetőség tavasztól ősziig, minimum IP55, de inkább IP65 védettség. Üzemi hőmérséklet tartomány: -10...50 °C, vagy tágabb
- hálózathoz független tápenergia-ellátás
- nagy hatótávolságú vezeték nélküli kapcsolat a központ felé
- helyben történő kértevő azonosítás és számlálás távfelügyelet lehetőségével
- működési zavar, gyűjtőlapp-elhasználódás, illetve rongálási vagy eltulajdonítási esemény érzékelése és jelzése
- környezet-érzékelők (hőmérséklet, relatív páratartalom, talajnedvesség, stb.) integrálása vagy csatlakoztathatósága
- közeli, nagysebességű vezeték nélküli kapcsolat (karbantartás, adatok kinyerése)
- alacsony költség mind a rendszer elemei, mind a rendszer üzemeltetése tekintetében
- a kihelyezett egységeknél alacsony tömeg, kis méret
- az adatfogadó, adatfeldolgozó és megjelenítő (szerver):
  - biztosítson kétirányú kommunikációt a kültéri egységgel
  - tárolja visszakövethetően a beérkező nyers, és a már feldolgozott adatokat
  - legyen képes menedzselni egy több kültéri egységgel üzemelő komplex rendszert

## **2.2 A rendszerterv**

### **2.2.1 Áttekintő rendszerterv és a funkciók elosztása**

A fenti követelmények alapján elkészítettük az áttekintő rendszertervet, amelyet az alábbi ábra szemléltet.



1. ábra - Az automatikus kártevő azonosító és számláló eszköz áttekintő rendszerterve

A rendszerterv két fő eleme a kültéri rovargyűjtő és számláló berendezés, valamint az adat fogadó, feldolgozó és megjelenítő szerver. A két fő elem között a kapcsolat a közepén szimbolikusan jelzett vezeték nélküli kapcsolaton keresztül jön létre.

A két fő egység feladatait a következőképpen határoztuk meg:

- kültéri rovargyűjtő és számláló berendezés
  - rovarok faj szerinti szelektálása (kombináltan kémiai és biológiai úton, valamint digitális képfeldolgozáson alapuló megoldásokkal)
  - kártevők számlálása (digitális képfeldolgozáson alapuló módszerekkel)
  - környezeti jellemzők mérése
  - eszköz helyének meghatározása, leesés-detektálás
  - fényképek készítése, továbbítása
  - helyi konfiguráló felület biztosítása vezeték nélküli kapcsolattal
- adat fogadó, feldolgozó és megjelenítő szerver
  - kültéri egységek nyilvántartása, monitorozása, helyének megjelenítése
  - beérkező adatok adatbázisban való tárolása
  - fényképek megjelenítése, azonosítási vagy számlálási hibák korrekciójának lehetősége
  - statisztikák, grafikonok, stb. készítése, döntéstámogatás

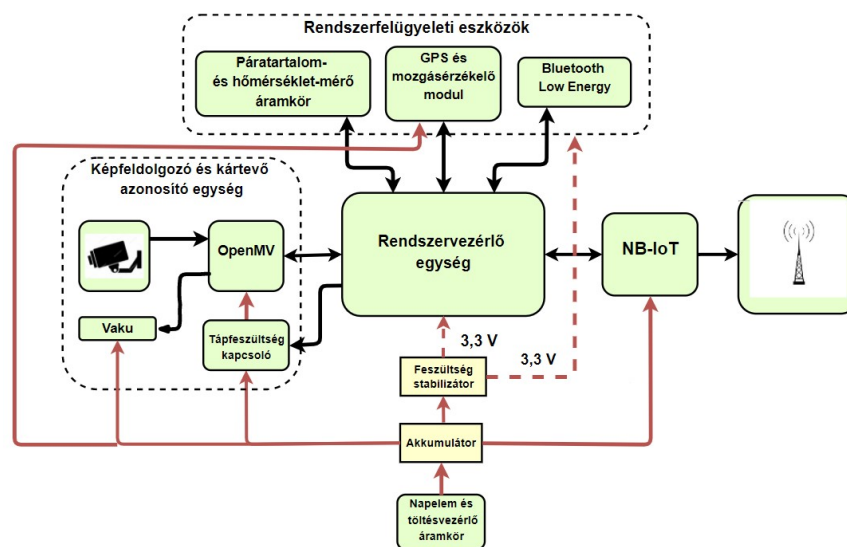
A hangsúlyt elsősorban a kültéri egység kifejlesztésére fektettük, a szerver oldal funkciót csak olyan mértékben dolgoztuk ki, amely a teszteléshez, az ellenőrzéshez, és alapszintű működtetéshez (tesztüzem) megfelelő.

## 2.2.2 A kültéri egység rendszerterve

A kültéri egység rendszertervének kialakítása előtt sort kerítettünk a lehetséges megoldások felderítésére és összehasonlítására, jelen cikkben többnyire csak a végeredményt ismertetjük. Igyekeztünk olcsó, megbízható, hardver és szoftver oldalról is jól támogatott eszközöket választani. Ahol lehetett, ott korábban bevált, hosszú ideje megfelelően üzemelő részegységeket, megoldásokat „emeltünk át” más projektekből. A 2. ábra mutatja a kialakított rendszertervet.

A kültéri egység főbb részegységei:

- képfeldolgozó és kártevő azonosító egység
- rendszervezérlő egység
- NB-IoT kommunikációs egység
- rendszerfelügyeleti eszközök egysége
- tápenergia-ellátás elemei



2. ábra – A kültéri rovargyűjtő és számláló egység rendszerterve

## 2.3 Az adat fogadó, feldolgozó és megjelenítő szervert rendszerterve

A korábbiakban említettük, hogy ez a részt egyelőre csak olyan szinten dolgoztuk ki, amely alig mutat túl azon a szinten, amely csak a rendszer működőképességének igazolására alkalmas. A felépítést vázlatpontokban

ismertetjük, illetve az elemek közötti kapcsolatot és az elemek feladatát definiáljuk röviden. Főbb elemek:

- a szerver adatbázisa (MySQL)
  - regisztrált eszközök azonosítóinak tárolása
  - a regisztrált eszközökhöz rendelt adatbázisban a fogadott adatok tárolása (időbélyeg, kártevők száma, rendszerfelügyeleti adatok, a rovargyűjtő lap képe...)
- adatfogadó háttér szolgáltatás, amely egy webcímen kialakított MQTT szerverhez való csatlakozást biztosítja, és ellenőrzi a beérkező adatok integritását
- weboldal, amely a grafikus megjelenítést és bizonyos szintű távoli diagnosztikát és konfigurálást tesz lehetővé (térképen megjelenített eszköz-pozíció, legutóbbi kép, detektált kártevő szám, rendszerfelügyeleti adatok)

A rendszerterv további kidolgozása szükséges, amelyet meg is kell majd valósítani. A rendszertervet a felhasználók igényei szerint fogjuk továbbfejleszteni.

### **3 A kültéri egység főbb elemeinek kiválasztása, és a kültéri egység megtervezése**

#### **3.1 A kültéri egység főbb elemeinek kiválasztása**

A képfeldolgozó és kártevő azonosító egység fő eleme egy nagy számítási kapacitású ARM mikrokontrollerrel egybeépített, optikával ellátott kamera modul, amely kiegészítő egységeket is tartalmaz. A modul típusa OpenMV M7. Az energiahatékonyság érdekében a modult kapcsolható tápfeszültségről látjuk el energiával, valamint az éjszakai, vagy rossz fényviszonyok közötti felvétel készítményt egy vaku egységgel tettük lehetővé. Az OpenMV M7 szoftver támogatottsága igen jó (saját fejlesztőkörnyezet, célfüggvények, példák, stb.), ez is indokoltá teszi a használatát. A készülék fizikai kialakítása miatt fontos, hogy a kamera optikája a szabványos, 105 x 148 mm-es gyűjtőlappal teljes befogásához minimum 104 mm-re kell, hogy legyen a laptól [2].

A rendszervezérlő céljára bármilyen közepes számítási teljesítményű mikrovezérlő megfelelő, a feladata a többi egység működésének összehangolása, a kapcsolatok megteremtése (interfész funkció). Megoldhattuk volna a rendszer vezérlését az OpenMV modullal is, de a külön rendszervezérlő lehetővé teszi,

hogy a nagyobb fogyasztású egységeket (köztük az OpenMV modult) minél hatékonyabban menedzseljük, így az akkumulátorban tárolt energiát magasabb hatékonysággal használjuk fel. A rendszervezérlőként egy Microchip gyártmányú 16 bites mikrovezérlőt használtunk (PIC24FJ128GA202).

A szerver felé a kommunikációt NB-IoT-vel oldottuk meg. Az NB-IoT mellett több más nagy hatótávolságú, alacsony fogyasztású kommunikáció elemzése és összehasonlítása után döntöttünk. Felmerült még a LoRaWAN és a Sigfox alkalmazásának lehetősége is. Bár a LoRaWAN és a Sigfox előnye, hogy a hálózat létrehozása után az üzemeltetésen kívül egyéb költség nem merül fel (pl. forgalmi díj), de az országban (Magyarország) jelenleg nem kielégítő a lefedettség. Természetesen saját rendszert (pl. LoRaWAN átjárókkal, szerverekkel) lehet létrehozni, de ez a rendszer költségeit jelentősen megnövelné. A LoRaWAN és a Sigfox nagy hátránya az ISM sáv használata. A Sigfox napi adatmennyiség-átviteli korlátja kb. 1,6 kB [3], a LoRa kapcsolat pedig adatátviteli sebesség és sávkihasználási korlát miatt nem megfelelő [4], ugyanis időnként (főleg a tesztidőszakban) fényképek átvitelét is meg szeretnénk oldani. Hazánkban mindhárom nagy szolgáltató biztosít NB-IoT hálózatot, így az összesített területi lefedettség 90% felett van. Az adatátviteli sebesség felfelé 150 kbit/s [5], ami a mai viszonyok között nem túl magas, de a kínálkozó megoldások között messze a legjobb. A napi forgalmazható adatmennyiség előfizetés-függő, de megfelelő előfizetéssel napi több nagyfelbontású fénykép és egyéb adat is probléma nélkül felküldhető.

A rendszerfelügyeleti eszközök egysége tartalmazza a környezeti jellemzőket (hőmérséklet, páratartalom) mérő elemeket (Si7006), az eszköz telepítési helyének, és eltulajdonítás esetén az aktuális pozíciójának meghatározására alkalmas GPS vevőt (L80R), a leesés detektálhatóságát biztosító gyorsulásérzékelőt (L3GD20H), valamint a kis hatótávolságú vezeték nélküli kommunikációs modult (RN4871). Utóbbi alkalmas arra, hogy a készülék elmozdítása, készülékházának megbontása nélkül diagnosztizálni és konfigurálni lehessen a kültéri egységet, illetve az elkészült képek helyben (rövid idő alatt) letölthetőek legyenek. A vezeték nélküli kommunikációra az alacsony fogyasztás és a nagy adatátviteli sebesség miatt a Bluetooth Low Energy-t választottuk. A későbbiekben elkészíthető mobiltelefonos, vagy tabletes alkalmazás, amellyel terepi körülmények között is könnyen kezelheti a felhasználó a kültéri egységet.

A tápenergiát alapvetően egy akkumulátor szolgáltatja. Ebből állítunk elő stabil tápfeszültséget az azt igénylő részegységek számára, illetve használjuk közvetlenül az akkumulátort a nagyobb energiaigényű elemek számára. Az akkumulátor ésszerű méretének és tömegének meghatározása során arra jutottunk, hogy az így biztosítható kapacitás nem elegendő egy teljes szezonon át az üzemeltetéshez. A megújuló energiák közül a napenergia hasznosítása mellett döntöttünk, így a készülék házában elhelyezett napelemekből egy hatékony töltő áramkör (SPV1040) tölti vissza a készülék által elhasznált energiát.



### 3.2 A kültéri egység megtervezése

A kültéri egység fizikai kialakítását elsősorban a rovargyűjtő lap mérete, a kamera optikájának jellemzői és a szabadtéri környezetben való tartós üzemeltetés befolyásolták. Figyelembe kellett venni a készülék méret- és tömeg-korlátait is, hiszen egy gyümölcsfa magasan elhelyezkedő ágai már nem minden esetben terhelhetőek kielégítően. Nem csak a tömeggel kell számolni, hiszen egy erős szél esetén az ágra ható erők a jelentősen nagyobbak lehetnek, mint amire az egység tömege alapján számítanánk.

A készülék egyetlen nyomtatott áramkörtől lapján az összes elektronikai elem helyet kapott, a kameramodult is beleértve. Ez a gyártásnál előnyt jelent, hiszen a gyártási és az összeszerelési költségeket is ésszerű értéken tartja. A nyomtatott áramkör befoglaló mérete 103 x 73 mm lett, a beültetett magassága kevesebb, mint 30 mm.

A kültéri egység számára egy 3D nyomtatott készülékházat terveztünk, amely megfelelő rögzíthetőség mellett biztosítja a nyomtatott áramkör és az akkumulátor védelmét a környezeti hatások ellen, lehetővé teszi a rovargyűjtő lapok könnyű cserélhetőségét és természetesen a lap könnyű megközelíthetőségét a rovarok számára, valamint a tetején elfér a napelem.

## 4 A kültéri egység szoftverének és firmware-ének kialakítása

A fejlesztés ezen része két beágyazott rendszer programjának megtervezését és implementálását jelenti:

- a képfeldolgozó egységre a felvétel készítését és tárolását, a kártevők azonosítását és a rendszervezrlő felé való adattovábbítást kell megvalósítani, néhány apróbb funkcióval kiegészítve
- a rendszervezrlőnek kommunikálnia kell az összes perifériával, kiemelten a képfeldolgozó egységgel és a nagytávolságú kommunikációs egységgel. Ez az egység felel az energiamenedzselésért is

### 4.1 A képfeldolgozó egység programja

A teljes programból az elkészített kép elemzését emeljük ki, a többi rész jelentősége ehhez képest elhanyagolható. Természetesen a program inicializálással indul (UART, PWM modul (vaku funkció), képérzékelő szenzor paraméterezése). Ezután a rendszervezrlő kezdeményezésére a gyűjtőlap megvilágítása és a kép elkészítése következik, majd a megvilágítást kikapcsoljuk.

A program érdemi, „érdekes” része most következik. A gyűjtőlapra ragadt, különféle helyzetű és fajtájú rovarok azonosítását és számlálását kell elvégeznie a programnak. Ez a feladat nem triviális. A rovarok amellett, hogy különböző fajtájúak lehetnek, különböző helyzetben (behúzott szárny, kiterített szárny, oldalra fordult helyzet, egymást fedő rovarok...) lehetnek, és előfordulhatnak egyéb szennyeződések is (pl. levéldarab, szírom, por, stb.). Ezt szemlélteti a 3. ábra.

Erre az azonosítási feladatra kiválóan használható a napjainkban egyre nagyobb szerephez jutó mesterséges intelligencia. Alkalmazásával a digitalizált képen alakzatok, objektumok meglehetősen pontosan detektálhatók. Felhasználása során gépi tanulás folyamatával létesítünk mesterséges idegi hálókat hasonlóan, mint az emberi tanulás folyamán. A hálózat hatékonyságát a tanító minták minősége, darabszáma és a tanítás folyamatok száma határozza meg [6]. Képfeldolgozási feladatok megoldására elsősorban konvolúciós neurális hálózatokat használnak előszeretettel. Mi is ezt az utat választottuk.



3. ábra – Ragadós lap rovarokkal [7]

A kép elkészítése után tehát a detektálás következik. A detektálás mindig egy, a kártevő legnagyobb lehetséges méretéhez megválasztott területen belül történik (ROI – range of interest). Ha ebben a területben talál a mesterséges intelligencia kártevőt, akkor a számlálót növeli eggyel. A vizsgált terület (ROI) léptetése vertikális és horizontális irányba is átfedéssel történik, míg a teljes felület vizsgálatát el nem végezzük. Az azonosítás a mesterséges intelligencia által kiszámolt valószínűség alapján történik, ami megadja, hogy az esetlegesen detektált objektum milyen valószínűséggel a meghatározott fajtájú kártevő. Jelen fejlesztési állapotban az elfogadási küszöb 85%-os valószínűség, de ez a tesztüzem során várhatóan módosulni fog.

A neurális hálózat tanításáról nem esett szó. Ezt a nagy számítási igény miatt egy megfelelő számítási teljesítményű eszközön (PC, célszámítógép...) kell elvégezni

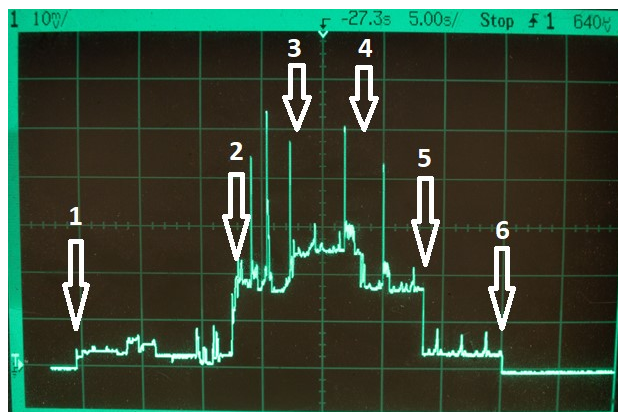
tanító képek segítségével. A kísérleti rendszerünket kb. 200 kép alapján, kb. 7 óra alatt tanítottuk meg egy fajta kártevő felismerésére.

Amikor ez a keresési/felismerési folyamat a végére ért, akkor a képet JPG formátumban az egyéb adatokkal együtt SD kártyára mentjük.

## 4.2 A rendszervezrlő programja

Itt is inicializálással kezdünk (portok, interfészek, csatlakoztatott perifériák...). Ezután megvárjuk az első érvényes GPS pozíciót, majd a GPS modult alvásba küldjük az energiatakarékosság miatt. Ugyanígy alvásba kerül a gyorsulásérzékelő is, és megszakítással ébreszti a processzort, ha eseményt érzékel. A rendszervezrlő processzor is alvásba megy, és a képkészítések közötti idő lejártakor ébred csak fel. A képfeldolgozó egység indítása és a kép elkészítése és kielemezése után megtörténik az összes küldendő adat csomagga alakítása, és az NB-IoT modulon keresztül kiküldjük a szerver felé. Ezután a rendszer ismét energiatakarékos üzemmódba kerül.

Külön kiemeltük, hogy az energiatakarékosság milyen fontos a folyamatos, hosszú időtartamú üzem miatt. A számítások mellett méréssel is meggyőződünk arról, hogy az akkumulátor tudja-e majd működtetni a készüléket hónapokon keresztül. A 4. ábra egy teljes működési ciklus áramfelvételét mutatja.



4. ábra – Egy üzemsiklus áramfelvételének időfüggvénye

Az ábra függőleges léptéke 100 mA/DIV, vízszintes léptéke 5 s/DIV. Az egyes pontok a következő működési fázisokat jelölik:

1. a rendszervezrlő és a GPS modul ébredése
2. képfeldolgozó egység bekapcsolása (utána az első túske a vaku villanása, a második túske a kép analízálása)
3. adatküldés

4. kiegészítő műveletek
5. képfeldolgozó egység kikapcsolása
6. a rendszervezérlő altatása.

A számítást nem részletezve egy működési ciklus akkumulátor kapacitás-igénye kb. 2,8 mAh. (Ez az érték a tervezés korábbi fázisában számítással meghatározott értéknél kb. 25 %-kal kevesebbre adódott.)

## 5 Összegzés, további teendők, fejlesztések

A kitűzött feladatra sikerült kialakítanunk egy olyan rendszert, amelynek minden eleme tesztelhető, ezzel a működőképessége igazolható. A rendszer elemei azonban különböző mértékű továbbfejlesztést, kidolgozást igényelnek.

A kültéri egység elektronikai szempontból elkészült ugyan, de optimalizálni kell a gyárthatósági és anyagi szempontokat figyelembe véve. Jelen állapotban ez a rendszer legfejlettebb eleme. Firmware/szoftver szempontból szintén igen jó a helyzet, majdnem minden funkció tesztelhető, a körütekintő munka miatt rendes üzemi körülmények között is működtethető tartósan a készülék. A mesterséges intelligencia tanítása további feladat, ehhez nagyobb számú minta, több idő, és szakértői közreműködés szükséges (hibás detektálások kiszűrése kártevő szakértő által). A helyi (Bluetooth kapcsolaton keresztüli) menedzsment leprogramozása (és részben megtervezése) még hátra van, valamint az eltulajdonítás detektálását is meg kell még valósítani.

A szerveroldali szolgáltatások jelentős fejlesztése szükséges, de itt is elértük azt a szintet, ami a teszteléshez elegendő. A továbbfejlesztést informatikus szakemberre érdemes bízni, és a leendő felhasználókkal egyeztetni kell az igényeket. A jelenlegi állapot megfelelő a továbblépéshez, jó támpontot ad a további ötletek, igények definiálásához. A döntéstámogatási funkciók kialakítása szintén szakemberek közreműködését igényli majd.

A közeli menedzsmenthez meg kell tervezni és valósítani a mobil alkalmazást, amivel telefonon vagy tableten (esetleg lapon) keresztül a helyszínen végezhetnek lekérdezéseket és konfigurálhatják a készüléket a leendő felhasználók.

Terveink szerint 2022 tavaszán egy néhány készülékből álló kisebb rendszert valamelyik hazai agráriparral is foglalkozó egyetem mintagazdaságában, vagy egy működő gazdaságban üzemi tesztnek is alá tudjuk vetni. Az eredmények alapján tökéletesíthető lesz majd a rendszer.

**Hivatkozások**

- [1] Dr. Sallai-Harcsa Marietta (2018): Az integrált növényvédelem fontossága ültetvényekben  
<https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/az-integralt-novenyvedelem-fontossaga-ultetvenyekben-gyakorlati-peldak/>  
Utolsó megtekintés: 2020.03.14.
- [2] OpenMV M7 ismertető adatlapja  
<https://openmv.io/collections/cams/products/openmv-cam-m7>  
Utolsó megtekintés: 2020.06.26
- [3] Sigfox: Sigfox technology  
<https://www.sigfox.com/en/what-sigfox/technology>  
Utolsó megtekintés: 2021.05.30.
- [4] Paul (2018): What is LoRaWAN?  
<https://www.alliot.co.uk/what-is-lorawan/>  
Utolsó megtekintés: 2020.03.28
- [5] Quectel: Quectel BC95-G Multi-band NB-IoT Module with Ultra-low Power Consumption  
<https://www.quectel.com/product/lpwa-bc95-g-nb-iot>  
Utolsó megtekintés: 2021.05.22.
- [6] Md. Zahangir Alom (2019): A State-of-the-Art Survey on Deep Learning Theory and Architectures  
[https://www.researchgate.net/figure/The-overall-architecture-of-the-Convolutional-Neural-Network-CNN-includes-an-input\\_fig4\\_331540139](https://www.researchgate.net/figure/The-overall-architecture-of-the-Convolutional-Neural-Network-CNN-includes-an-input_fig4_331540139)  
Utolsó megtekintés: 2021.07.15.
- [7] <https://www.trifolio-m.de/en/pest-insects/fungus-gnats/>  
Kép letöltési dátuma: 2021.09.05.