

# A GRAPLER SZŐLŐMETSZŐ ROBOT ÉS A GAZDA MODUL TERVEI

## GRAPLER VINE PRUNING ROBOT AND VITICULTURIST MODULE DESIGNS

Veress Gábor<sup>(0009-0004-2568-4944) (1)</sup>, Kusper Gábor<sup>(0000-0001-6969-1629) (1)</sup>, Kusper Krisztián<sup>(0009-0000-3702-9710) (1)</sup>, Barócsi Zoltán<sup>(0000-0003-4838-7251) (2)</sup>, Szemethy László<sup>(0000-0001-7834-7619) (3)</sup>, Gaál Krisztián<sup>(0009-0005-5680-2293) (2)</sup>, Szabó Balázs<sup>(0009-0007-6288-6360) (2)</sup>, Terjék Lajos<sup>(0009-0003-7512-0867) (4)</sup>, Árvai László<sup>(0000-0003-0572-0982) (5)</sup>, Vida László<sup>(0009-0009-1784-5329) (6)</sup>, Márien Szabolcs<sup>(0009-0005-2528-2272) (1)</sup>

<sup>1</sup> InnovITech Kft., Budapest, Magyarország

<sup>2</sup> Pécsi Egyetemi Borbirtok, Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Pécsi Egyetem, Magyarország

<sup>3</sup> Agrobiológia Tanszék, Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Pécsi Egyetem, Magyarország

<sup>4</sup> University MATE, Gödöllő

<sup>5</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Miskolc, Magyarország

<sup>6</sup> SBS Kft., Erdőtelek, Magyarország

<https://doi.org/10.47833/2023.2.AGR.003>

### Kulcsszavak:

Szőlőtermesztés  
Szőlőmetszés  
Robotika  
Térinformatika  
Virtuális valóság

### Keywords:

Viticulture  
Pruning  
Robotics  
Geo informatics  
Virtual reality

### Cikktörténet:

Beérkezett 2023. okt. 15.  
Átdolgozva 2023. nov. 10.  
Elfogadva 2023. nov. 20.

### Összefoglalás

*Ebben a cikkben bemutatjuk a Grapler projekt keretében létrejött robotikai és szoftveres megoldásokat. Célunk egy autonóm szőlőmetsző robot fejlesztése, amely egyik oldalról választ jelent a növekvő munkaerőhiányra a szőlőtermesztésben, másik oldalról, segíti a precíziós mezőgazdasághoz szükséges adatgyűjtést, sőt akár a szőlész oktatást is elősegítheti.*

### Abstract

*We present the robotics and software solutions developed within the Grapler project. Our aim was to develop an autonomous grape pruning robot, which on the one hand is an answer to the growing labor shortage in viticulture, and on the other hand, helps to collect data for precision agriculture and even to promote viticulture education.*

## 1. Bevezetés

### 1.1. A Grapler projektről

A Grapler projekt [3, 8] célja egy autonóm szőlőmetsző robot fejlesztése, amely egyik oldalról választ jelent a növekvő munkaerőhiányra a szőlőtermesztésben, másik oldalról, segíti a precíziós mezőgazdasághoz szükséges adatgyűjtést. A mesterséges intelligencia fejlődése lehetővé teszi az önvezetést, azaz saját helyzetének és akadályok felismerését a térben, így navigálva két tőke között, illetve képes a növény és annak részeinek felismerésre. A megfelelően gyűjtött és felcímkézett, jelölt (annotált) képi adatbázis pedig a metszési pontok megtalálását segíti. A projekt gazda modul része egy térinformatikai módszereken alapuló rendszer, amiben a gazda a földterületéről összegyűjtött információkat egyben kezelheti, kijelölheti a robot útvonalát, és

megadhatja a metszési munkák részleteit. A projekt szintén fontos része egy szimulációs modul, ahol az önvezető mesterséges intelligenciát tanítjuk.

## 1.2. A létrejövő rendszer fő részei

A robot fő hardver egységei: egy önjáró szerkezet, RTK korrekciós GPS vevő, robotkar, elektronikusan vezérelhető metszőolló, 2D és 3D kamerák a növény felismeréséhez és a metszési pontok megtalálásához, LIDAR az akadályok felderítésére és navigációhoz.

Szoftveres részei: önvezető modul, metszési pont meghatározó modul, adatgyűjtő és szinkronizáló modul.

A gazda rendszer fő egységei: útvonal és munkatervező, termőföldi adatok, állapotfelmérő, tőke/sor/parcella adatok, döntéstámogatás.

## 2. Rendszer leírása

### 2.1. A szőlőtőkék felismerése

A fő kihívást a növény megfelelő érzékelése okozza. Ehhez más hasonló metszéssel próbálkozó projektek esetében valamilyen takarást, a háttér elkülönítésre alkalmas megoldást használnak [1, 2]. Vannak olyan próbálkozások is, ahol éjszaka készítenek a tőkéről képeket [1]. Első körben mi is egy fehér háttérre alkalmaztunk a képek készítésekor. Ennek használatát később elvetettük és a háttér nélküli detekcióra fektettük a hangsúlyt. Itt a legnagyobb probléma az egyes tőkék felismerése volt, mivel a tőkék közel helyezkednek el egymáshoz, és ez a detektálás közben zavaró tényezőt jelent. Továbbá a tőkék, ekkor még lombzat és egyéb, nagyobb, jól detektálható részek nélküliek. Ilyen állapotban viszont jól beleolvadnak a környezetükbe. A legnagyobb kihívás itt főleg a tőkék egymástól való elkülönítése jelentette, mivel a háttérben és előtérben lévő tőkék gyakran nagyon egybeolvadnak, még szabad szemmel sem mindig különíthetők el. Ezt mutatja az (1. ábra).



1. Ábra A tőkefelismerés nehézségei

Az előzőekben említettekén túl a nappali detektálásnál, az elhelyezkedéstől függően a nap is nehézségeket okozhat, mivel erős napfényben a képkészítés szinte lehetetlenné válik.

### 2.2. A metszés megvalósításának nehézségei

Maga a metszési döntések meghozatala sem egyszerű. Alapvetően a metszéseket ferdén, a detektált nádusok és rügyek pozíciójához képest kell végezni. Ugyanakkor arra is oda kell figyelni, hogy nem csak az adott vessző állapotát kell figyelnünk, hanem a növény egészét, "azaz a

vágás helyét vesszőnként kell meghatározni, befolyásolja ezt a vessző vastagsága, állása, de a szomszéd vesszők állapota is”.[3].

### 2.3. Metszés megvalósításának lépései

Jól érezhető, hogy először is, szükség van az egyes szőlőtőkék és részeinek felismerésére. Az előzőekben leírtak alapján, minden próbálkozásnál, valamilyen kamera képeit próbálják feldolgozni, és ezekből valamilyen rekonstrukciót végezni [4, 5, 6, 7]. Mi is hasonlóképpen dolgozunk.

Először több kamera segítségével készítettünk képeket, melyek alapján a detekciót végezni fogjuk. A kamerák először egy fekete-fehér mélységi képeket készítenek, erre van rádolgozva a színes kép. Ezen felül a megfelelő detektálás érdekében a kamerák egy LED-es vakuvál vannak segítve. Az így készített képek mennek át egy előre betanított modellen, ami a képeken a szőlőtőkék részeit rekonstruálja, különös tekintettel a náduszkokra, melyek a metszéskor nagyon fontosak lesznek számunkra. Majd a rekonstruált tőkén történik a metszési pontok meghatározása a különböző paraméterek: vesszők állapota (vastagság, szín, náduszkok száma, eredési hely) és a gazdamodul információi alapján. Mindezek után már csak a metszési vektorok meghatározása maradt hátra, mely azt mondja meg majd a robot számára, hogy milyen irányból és hogyan vágja el a vesszőket.

Majd a robotikai megoldásnak képesnek kell lennie a metszések elvégzésére. Viszont ezeknek sorrendjét is meg kell határozni, mivel bizonyos vesszők blokkolják egymást, ezt jól szemlélteti a (2. ábra).



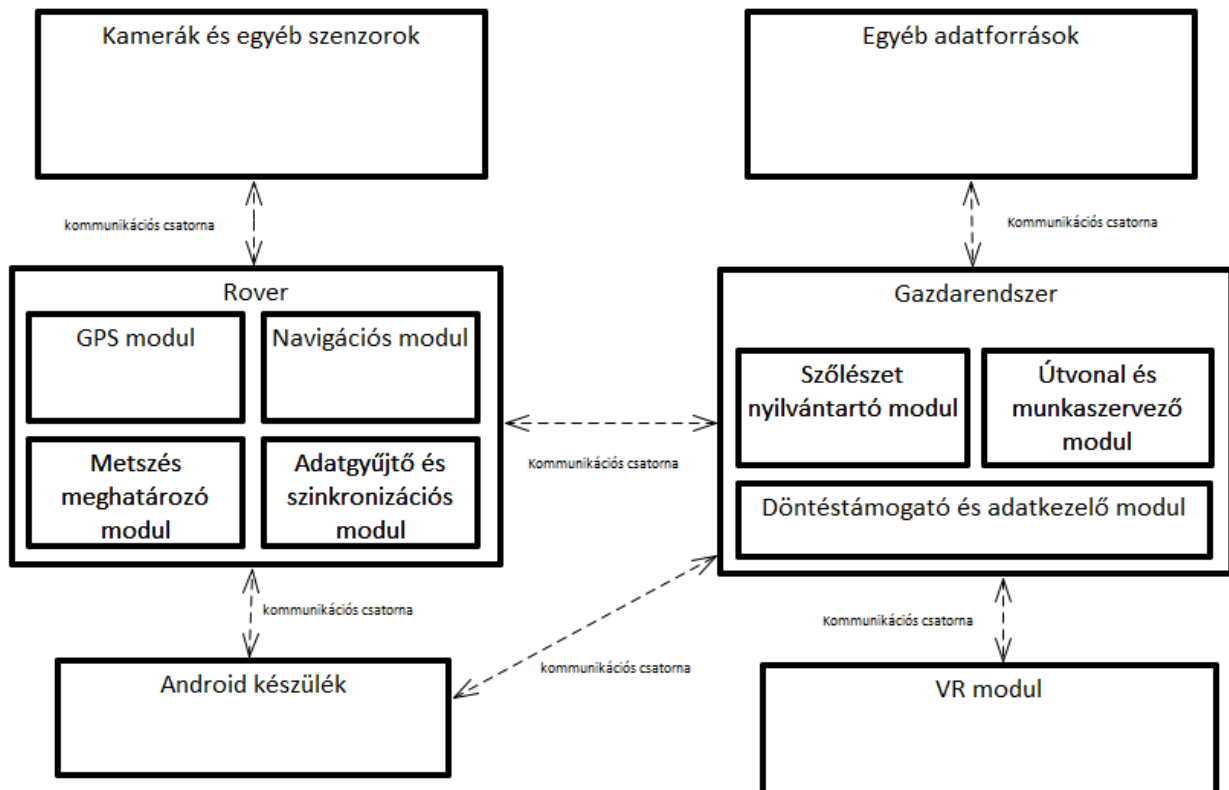
2. Ábra Egy tőke a metszési helyekkel jelölve (CVAT - Computer Vision Annotation Tool segítségével)

A vágásokat az önjáró szerkezeten elhelyezett robotkar végzi, melynek végére egy metszőolló került elhelyezésre. A kar képes több helyen meghajlani és így különböző pozíciókból végezni a metszést.

### 2.4. Gazdamodul és az adatok kezelése

A gazdamodul végzi a szőlészetek kezelését. Ezt úgy érjük el, hogy minden parcelláról, sorról és tőkéről van információnk, melyek természetesen a földrajzi helyzetéről is tartalmaznak információkat (azaz georeferáltak). A legtöbb adat kezelése tőke szinten történik, a precíziós gazdálkodást elősegítve.

A gazdarendszer főbb platformjai egy webes felület és egy Android alkalmazás. A rendszer a különböző többi egységgel kommunikál, gyűjt vagy megoszt adatot. (3. ábra).



3. ábra A rendszer főbb részei

Ebben a rendszerben futnak össze az adatok, innen indíthatók a metszési és egyéb munkák. A rendszer szintén irányokat képes a robot számára adni, illetve naplózza a munkavégzést. Magát a munkákat a gazda előre is tudja ütemezni (és utólag visszatekinteni), az útvonal és munkaszervező modul segítségével. Sőt a rendszer még a gazda döntéseit is támogatja az adott területekre és tőkékre vonatkozó tanácsokkal és megfigyelésekkel, melyhez az erre szolgáló modul adatokat gyűjt, ezeket a gazda számára tanácsként felajánlja, majd a gazda saját igényei alapján tudja majd beállítani a metszésintenzitást.

A gazdarendszer direkt kommunikál a robottal is, adatot ad és kap a robotról, megosztja számára a munkafolyamat adatait, például, hogy melyik tőke és honnan közelíthető meg, illetve a robot a naplóadatokat is ide tölti majd fel. Illetve a munkálatok közben folyamatosan követi a robot helyzetét. A metszés közben a robot a metszési adatokat menti és később továbbítja a gazdarendszer felé az adatgyűjtő és szinkronizáló modul segítségével. A roboton való tárolásra azért van szükség mivel a mobilhálózat lefedettség nem mindenhol megfelelő, főleg egyes teraszos, völgyes területeken.

A begyűjtött adatokról a gazdarendszerben egy összegzés készül, és a gazda meg tudja tekinteni a metszés előtti és utána állapotot tőkénként, sőt a későbbi éveknél ezeket a metszési műveletek meghatározásánál is vissza tudja majd nézni, ebből következtetéseket vonhat le, illetve a következő évi metszésnél is felhasználásra kerülnek.

A gazdarendszer nem csak a robot által végzett folyamatokat fogja össze, hanem a gazda által végzett más folyamatokat is tudjuk itt kezelni, például: állapotfelméréseket végezhetünk és szüreti adatokat is kezelhetünk. Ezen felül a különböző georeferált adatok csoportosíthatók, és megtekinthetők a rendszerben, sőt még akár különböző struktúrák felvételére is van lehetőség a rendszerben, ezzel még nagyobb segítséget nyújtva a gazdák számára (4. ábra).



4. ábra A gazdarendszer térképes felülete

Mindezekon felül érés vizsgálatokat is tudunk végezni, különböző próbaszüretek felvételével és követésével, mely segít meghatározni a szüret időpontját. Ezek az adatok is mind hozzájárulnak majd a későbbi metszési műveletek felvételekor, hogy a rendszer megfelelő metszésintenzitást tudjon ajánlani, ismerve nem csak az előző évi metszést, de a terméshozamot is.

## 2.5. A virtuális valóság

A fejlesztés során a virtuális tér is bevonásra kerül. Ennek a segítségével tudjuk az egyes lépéseket szimulálni, minden a terepen felmerülő tényezőt figyelembe véve. Sőt, az így létrejövő szimulációval már képesek vagyunk tanítani a robotot, vagyis minden a terepen is felmerülő normál és extrém helyzetben, különböző beállítások mellett tesztelni a robotot. Ennek a megoldásnak a fő előnye, hogy a robot nem okoz semmilyen fizikai kárt a betanulás közben. Illetve a robot tanításához is felhasznált virtuális környezet segítségével a szőlészeti oktatásban is használható metszési szimuláció is készül, melyben bárki virtuális tőkét metszhet egy virtuális környezetben (5. ábra).



5. ábra A virtuális környezet, ahol a metszés végezhető (Youtube: [GraplerVR 0.2](#))

### 3. Eddig elért eredmények és továbbfejlesztési lehetőségek

#### 3.1. Szőlőmetszés és mesterséges intelligencia

Az eddig elért eredmények a metszés terén azt mutatják, hogy a szőlőnövény és részeinek felismerése lehetséges, ez a fehér háttérrel megoldással már nagy pontossággal működik, illetve a metszési helyek meghatározása is jól megvalósítható. Jelenleg folyik a háttér nélküli képek felismerésének pontosítása. A robot metszéseinek elvégzése viszont még finomhangolásra szorul, ezen a téren még nem sikerült áttörést elérni.

#### 3.2. Gazdarendszer

Eddigiekben a robotkezelés és a szimulációhoz való csatlakozás valósult meg, illetve egyéb szőlészeti alapadatok is könnyen kezelhetők a rendszerben (tőke, parcella és gazdaság szintjén is). Itt fontos kiemelni a térképkezelő és állapotfelmérő funkciót.

Továbbfejlesztési lehetőségek közül kiemelendő, hogy a gazdák adminisztrációs kötelezettségeit könnyítő adatszolgáltatások megkönnyítését eredményező funkciók is kidolgozásra kerülnek, valamint a vegetációs időszakban történő adatfelvételezések, melyek növelhetik a kihasználhatóságot és további hasznos információkat kaphatunk az ültetvények állapotáról.

#### 3.3. Szimuláció

A szimulációval készült projekt is hasznosnak bizonyul mind a tanítás, mind a finomhangoláskor. Ez főleg azért hasznos segítség, mivel a gazdarendszerekből érkező adatokkal is képesek vagyunk tesztelni. Jelenleg a szőlészoktatást elősegítő virtuális környezet továbbfejlesztése az elsődleges kitűzött cél.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott Grapler projektet a következő pályázat keretein kerül megvalósításra: „Precíziós metszőrobot és intelligens mezőgazdasági platform kialakítása képfeldolgozási és gépi tanulási eljárásokra alapozva”. Projektazonosító: 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00097. A projektet az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap támogatja, és a NKFI Alap 2020-1.1.2-PIACI-KFI pályázati program finanszírozásában valósul meg.

## Irodalomjegyzék

- [1] Borja Millan et al.: Vineyard pruning weight assessment by machine vision: towards an on-the-go measurement system, 21th GIESCO International Meeting, DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.2.2416, 2019.
- [2] Theophile Gentilhomme et al.: Towards smart pruning: ViNet, a deep-learning approach for grapevine structure estimation, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 207, DOI: 10.1016/j.compag.2023.107736, 2023.
- [3] Gaál Krisztián, Barócsi Zoltán, Szabó Balázs, Terjék Lajos, Kusper Krisztián, Árvai László, Vida László, Kusper Gábor, Szemethy László: Precíziós metszőrobot és intelligens mezőgazdasági platform fejlesztésének támogatása szőlészeti kutatási eredményeink felhasználásával, Digitális agrárium: Precíziós technológia és tudás a jövőért, ISBN 978-963-7068-15-7, 2022.
- [4] Abhisesh Silwal, Francisco Yandun, Anjana Nellithimaru, Terry Bates, George Kantor: Bumblebee: A Path Towards Fully Autonomous Robotic Vine Pruning, DOI: 10.48550/arXiv.2112.00291, 2021.
- [5] Eric Schneider, Sushanth Jayanth, Abhisesh Silwal, George Kantor: 3D Skeletonization of Complex Grapevines for Robotic Pruning, DOI: 10.48550/arXiv.2307.11706, 2023.
- [6] Henry Williams et al.: Modelling wine grapevines for autonomous robotic cane pruning, Biosystems Engineering Volume 235, pages 31-49, DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.09.006, 2023.
- [7] Alexander You et al.: An autonomous robot for pruning modern, planar fruit trees, IEEE Robotics and Automation Letters, DOI: 10.48550/arXiv.2206.07201, 2022.
- [8] Z. Barócsi, L. Szemethy, K. Gaál, B. Szabó, L. Terjék, G. Kusper, K. Kusper, L. Árvai, L. Vida: Robotics in grapevine pruning., 2022, Tokaj Wine Congress, Sárospatak - Hungary, 2023.