



GRAPE
PRODIGI

A szőlőtermelők támogatása digitális eszközökkel a precíziós gazdálkodási megközelítésük fejlesztéséhez

Tananyagok



**Co-funded by
the European Union**

Az Európai Unió finanszírozásával. A kifejtett nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) sajátjai, és nem feltétlenül tükrözik az Európai Unió vagy az Európai Oktatási és Kulturális Végrehajtó Ügynökség (EACEA) véleményét. Ezekért sem az Európai Unió, sem az EACEA nem tehető felelőssé.

Tartalomjegyzék

1. modul - A projekt bevezetése.....	3
A projekt célja	3
A projekt célcsoportjai	4
A partnerek bemutatkozása	5
2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai	8
2.1. lecke: A digitális átalakulás korszaka	8
2.2. lecke: A digitalizáció céljai.....	9
2.2.1. allecke: Bevezetés.....	9
2.2.2. allecke: Hatékonyság	11
2.2.3. allecke: Termelékenység.....	12
2.2.4. altanítás: Átláthatóság.....	13
2.2.5. altanítás: Fenntarthatóság.....	14
2.2.6. alfejezet: Kihívások az ágazat számára a fenntarthatósággal kapcsolatban	15
2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei	17
2.3.1. allecke: A dolgok internete (IoT) / szenzorizáció	17
2.3.2. allecke: Mesterséges intelligencia	19
2.3.3. allecke: Robotika.....	21
2.3.4. allecke: Műholdfelvételek.....	22
2.3.5. allecke: LIDAR (lézeres képalkotó detektálás és távolságmérés)	23
3. modul -Digitalizáció a mezőgazdaságban.....	24
1. lecke: Bevezetés.....	24
2. lecke: UAV mérések	26
3. lecke: Digitális modellek	28
4. lecke: Multispektrális térképezés és összekötő indexek	34
4. modul - Éghajlatfigyelés és számítógépes látás a mezőgazdaságban	36
1. lecke: Érzékelők a terepen	36
2. lecke: Számítógépes látás a lombkoronára alkalmazva.....	42
3. lecke: Számítógépes látás rovarokra alkalmazva.....	44
4. lecke: Betegség-előrejelző modellek	46
5. modul - Legjobb gyakorlatok	49
5.1. lecke: Digitális szőlőültetvények.....	49
5.2. lecke: Digitális borospincék és fogyasztók.....	52
Hivatkozások:	53

1. modul - A projekt bevezetése

A projekt célja

A mezőgazdaság és a szőlő-bortermelés, mint részágazat, a közös agrárpolitika (KAP) létrehozásával az Európai Unió szintjén kritikus ágazat, ahol a gazdasági és kulturális előnyök jól összpontosulnak. Az agrár-élelmiszeripari ágazat digitalizálása kötelező, hogy magasabb szintű fenntarthatóságot érjünk el a gazdálkodók számára megfelelő készségekkel. A mai hagyományos szőlőtermesztési modellek magasan képzett és tapasztalt szakembereken alapulnak, akik munkaórákat töltenek azzal, hogy a döntéshozatali folyamatokhoz számos adatot gyűjtsenek, mint például az éghajlat, a kézi munkafolyamatok, a gépi munka előrehaladása, a szőlőültetvények egészsége és növényvédelme, a talaj tápanyagellátása stb.... E mérések és kezelések összefüggése, valamint a szőlőültetvények legalább 25 éves termelési ideje, mivel azok helyhez kötött ültetvények, olyan adatok túlságosan kritikus tömegét eredményezi, amelyekkel foglalkozni kell a jobb gazdaságosság és a nagyobb éghajlati ellenálló képesség elérése érdekében.



1. Ábra A
GrapePRODIGI projekt
logója

A projekt egyik célkitűzése egy jól kidolgozott digitális szőlőgazdálkodási portál létrehozása, amely a GNSS, a távérzékelés, a mikroklíma és a precíziós gazdálkodás adatbázisaival kiegészített GIS-alapú térinformatikai keretrendszerrel használja, és amelyet a kísérleti szőlőültetvények közeli érzékelőinek adataival integrálnak. A portál oktatási és információs tartalmakat tartalmaz a mezőgazdasági digitalizáció felhasználásáról, gazdasági előnyeiről és környezetvédelmi szempontjairól a szőlőtermesztés szempontjából. A portál angol, olasz és magyar nyelven készült, és a legjobb gyakorlatokat mutatja be, hogy a célcsoport számára könnyen alkalmazható ismereteket nyújtson. Ezen túlmenően a projekt digitális eszközöket adna a szőlőtermelőknek, hogy naprakész ismereteket szerezzenek a szőlőtermesztés irányításának végrehajtásáról, az adatok feldolgozásáról és felhasználásáról a döntéshozatali folyamatok segítése érdekében. A szántóföldi gazdálkodásban alkalmazott térinformatikai alkalmazásokról szóló oktatási anyagok létrehozásával önképzési lehetőségek és egyes tanulási roadshow-k kerülnek kidolgozásra, hogy a gazdák számára digitális ismereteket nyújtsanak. A digitális térképek használata a szőlőültetvények kezelésében segít a termelőknek abban, hogy gazdaságosabban, fenntartható módon és az éghajlatváltozással szemben ellenálló módon gazdálkodjanak, a munkaerő-áthelyezések, a növényvédelmi kezelések és a tápanyagellátás optimalizálásával, valamint a döntéshozatali segítő, térképalapú adathalmazon keresztül.

Egy könnyen használható információgyűjtemény értékelésével finanszírozni lehet egy olyan geoinformatikai és precíziós gazdálkodási tudásközpont alapjait, amely naprakész információkat gyűjt össze, bemutatja a szőlőültetvények digitalizálásának előnyeit bemutató kísérleti projekteket, és a gyakorlati tanulás érdekében bemutatja a legjobb gyakorlatokat.

A projekt célcsoportjai

A termelők gyakran nem rendelkeznek megfelelő képzési lehetőségekkel és nem férnek hozzá az ilyen innovatív mezőgazdasági alkalmazások üzembe helyezésével kapcsolatos információkhoz (pl.: hogyan lehet ezeket alkalmazni, hogyan lehet egy adott birtok digitális gazdálkodási rendszerét létrehozni, hogyan lehet digitális adatokat gyűjteni és felhasználni stb.), ami akadályozza a fenntarthatóbb és hatékonyabb termelés bevezetését. A GrapePRODIGI projekt konkrétan azokat az uniós szőlőtermelőket célozza meg, akik nem rendelkeznek a digitális gazdálkodás teljes körű kihasználásához szükséges ismeretekkel/képzéssel, különösen a kis és közepes méretű gazdaságok és regionális kezdeményezések esetében. A projekt konzorciuma a kutatási és innovációs központok, magánvállalkozások és a digitalizáció és a precíziós gazdálkodás iránt érdeklődő érdekelt felek kiegyensúlyozott együttműködéséből áll majd. Szőlőtermelők, helyi és multinacionális kezdeményezések, mezőgazdasági innovátorok és vezető ágazati szereplők széles hálózata révén számos szereplő bevonható a projektbe.

Az elsődleges célcsoport a magyarországi és olaszországi szőlő- és csemegeaszőlő-termelők, különösen a történelmi borvidékeken, ahol a végtermék hozzáadott értéke elég magas ahhoz, hogy jó piaci részesedéssel rendelkezzenek, és ahol az innováció és a digitalizáció igényli a gazdálkodás terén. A projekt két nem intézményi partnere révén biztosított a nagyobb hatás elérése. Az elsődleges célcsoport mellett a gyümölcs-, zöldség- vagy növénytermesztők is megcélozhatók, mivel a szántóföldi gazdálkodási platform nem csak a szőlőtermesztésre specializálódott, hanem más kultúrák is megvalósíthatók, különösen az álló ültetvények. A térinformatikai adatbázisok alternatív felhasználóiként a regionális kezdeményezések és a gazdaközösségek is célcsoportként szerepelnek. A nyilvántartott digitális adatok regionális szintű értékelésével hasznos információk hozhatók létre a regionális stratégiák, a politikai döntéshozók és az irányító szereplők számára. A 2020 utáni KAP-tervezet azonosított pilléreivel összhangban a projekt egyedülálló lehetőséget azonosított az EU agrár-élelmiszeripari ágazatának kulcsfontosságú kihívásainak kezelésére azáltal, hogy személyre szabott képzési lehetőségeket biztosít a termelők számára, hogy támogassák őket az új fenntartható mezőgazdasági üzemgazdálkodásban való részvételben és annak alkalmazásában, ezáltal jobb bevételt biztosítva a termelőknek, gazdasági előnyöket biztosítva, valamint az éghajlatváltozással és a környezettel szembeni ellenálló képességet növelve.

A partnerek bemutatkozása

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem államilag elismert felsőoktatási intézmény, amely elsősorban az északkelet-magyarországi régióban jelentős, de országos szinten is ismert és elismert. Az egyetem 2 kampuszon működik, Egerben és Jászberényben. Mintegy 6500 hallgató vesz részt a mintegy 350 oktató és kutató munkatárs által biztosított oktatásban. Az intézmény fő tevékenységei az oktatás, a tudományos kutatás és a művészeti alkotás a nemzeti felsőoktatási törvény 2. § (1) bekezdése szerint. Az intézet alap-, mester-, diploma-, posztgraduális és diplomaképzéseket kínál meghatározott szakterületeken és szinteken. Felsőoktatási szakképzést és doktori képzést is nyújt, és doktori fokozatokat adományoz. Felnőttképzést is folytat. Alaputatást, alkalmazott és kísérleti kutatást, tudományszervezést, technológiai innovációt és egyéb, az oktatást támogató kutatásokat is végez.



2. Ábra Az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem logója

A Kutató és Fejlesztő Központ az egeri Eszterházy Károly Katolikus Egyetem része. A kutatóközpont 2006-ban jött létre. Azóta az élelmiszertudományok, élelmiszerbiztonsági technológiák és bioanalitika területén meghatározó szakmai intézet Magyarországon. A Kutató- és Fejlesztő Központ (KKK) releváns kísérleteket folytat a kognitív tudás

építésében az oktatás, a kutatás és az eredmények terjesztése kapcsán. A tudásközpontban folyó szőlészeti és borászati kutatások az elmúlt években megerősödtek, a borvidék igényeihez igazodva az ágazat helyi kutatási potenciáljának optimalizálásával és átszervezésével. A CRD Mezőgazdasági Szaktanácsadó Központ borászati tanácsadó központ által engedélyezett alszervezetei jó lehetőséget biztosítanak a kapcsolattartásra és a jó kapcsolat fenntartására a kormányzat szakmai szőlészeti és borászati szervezeteivel, szakmai szövetségekkel, klaszterekkel és egyéni gazdálkodókkal is.

Bár az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem elsősorban felsőoktatási intézmény, fontosnak tartjuk, hogy egykori hallgatóink és szakmai partnereink számára egész életen át tartó szakmai fejlődési lehetőséget biztosítsunk.

Az intézet honlapja: <https://uni-eszterhazy.hu/en>

Universita degli studi di Padova

Az egyetem Európa egyik legrégebbi és legtekintélyesebb felsőoktatási intézménye, amelynek célja a magas színvonalú oktatás, a kutatás, a nemzetközi kapcsolatok ápolása és a helyi területtel való szoros kapcsolat előmozdítása. A projekt a DAFNAE Tanszéken valósul meg, amely a növénytermesztés és az állattenyésztés, a mezőgazdasági növények védelme, a mezőgazdasági biotechnológia és a növények és állatok genetikai javítása, az élelmiszer-technológiák, a biológiai sokféleség, a környezet megőrzése és védelme, valamint a vidéki területek fenntartható kezelése területén folytat kutatási és oktatási tevékenységet. A DAFNAE küldetése az agrár-élelmiszeripari ágazat versenyképességének és a természeti erőforrások fenntartható használatának előmozdítása a növények, állatok, talaj és mikroorganizmusok kezelésével és javításával kapcsolatos ismeretek előállításával és terjesztésével a minőségi élelmiszerek előállítására érdekében, biztosítva az ökológiai rendszerek megőrzését, valamint a művelt környezet és a biológiai sokféleség javítását.



A DAFNAE a precíziós szőlőtermesztés és a digitális gazdálkodás területén végez kutatási tevékenységet a CIRVE kutatóközpontban, amely a Padovai Egyetem Szőlészeti és Borászati Tanszékközi Kutatóközpontjának olasz rövidítése. Oktatási tevékenységet a DAFNAE a Padovai Egyetem Agrártudományi Karán végez a Vinifera EuroMasterhez kapcsolódó szőlészet és borászat B.Sc. és szőlészet, borászat és borpiacok M.Sc. szakon. Dr. Franco Meggio

3. A DAFNAE logója

komoly kutatási és oktatási tapasztalattal rendelkezik a távérzékelési módszerek és a szőlőfiziológia összekapcsolása terén, hogy a távoli és közeli érzékelők alkalmazásával elősegítse a precíziós szőlészeti megközelítéseket. A Padovai Egyetem 2. szintű GIS-tudományi mesterképzésén belül a "Mezőgazdasági kultúrák víz- és szénháztartásának nyomon követése fejlett távérzékelési technikák és alapadatok felhasználásával" című kurzusért felelős oktató.

A DAFNAE Tanszék felsőoktatási oktatást folytat a 20 és 25 év közötti egyetemi hallgatók számára a szőlészeti és borászati alap- és mesterképzésen keresztül, de a képzésük tovább folytatódik a növénytudományi doktori iskolával, átlagosan 30 éves korukig. Ugyanakkor a DAFNAE ismeretterjesztő tevékenységet folytat a bortermelők, szőlészeti technikusok, agronómiai szakemberek, valamint az egyszerű polgárok és középiskolások körében is, akiknek életkora 15 és 60 év között lehet.

CET Electronics

Elektronikus rendszerek és szoftverek fejlesztése és gyártása az ipari automatizálási ágazatban és a mezőgazdaságban, különös tekintettel az innovatív érzékelőkre, a számítógépes látórendszerekre, a betegség-előrejelző modellekre és a precíziós gazdálkodásban alkalmazott robotikára.

Több, a szőlészet innovatív eszközeinek fejlesztésére irányuló projektet irányítottunk, a technikai vezető szerepében és a projektek elérésében is. A legfontosabbak a következők:

PV-érzékelés (www.pvsensing.it): a szőlő liztharmatának új előrejelző modelljének kifejlesztése, amely a talajnedvesség és a levélnedvesség újszerű érzékelőinek bemenetén alapul, valamint egy

számítógépes látórendszeren, amely képelemzéssel méri a lombkorona növekedését. ROVITIS 4.0 (www.rovitisveneto.it): autonóm permetező robot kifejlesztése a szőlőültetvények számára, amelyhez kifejlesztettük a robot vezérlését, a sztereokamerákon alapuló autonóm vezetés egy részét és a teljes precíziós permetezőberendezést, változó adagolással és a PPP-k automatikus keverő- és befecskendező rendszerével. IRRIVISION (www.irrivision.it): egy új, érzékelőkön és számítógépes látáson alapuló öntözési modell kifejlesztése a növények vízhiányos állapotának érzékelésére.

Ügyfeleinket, illetve általában a szemináriumainkat vagy bemutatóinkat általában figyelemmel kísérő közönséget elsősorban a 30 és 50 év közötti, a bortermelésben nagy szakértelemmel rendelkező (a Prosecco régióra jellemző módon), és a technológia használatában általában már



4. A CET Electronics logója

jártas gazdálkodók és borászok jellemzik, még ha a mezőgazdaságban még nem is alkalmazzák.

EGER Borműhely Egyesület

Az Egri borvidék egységes kommunikációs és szakmai marketingtevékenységének megvalósítása, valamint a minőségi bor- és szőlőtermesztés kultúrájának továbbfejlesztése, tudományos alapokon nyugvó, a mennyiségi szempontokat felülíró tudományos elvek alapján. Az egyesület rendezvényeket szervez az egri borvidék minőségi szőlő- és bortermelésének minél szélesebb körben történő megismertetése érdekében. Szakmai anyagok, tanulmányok készítésével, szakmai rendezvények és konferenciák szervezésével, szakmai anyagok, tanulmányok készítésével elősegíti a minőségi bor- és szőlőtermesztés kultúráját a borászok, bor- és szőlőtermelők körében. Kapcsolatot tart fenn más, hasonló célokat követő szervezetekkel.



Az egyesület rendszeresen tájékoztatja tagjait és a téma 5. Ábra Az EGER Borműhely Egyesület logója iránt nyitott egri borászatok képviselőit a legújabb hasznosítható eredményekről - mind a tudományos kutatás, mind az ágazati képzés tekintetében. Az Egyesület szakmai napok szervezésével segíti a vonatkozó szakmai eredmények terjesztését az egri borászatok körében, amelyek során az elméleti előadások megalapozzák a gyakorlati bemutatók pontos követését. A BAE küldetése továbbá, hogy a projektben szintén részt vevő Síkhegyet a szakmai közvélemény; a szaksajtó, a sommelier-k és a borszakértők körében is ismertebbé tegye.

Az Egri Borműhely Egyesület profilját elsősorban egri borászok alkotják. Többségük szőlészettel és borászattal is foglalkozik. Részben tagjai a Borműhelynek, de szoros együttműködés van az egri nem tag borászokkal is, így az ő elérésükre is számíthatunk. A célcsoport életkora széles skálán mozog, a résztvevők kora 20 és 65 év közötti. A tervezett projektben kidolgozott eredmények különösen számukra lehetnek hasznosak. Életkoruk a becslések szerint 30 és 50 év között mozog.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

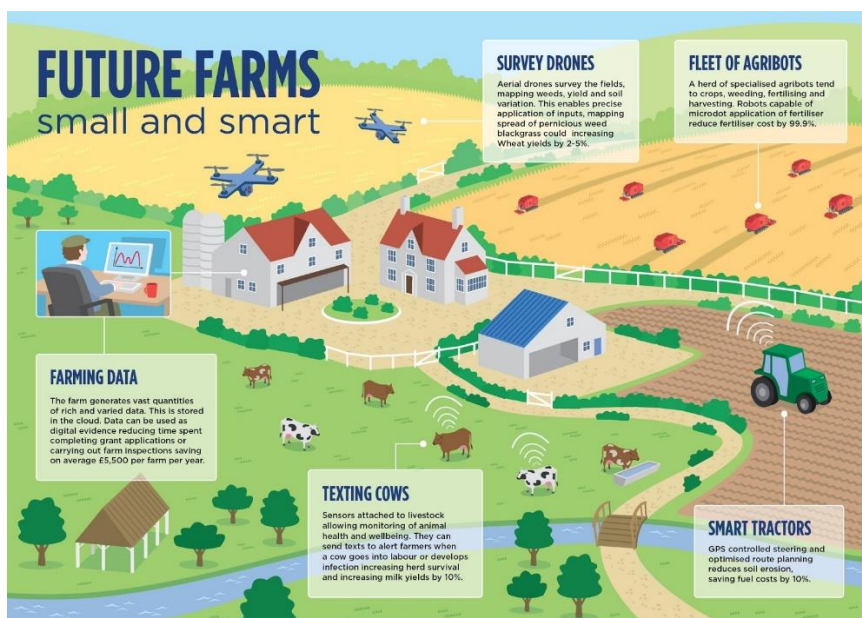
2.1. lecke: A digitális átalakulás korszaka

A jelenlegi évszázadot az új technológiák fejlődése jellemzi, az analóg, mechanikus és elektronikus technológiától a digitális eszközökig, valamint az internet elterjedése. Mindezek hozzájárultak egy új társadalmi-gazdasági és üzleti kontextushoz, a digitális forradalomhoz. Ez a korszak az 1980-as években kezdődött, és felismerték, hogy a jövőben a társadalmakat és a világgazdaságot átformáló egyik fő trend.

A digitális átalakulás a digitális technológiák segítségével új üzleti, kulturális és ügyfélélményeket hoz létre, hogy megfeleljen a piaci igények változásainak. Ez egy olyan kulturális változás, amely elősegíti a szervezetek fejlődését, hogy cselekedjenek és reagáljanak a változó körülményekre és stratégiákra a fejlődés és a további siker érdekében.

A digitalizáció jelenlegi trendjei nagy változásokat mozdítanak elő, például új üzleti modelleket és lehetőségeket találnak, illetve a meglévőket hatékonyabbá és rugalmasabbá teszik. Más szóval a digitalizáció nemcsak új tevékenységek digitalizálásáról szól, hanem a jelenlegiek átalakításáról is az új digitális technológiáknak köszönhetően.

Az elmúlt évtizedben a mezőgazdasági technológiákba történő beruházások drámaian megnöttek. A mai mezőgazdaság olyan kifinomult technológiák közös használatára törekszik, mint a műholdas képalkotás, a GPS-technológia, a robotok, valamint a hőmérséklet-, nedvesség- és egyéb érzékelők. Mindezek a technológiák forradalmasíthatják a mezőgazdaságot, és segíthetnek a termelőknek pontosabban, hatékonyabban, fenntarthatóbban és környezetkímélőbben dolgozni. A digitális technológiák a fogyasztók számára is nagyobb átláthatóságot biztosíthatnak a teljes termelési láncban.



Egy jövőbeli precíziós gazdaság sematikus növénye

2.1. ábra

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

2.2.1. allecke: Bevezetés

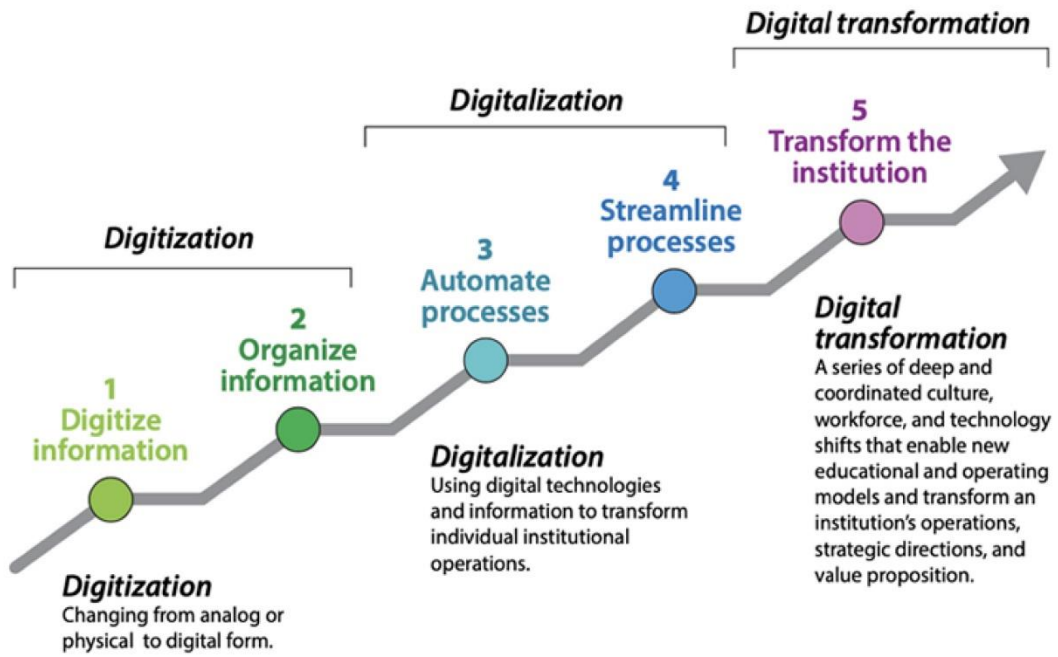
A digitális mezőgazdaság alap gondolata: *"Minél többet termelni kevesebb ráfordítással és magasabb minőségi színvonal megőrzésével"*.

Ez a megközelítés számos előnyt biztosít a vállalkozások és a környezet számára.

- **A borászatok** optimalizálhatják az erőforrás-felhasználást, csökkenthetik a fogyasztást és a hulladékot, és növelhetik a termelékenységet. A modern mezőgazdasági berendezések és az érzékelőkkel beágyazott új eszközök lehetővé tették az automatikus adatgyűjtést. Minden folyamat jövedelmezőbbé válik, mivel gyorsabban és hatékonyabban kezelhető, és óránkénti költségcsökkenéshez vezet, ami végül csökkenti az emberi munkaerő szükségletét.
- **A környezet** megóvható a hulladékok, például a műtrágyák és gyomirtó szerek, a kibocsátások és a talajtömörödés csökkentésének köszönhetően, az erőforrások ésszerűbb felhasználásával. A tárgyak internete, a felhőalapú számítástechnika és a gépi tanulási algoritmusok olyan valós vagy valós idejű adatelemzésre alkalmas eszközöket biztosítottak, amelyek segítségével a bemeneti felhasználás optimalizálása és a természeti erőforrásokkal való jobb gazdálkodás szempontjából fontos ismeretek nyerhetők ki a gazdaságok szintjén.

A szőlő- és borágazat profitálhat ezekből a technológiai fejlesztésekből. Mindazonáltal ezek nagy idő- és pénzbefektetést, valamint új képességeket igényelnek, és gyakran ez a fő oka a lassú elterjedésnek. A digitalizáció fő célkitűzései a következők:

- hatékonyság
- átláthatóság
- termelékenység
- fenntarthatóság



2.2. ábra

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

2.2.2.2. allecke: Hatékonyság

A termelési lánc hatékonyságának növelése egyértelmű előnyökkel jár, például csak a valóban szükséges erőforrások felhasználásával, a szennyező termékek használatának csökkentésével, valamint a vállalkozás hatékonyabb kommunikációs képességének javításával. A manuális folyamatok digitalizálása eddig a kis- és nagyvállalatok fejlődése és túlélése szempontjából kulcsfontosságú kérdéssé vált. Napjainkban a **mesterséges intelligencia** és a **robotika** jobban elvégezheti az ismétlődő feladatokat, így csökkentve a kézi munkát, és előnyben részesítve az alkalmazottakat a több hozzáadott értéket képviselő vagy felelősségteljesebb tevékenységekben.

A szőlő- és borágazat számára ez a koncepció lehetővé tenné a termelési lánc különböző szakaszainak javítását, például a szőlőültetvényben a szőlő fiziológiai állapotára és a szőlő minőségére vonatkozó adatok gyűjtését, a pincében a borászati eljárások jobb tervezését és végrehajtását, valamint a tárolásirányítás javítását.



2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

2.2.3. allecke: Termelékenység

Minden termelőágazat egyik fő célja, hogy azonos számú erőforrással növelje az éves termelést, és ennek a célnak az elérését ma már nagyban elősegítheti a digitalizáció. A digitalizáció nagy kapacitást biztosíthat a további hasznosításra alkalmas adatgyűjtéshez, ami a termelőket jobb döntések meghozatalához, a műveletek optimalizálásához és a termelékenység növeléséhez vezet, ami magasabb nyereséget és fenntarthatóbb mezőgazdasági ágazatot eredményez. Ez lehetővé teszi a szőlő- és borágazat számára, hogy a költségek csökkentésével javítsa a termelékenységet a borászatban, és a szőlőben telepített érzékelőkkel történő automatikus megfigyelésnek köszönhetően jobb döntéseket hozzon arról, hogy eldöntse, hogy kell-e és mennyit öntözni, a legmegfelelőbb időben végezze el a legmegfelelőbb lombkorona-kezelési gyakorlatokat, és a szőlőt a legmegfelelőbb érési szakaszban szüretelje a következő borászati folyamathoz a borászatban.

A feladatok automatizálásával és a műveletek optimalizálásával a digitális technológiák segíthetnek csökkenteni a gazdálkodók fizikai és szellemi munkaterhelését, ami jobb munkakörülményeket eredményez.

A technológiák költségei ellenére az ilyen típusú gazdálkodás és eszközök valós gazdasági előnyei jól ismertek. A tevékenységek nagyobb ellenőrzése az erőforrások optimalizálásához, következésképpen a víz és a műtrágya kisebb pazarlásához vezet. Mindez a szőlőtermelők számára megtakarítást jelent.



2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

2.2.4. altanítás: Átláthatóság

Az átláthatóság a vállalkozások és a fogyasztók számára egyaránt fontos kérdés. Ebben a keretben a digitalizáció nagyban hozzájárulhat az átláthatóságot javító technológiák révén, amelyek az információkat szélesebb közönség számára hozzáférhetőbbé teszik. A digitalizáció segíthet a mezőgazdasági termékek nyomon követhetőségének javításában, lehetővé téve a fogyasztók számára, hogy tájékozottabb döntéseket hozzanak.

A termelési lánc minden egyes szakaszának folyamatos és pontos nyomon követése a végtermék jobb minőségét eredményezheti, ami kétségtelenül előnyös az egészségre nézve. Becslések szerint a csúcstechnológiás ellátási láncban a termékek megőrzik tulajdonságaikat, és ezért egészségesebbek.

A szőlő- és borágazatban a fogyasztók számára a nagyobb átláthatóság egyik példája az e-címke, amely lehetővé teszi, hogy egy QR-kódon a hagyományos címkénél nagyobb mértékben szerepeljenek a borászatról, a területről, egészen a szőlőültetvényig, ahonnan a szőlő származik.

Az elmúlt években drámaian megnőtt a gazdaságokban gyűjtött adatok mennyisége. A mezőgazdasági technológiai szolgáltatók, a csúcstechnológiai vállalatok és az adatszolgáltató cégek egyre fontosabb szerepet játszanak a mezőgazdasági adatok gyűjtésének, tárolásának, feldolgozásának és elemzésének folyamatában. Becslések szerint az átlagos gazdaságok által naponta generált adatmennyiség 2015-ben meghaladta a 250 000 adatpontot. Az előrejelzések szerint a mezőgazdasági adattermelés tovább növekszik, 2020-ra a napi mintegy 500 000 adatpontról 2030-ra napi több mint 2 000 000 adatpontra (Thompson et. al. 2021).

A digitalizáció elterjedésének lehetséges korlátai közé tartozhatnak a mezőgazdasági adatokra vonatkozó tisztázatlan tulajdonjogok és maradék döntési jogok, valamint a gazdaságokban gyűjtött személyes és nem személyes adatok felhasználásával kapcsolatos adatvédelmi aggályok. A termelőket elsősorban a gazdaságaikban gyűjtött mezőgazdasági adatokkal való esetleges visszaélések aggaszthatják. Ugyanazokat az adatkészleteket, amelyek a mezőgazdasági döntések meghozatalához tájékoztatást és iránymutatást nyújthatnak, a mezőgazdasági technológiai szolgáltatók és adatszolgáltató cégek arra is felhasználhatják, hogy a gazdálkodók és a vidéki közösségek kárára javítsák üzleti és piaci pozíciójukat.



2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

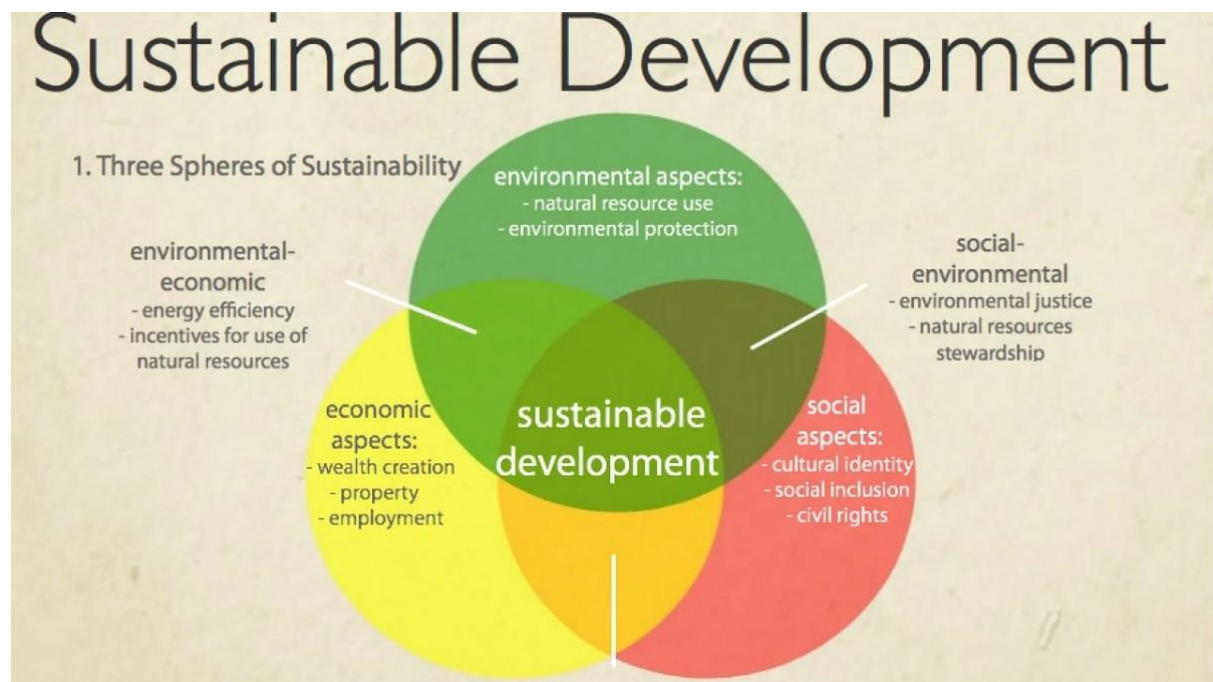
2.2.5. altanítás: Fenntarthatóság

A fenntarthatóság a digitalizáció másik célja a szőlő- és borágazat javítása érdekében. A Szőlészet 4.0 kifejezetten a mezőgazdasági tevékenység fenntarthatóságának javítására és a teljes termelési lánc környezeti hatásainak csökkentésére irányul a szőlőtől a borig.

Fenntartható mezőgazdaság alatt olyan típusú mezőgazdaságot értünk, amely az emberi és gazdasági erőforrások mellett a természeti erőforrások tiszteletben tartását is előtérbe helyezi. A fenntartható mezőgazdaság képes biztosítani a világ jelenlegi lakosságának jólétét anélkül, hogy károsítaná a jövő nemzedékeit, amelyek megőröklük a világot, amelyben élünk.

A fenntartható mezőgazdaság egy olyan etikus gazdasági modellen alapul, amely minden érdekelt félre nézve kötelező, és amelynek alapelvei a következők:

- a termelők munka- és életkörülményeinek javítása. Ez a leghátrányosabb helyzetűeket támogatja a nagyobb fejlődési lehetőségek révén.
- a fogyasztók tudatosságának növelése a földterületek erőforrásainak kiaknázására használt mechanizmusokkal kapcsolatban.



2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.2. lecke: A digitalizáció céljai

2.2.6. alfejezet: Kihívások az ágazat számára a fenntarthatósággal kapcsolatban

Az [ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete \(FAO\)](#) meghatározta a fenntartható mezőgazdaság 5 alapelvét, amelyek segíthetnek megérteni ennek a változásnak a fontosságát társadalmunkban.

1. **A termelékenység, a foglalkoztatás és a hozzáadott érték növelése az élelmiszer-rendszerekben azzal a céllal**, hogy a globális élelmiszerellátás biztosítása, valamint a víz- és energiafogyasztás csökkentése érdekében ösztönözze a mezőgazdasági gyakorlatok és folyamatok megváltoztatását.
2. **A természeti erőforrások védelme és javítása** a környezetvédelem előmozdításával, valamint a vízforrások szennyezésének és az ökoszisztémák pusztulásának csökkentésével.
3. **A megélhetés javítása és az inkluzív gazdasági növekedés előmozdítása.**
4. **Az emberek, közösségek és ökoszisztémák ellenálló képességének javítása az éghajlatváltozásból vagy a piaci áringadozásból eredő időjárási események hatásának minimalizálása érdekében.**
5. **A kormányzás hozzáigazítása az új kihívásokhoz** a méltányosság és az átláthatóság biztosítása érdekében minden szinten (köz- és magánszféra).

A körforgásos gazdaság, egy regeneratív gazdasági modell, számos új lehetőséget kínál arra, hogy a borászati vállalatok három világos alapelvet alkalmazva a fenntarthatóság irányába tereljék üzleti modelljüket:

- elkerülni a korlátozott erőforrások felhasználását, valamint a hulladék és a környezetszennyezés egyéb formáinak keletkezését;
- a termékek és anyagok minél hosszabb ideig és a lehető legnagyobb értéken maradjanak használatban;
- és regenerálja a természetes rendszereket.

A szőlő- és borágazat esetében a fenntarthatósággal kapcsolatos főbb kihívások a következők:

- hozzájárul a vidéki területek gazdasági értékteremtéséhez azáltal, hogy a lakosságot a területhez köti;
- az értékláncban dolgozók jogainak és jó körülményeinek biztosítása;
- a fenntartható mobilitás különböző formáiba való befektetés a forgalmazási folyamatban;
- a fenntartható és hatékony, növényvédő szerek nélküli, minimális vízfelhasználású termelés előmozdítása;
- a regeneratív mezőgazdaság előmozdítása: a talajminőség javítása és hozzájárulás az éghajlatváltozás mérsékléséhez;
- a biológiai sokféleség és a szárazföldi ökoszisztémák egészségének és értékének garantálása;
- a fenntartható energia új formái, mint a bioüzemanyagok;
- a hulladék csökkentése az egész értékláncban;
- figyelembe véve az éghajlati kockázatot és az emelkedő hőmérséklet hatását a termelési folyamatban;

- a biológiai termelés maximális kihasználása: a borászat mint biofinomító;
- termék ökotervezési és marketingmodell: új csomagolási formák (újrafelhasználható, visszaváltható, komposztálható, újrahasznosítható) és új termékelérési formák, amelyek elősegítik a körforgást;
- a létesítmények, infrastruktúrák, gépek és berendezések életciklusának optimalizálása;
- vízkörforgás: a víz összegyűjtése, felhasználása és regenerálása;
- az energiafogyasztás minimalizálása és a megújuló energiaellátás.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei

2.3.1. allecke: A dolgok internete (IoT) / szenzorizáció

A tárgyak internete (IoT) olyan fizikai tárgyak (dolgok) hálózatát határozza meg, amelyek érzékelőkkel, szoftverekkel és egyéb technológiákkal vannak ellátva, és amelyek az interneten keresztül más eszközökkel és rendszerekkel kapcsolódnak és cserélnek adatokat. Az elmúlt években az IoT a 21. század egyik legfontosabb technológiájává váltst. A gazdaságokban gyűjtött és nagyobb adathalmazokká aggregált adatok (*big data*) a továbbiakban úgy tekinthetők, mint amelyek bizonyos közjó tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezen adatok hozzáférhetősége lehetővé teszi a megalapozott élelmiszertermelési döntések meghozatalát, a globális élelmiszerbiztonság, a környezetvédelem, a közegészségügy és az éghajlatváltozással kapcsolatos politikák megvalósítását.

A gazdaságok szintjén a növények egészségi állapotának nyomon követése hatalmas erőfeszítést igényel. A szántóföldek termelése aligha heterogén, főként a különböző talajminőség, a paraziták és gombák jelenléte vagy az öntözési problémák miatt, különösen, ha nagyon nagy területekre terjednek ki. Ezért létfontosságú, hogy ezeket az okokat azonnal azonosítani tudjuk, hogy minden olyan helyzetet orvosolni tudjunk, amely csökkenti a termelékenységet.

Az érzékelőtechnológia fejlődése lehetőséget nyújt arra, hogy számos eszköz egymás mellett létezzen és együttműködjön, és információt cseréljen (pl. talaj- és vízállapotok a hatékony vízfelhasználás, öntözésirányítás érdekében). Ma a **digitális szőlőültetvények** fogalma olyan új mérőeszközökre utal, amelyek számos adat vezeték nélküli szenzorok segítségével történő gyűjtésén alapulnak (esetleg műholdas vagy drónfelvételekkel kombinálva és mesterséges intelligencia segítségével). A szőlőültetvények és borászatok tekintetében ezek a mérendő adatoktól függően közvetlenül a talajban, a szőlőtörzsekbe ágyazva vagy a levelek között elhelyezve segíthetnek a termelékenység javításában, a stresszhelyzetek nyomon követésében és az éghajlati előrejelzésben.

Az IoT-alkalmazások az értékláncban elfoglalt helyük szerint osztályozhatók:

a. Szőlőskert

A technológiai megoldások szőlőültetvényeken való alkalmazásának egyik fő oka a szüret során jelentkező kockázatok csökkentése. A szőlőültetvényeken jelenleg használt érzékelők és műholdképek többsége a szőlő minőségének ellenőrzésére és a környezeti szempontokra összpontosít: a talaj- és vízviszonyok figyelemmel kísérése a hatékony vízfelhasználás, az öntözésirányítás és az időjárás-előrejelzés érdekében. Ez lehetővé teszi az olyan kulcsfontosságú paraméterek nyomon követését is, mint a levegő hőmérséklete, a szélesebesség, a relatív páratartalom, a levélnedvesség, a talajnedvesség és a csapadék. A technológiák, például a drónok és az infravörös és multispektrális képek kombinációjának köszönhetően számos alkalmazás is létezik a kártevők elleni védekezéshez a szőlőültetvényekben. Sok borászat például már most is kombinálja a szenzoradatokat (páratartalom, hőmérséklet, talajvezetés és szőlőminőség) és a műholdképeket, hogy valós időben nyomon kövesse a szüret kulcsfontosságú környezeti tényezőit. A tárgyak internetének egy másik alkalmazási területe

az ágazat fenntarthatóbbá és regeneratívabbá tétele a vízhasználat optimalizálásával, a növényvédő szerek kiküszöbölésével és a talajminőség mérésével.

b. Pincészet és forgalmazás

A borászatban a szenzorok használatának fő célja a helyes borkészítési folyamat és a minőség garantálása szempontjából legfontosabb paraméterek ellenőrzése. Az éghajlatváltozás elősegíti az évszakok közötti változékonyságot. E forráskönyv szerint a változó időjárási körülmények miatt a termék, még ha azonos módon készül is, minden évben bizonyos, akár nagy különbségeket mutat. Az érzékelés lehetővé teszi a borkészítési folyamat valós idejű nyomon követését. Kis módosításokkal olyan terméket lehet előállítani, amely a lehető legközelebb áll a kívánthoz.

A borászok manapság olyan szenzoralapú online rendszereket igényelnek, amelyek laboratóriumi létesítmények nélkül végzik el az erjedési folyamat értékelését. Az érzékelők a borospincékben a bor érlelésének nyomon követésére használhatók, beleértve a hőmérséklet, a fény és a páratartalom kulcsfontosságú tényezőit. A hőmérséklet különösen fontos, mivel a legkisebb ingadozások is megváltoztathatják a bor oxidációját, és így jelentősen befolyásolhatják a minőséget.

Az elosztási fázisban az IoT jelentős előnyökkel jár a logisztika javításában is a hatékonyság növelése és a költségek csökkentése érdekében. Ilyen például a vállalat összes logisztikai áramlását vezérlő és optimalizáló szállítási irányítási rendszer, vagy a nyersanyag- és késztermék-szállítók bejövő áramlásainak és üzemen belüli mozgásának ellenőrzésére szolgáló számítógépes látásmegoldások.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei

2.3.2. allecke: Mesterséges intelligencia

A mesterséges intelligencia (AI) az informatika egyik ága, amely olyan intelligens eszközök fejlesztésével foglalkozik, amelyek képesek olyan feladatok elvégzésére, amelyekhez általában emberi intelligencia szükséges. A mesterséges intelligencia interdiszciplináris tudományág, amelynek számos alkalmazási területe a gépi tanulás és a mélytanulás technikáit használja. Az emberi agyhoz hasonlóan a mesterséges intelligencia is tanul a tapasztalatokból, fejlett algoritmusok és szoftverek segítségével, amelyekkel nagy mennyiségű adatban található közös vagy ismétlődő mintákat vagy egyedi jellemzőket azonosít. A mesterséges intelligencia nagymértékben függ a szenzortechnikától, mint a minták azonosítására és előrejelzések készítésére használt információtól.

A mesterséges intelligencia (AI) központi szerepet játszik a társadalom digitális átalakulásában, és ma már prioritást élvez. A jövőbeni alkalmazásai várhatóan jelentős változásokat hoznak, de a mesterséges intelligenciát már most is számos feladatra használják a szőlőültetvényeken, a borászatokban és a forgalmazás során.

a. Szőlőkert

Ami a mesterséges intelligencia szőlőültetvényekben történő alkalmazását illeti, a mesterséges intelligencia szoftver értékes betekintést nyújt a szőlőültetvények mennyiségi szempontjaiba (pl. méret, terméshozam) és egyéb körülményeibe (pl. fiziológiai és táplálkozási állapot). A mesterséges intelligencia integrálódik a közeli szenzoroktól és a műholdas képektől kapott adatokkal, ami lehetővé teszi a szőlősgazdák számára, hogy a szőlőültetvények kezelésének számos szempontját javítsák. Például a szőlőültetvények szőlőfajta szerinti osztályozása (a szőlőfajta megkülönböztetése a levél jellemzőinek, a szőlő méretének, alakjának és színének, a héj típusának, az íznek stb... megfigyelésével); a termesztés irányítása és optimalizálása érzékelők és képek segítségével, amelyek a termelők számára támogató információkat nyújthatnak a terméshozam és az érési szakasz ellenőrzésére vonatkozó legmegfelelőbb döntések meghozatalához, a szőlőszüret optimális időpontjának jobb becslése és a minőség garantálása érdekében.

Ez a technológia, ha megfelelően egyesül más technológiákkal, például az érzékeléssel, számos előnnyel járhat. Összegyűjtheti, értelmezheti és tanulhat az összegyűjtött adatokból, segítve a gazdálkodókat az adatalapú döntések és előrejelzések meghozatalában.

Teljes körű növényfigyelő és -kezelő alkalmazás a termelés és az erőforrások felhasználásának optimalizálására a bortermelésben, különböző technikák (számítógépes látás, prediktív modellek) és különböző forrásokból származó adatok felhasználásával: az érési ciklus ellenőrzése és a szüret tervezése, a kártevők elleni védekezés, az intézkedések megfelelősége és a felhasználásuk minimalizálása (öntözés, trágyázás) a következő funkciókkal:

- Növénygazdálkodás: termésérzékelés a gépi látással történő megfigyeléshez (kártévők felismerése, tápanyaghiány, gyümölcserés stb.) anyagok és tárgyak nyomon követhetősége.

- Előrejelző modellek: a cselekvések eredményei a cselekvési előzmények és a korábbi kontextus alapján, a betakarítás időpontjának előrejelzése, a kártevők terjedésének előrejelzése stb. a növényápolással kapcsolatos döntések meghozatalához.
- Műszerfal: grafikus és riasztásokkal ellátott, interaktív és teljes mértékben testre szabható vezérlőfelület.
- Adatgyűjtés: IoT-alapú (érzékelőrendszer a terményben).

b. Pincészet és forgalmazás

A borászatokban a mesterséges intelligencia összegyűjti az érzékelőktől kapott adatokat, és felhasználja azokat a termelési lánc hatékonyságának javítására. A készletek és a hordók állapotának valós idejű ellenőrzése lehetővé teszi a termelés optimális ütemezését az elvégzett elemzés alapján. Ez segíthet a borászatoknak maximalizálni termelékenységüket, és hozzájárulhat a fenntarthatóbb termeléshez.

Az értéklánc utolsó szakaszában a borforgalmazók a mesterséges intelligenciát arra használják, hogy elérjék a végső fogyasztót, megváltoztatva a fogyasztók borvásárlási szokásait, megismerve a termékpreferenciákat és létrehozva a végső fogyasztóhoz vezető közvetlen csatornákat, amelyek végső soron a termelékenység javát szolgálják.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei

2.3.3.3. allecke: Robotika

A robot definíciója szerint "*számítógép által vezérelt gép, amelyet automatikus munkavégzésre használnak*". A robotok segíthetnek az embereknek és/vagy megismételhetik az emberi tevékenységeket. Kezdetben egyszeri és ismétlődő feladatok elvégzésére használták őket, de mára fejlődtek, hogy bonyolultabb műveleteket végezzenek, amelyek megkönnyítik a különböző típusú munkákat. Minden robot különböző szintű autonómiával rendelkezik, az ember által irányított robotoktól kezdve, amelyek rutinfeladatokat végeznek, amelyek felett az embernek teljes kontrollja van, a teljesen autonóm robotokig, amelyek minden külső hatás nélkül végzik a feladatokat.

A borászatban a mesterséges intelligenciával felszerelt csúcstechnológiás robotok minimalizálhatják például az aszály, a magas hőmérséklet és a szüreti menetredek változásainak hatásait. Pontosabbak és gyorsabbak, mint bármelyik emberi borász.

Ha a robotika alkalmazásairól és előnyeiről beszélünk a szőlő- és borágazatban, akkor az értékláncban elfoglalt helyének megfelelően egy sor alkalmazás alakítható ki:

Szőlőskert

A robotok olyan tényezőket ellenőrizhetnek a szőlőültetvényekben, mint a szőlőtermés, a vegetatív növekedés és a szőlő összetétele. Ezáltal egy olyan recept-térkép hozható létre, amely megmutatja a termés minőségét az egyes homogén zónákban, és ha a terméshozam növeléséről, a betegségek megelőzéséről vagy a túlzott növekedés szabályozásáról van szó, a szőlőtőkék meg lehet metszeni, és a növényvédő szereket robotok segítségével hatékonyan lehet tovább alkalmazni. Ahhoz, hogy ezeket a feladatokat akár *menet közben* is el lehessen végezni, a növény vagy a sor 3D-s képét kell kiszámítani, ami lehetővé teszi, hogy a gépek a tőkék mentén mozogjanak, metszenek és trágyázzanak.

Ahogy a szőlő ültetése, ellenőrzése, metszése és trágyázása automatizálható, úgy a szőlő szüretelése is elvégezhető robotok segítségével, a szőlőtőkék rázásával és a szőlőtőkék begyűjtésével, amint azok a tőkéről lehullanak.

Borászat és forgalmazás

Az értéklánc végső szakaszában sok raktárban elterjedt a robotok használata, és egyes logisztikai központok számára szükséges a készletek hatékony nyomon követése a különböző helyszíneken lévő számos raktárban, ami segít az elosztási szakasz termelékenységének növelésében. Az intelligens raktározás - amely a raktárak robotika és mesterséges intelligencia révén történő automatizálására, valamint az intelligens üzletekre utal - révén a bor életciklusának utolsó szakasza jelentősen javul. Mivel az elosztás és a forgalmazás hatékonyabbá válik az időmegtakarítás és az operatív munkák automatizálása miatt, így a feladatok a mesterséges intelligenciával való integrációnak köszönhetően önállóan futnak, a feladatok biztonságának növelése, a vállalat összes logisztikai áramlásának ellenőrzése és optimalizálása, a készletellenőrzési képesség javítása stb. révén.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei

2.3.4. allecke: Műholdfelvételek

A műholdas termésfigyelés egy olyan eszköz, amely lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy a nagy felbontású műholdképek többspektrális képelemzésének köszönhetően folyamatosan nyomon kövessék a földjeik egészségi állapotát, és azonnal riasztást adjanak.

A műholdak által készített képeket számos célra használják, például térképészetre, földrajzi helymeghatározásra, az éghajlatváltozás hatásaira, földrajzi felmérésekre stb. Az utóbbi években egyre szélesebb körben elterjedt a különböző műholdképek felhasználása a mezőgazdasági ágazat javára. Ez különösen az Európai Unió Copernicus földmegfigyelési projektjének elindulása óta tapasztalható, amelynek keretében egy sor Sentinel műholdat indítottak a világűrbe, amelyek feladata, hogy a mezőgazdasági üzemek hatékonyságának javítása érdekében a termesztési körülményekről és a növények egészségéről hatalmas mennyiségű információt gyűjtsenek.

Ez azért lehetséges, mert a műholdak képesek érzékelni az elektromágneses sugárzás bizonyos hullámhosszúságú tartományait, például a látható és a közeli infravörös sávokat, és így olyan problémákat is felismerni, amelyeket szabad szemmel nem lehet észlelni. A gyakorlatban a növényekről és a talajról visszaverődő napfényt képesek "befogni", hogy egyfajta terepi képet készítsenek, amely olyan kulcsfontosságú szempontokról nyújt információt, mint a növényzet fejlődése, a talaj nedvességtartalma és hőmérséklete. Az e műholdakról nyert képek sávok vagy vegetációs indexek kombinációival jeleníthetők meg. A legelterjedtebb az NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), amely segít azonosítani a fotoszintetikusan aktív és ezért egészséges növényeket. Ezek az indexek sok információt szolgáltathatnak a növények állapotáról, arról, hogy mennyire érettek a növények, és milyen típusú növényeket termesztnek az egyes földterületeken.

A termelők számára jelentős előnyt jelent, hogy rövid időn belül megújuló, pontos képekkel rendelkeznek a szántóföldről, mivel így valós időben ismerhetik a növények állapotát, a betegségeket, a vízhiányt vagy az érettséget. A mesterséges intelligenciával és a tárgyak internetével kombinálva ezek a technológiák prediktív modelleket vagy döntéstámogató rendszereket (DSS) hozhatnak létre, amelyeket a gazdálkodók felhasználhatnak az éves termés előrejelzésére, a szélsőséges időjárási események előrejelzésére, a betegségek vagy kártevők gyors és pontos felismerésére, valamint a múltból való tanulásra a termés előrejelzése vagy javítása érdekében.

2. modul - A mezőgazdasági digitalizáció gazdasági előnyei és környezetvédelmi szempontjai

2.3. lecke: A szőlő- és borágazat főbb digitális trendjei

2.3.5. allecke: LIDAR (lézeres képalkotó detektálás és távolságmérés)

A LiDAR egy nem invazív érzékelési technológia, amely a növényzet szerkezetének feltérképezésére használható, beleértve a magasságot, a sűrűséget és a növényzet egyéb jellemzőit. Ezáltal ideális eszköz egy adott terület jellemzőinek részletes tanulmányozására (pl. terep, növényzet, akadályok, lejtő stb.).

A LiDAR egy "aktív" távérzékelő rendszer, ami azt jelenti, hogy a rendszer maga termel energiát (fény sugarat) a talajon lévő objektumok méréséhez. A rendszer fényt bocsát ki egy gyorsan tüzelhető lézer formájában, amely a talajba jut, és visszaverődik az olyan tárgyakra, mint például az épületek és faágak. A visszavert fényenergia ezután visszatér a LiDAR érzékelőhöz, ahol rögzítésre kerül.

Ezt a technológiát elsősorban az autonóm járművekben használják, mivel képes pontosan feltérképezni a jármű környezetét. A szőlő és a bor világában ez az eszköz számos alkalmazásban használható:

- **Térképezze fel a szőlőültetvényt** három dimenzióban, a föld domborzatától kezdve az egyes tőkék gyümölcséig. A rögzített "*3D felhőpontok*" pontos 3D modellt adnak a szőlőültetvény egy ábrázolásáról. A technológia által kibocsátott fény visszaverődik az útjába kerülő tárgyakon, visszatér az érzékelőhöz, és létrehozza a 3D térképet.
- **Szüreti hozamértékelés:** mivel az érzékelő végigmegy a szőlőültetvényen, elemzi azokat a területeket, ahol több gyümölcs van, és azonosítja az esetleges magas vagy alacsony termelékenységet, hogy más eszközöket, például műtrágyákat kalibrálhasson a növekedés szabályozására vagy ösztönzésére. Így a műtrágyák és a víz hatékonyabban hasznosulnak.
- **Helyspecifikus permetezés:** a legalacsonyabb vagy legmagasabb lomb- és terméssűrűségű területek pontos feltérképezése. Ezt az információt tovább lehet használni a növényvédő szerek pontosabb használatára, valamint a termelők szennyezésének és költségeinek csökkentésére.
- **Csökkentheti a balesetek számát a szőlőültetvényen:** a terep részletes 3D-s térképének birtokában javulhat a traktorok és az autonóm járművek biztonsága, mivel a terep tökéletesen fel van térképezve a lejtőkkel, lyukakkal és egyéb veszélyekkel.

A jövőben várhatóan a traktorok és az autonóm járművek jelentik majd e technológia fő határait a szőlőültetvényeken, mivel a költségek és az alkalmazkodóképesség tekintetében (drónok és traktorok) egyre könnyebben hozzáférhetővé válnak. Az autonóm járművek további fejlődésével a LiDAR eszközök iránti kereslet növekedni fog, ami a kínálat növekedését és versenyképesebb árakat eredményez.

3. modul -Digitalizáció a mezőgazdaságban

1. lecke: Bevezetés

A digitalizáció a korszak meghatározó technológiai átalakulása, és ahogy más ágazatokban, úgy a mezőgazdaságban is jelentős hatással lesz. A digitalizáció az infokommunikációs technológiák - beleértve az internetet, a mobil technológiákat és eszközöket, valamint az adatelemzést - alkalmazását jelenti a digitális tartalom előállításának, gyűjtésének, cseréjének, összesítésének, kombinálásának, elemzésének, hozzáférésének, kereshetőségének és megjelenítésének javítása érdekében, beleértve a szolgáltatások és alkalmazások fejlesztését is.

Ez a folyamat magában hordozza annak lehetőségét, hogy a mezőgazdaság működésében jelentős változásokat idézzon elő, túlmutatva a különálló eszközökön, technológiákon vagy gyakorlatokon, és utat kínáljon az innovációnak, valamint a termelés és az ellátási láncok szervezésének új módjainak. A mezőgazdasági ágazatban különösen a digitalizációnak köszönhetően számos átalakító tendencia figyelhető meg, például a precíziós mezőgazdaságra való nagyobb hangsúlyt helyező, valamint a nagy mennyiségű adat felhasználása a termelés és az üzleti hatékonyság fokozására.



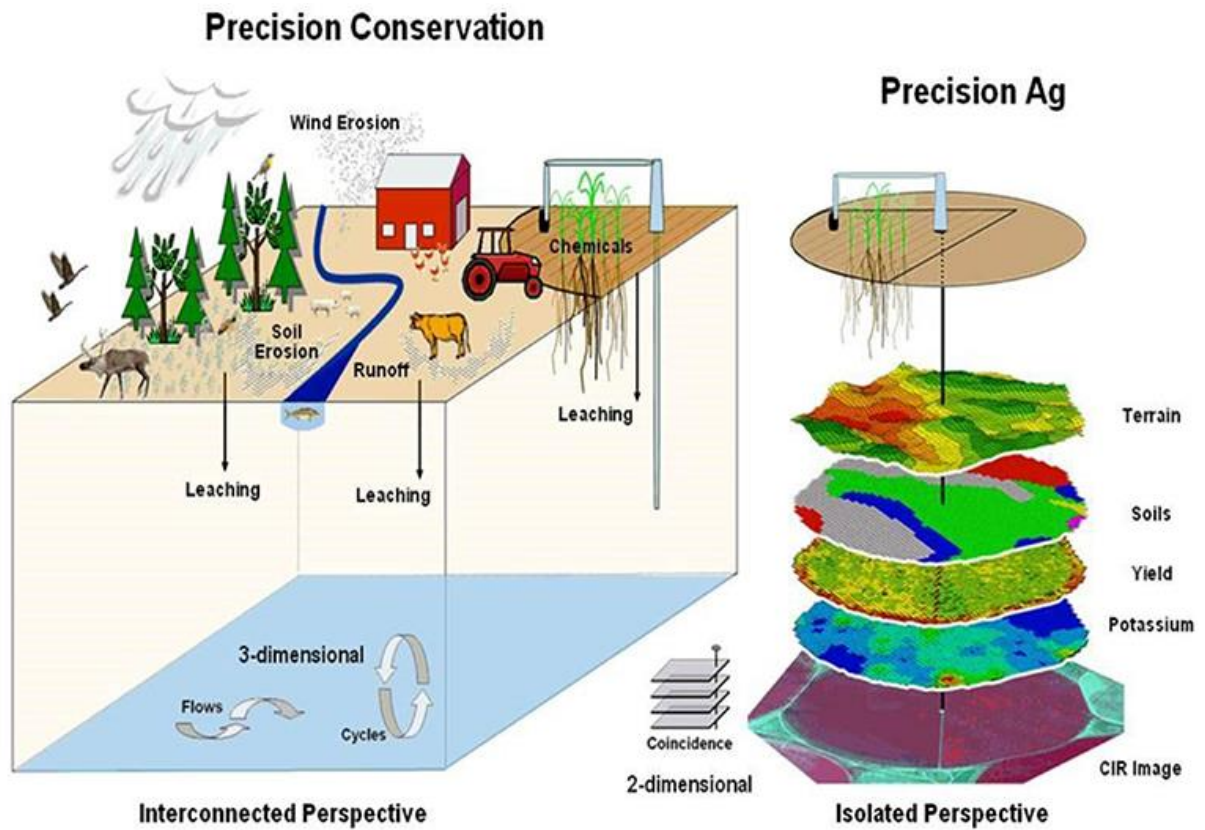
6. Ábra Digitalizáció a mezőgazdaságban

Az agrár-élelmiszeripari értékláncok és a tágabb értelemben vett mezőgazdasági innovációs rendszer (AIS) állami és magán szereplői többféle módon is profitálhatnak a mezőgazdaság digitális átalakulásából. A mezőgazdasági termelők számára a digitális technológiák és a mezőgazdasági adatokból nyert ismeretek támogatják a jobb döntéshozatalt a gazdaságokban, elősegítve az innováció fellendítését, valamint a mezőgazdasági termelékenység, fenntarthatóság és

ellenálló képesség javítását. A digitális technológiák a hatékonyság és az értékteremtés új forrásai számára is lehetőségeket kínálhatnak a mezőgazdasági üzemek előtt és után, támogatva a kutatást és az innovációt, az ágazat számára új szolgáltatások létrehozását, valamint az értékláncokban a jobb nyomon követhetőséget és a hatékonyabb tranzakciókat (Jouanjean, 2019). Emellett a politikai döntéshozók a digitális technológiák segítségével javíthatnák a szakpolitikák kialakításának, végrehajtásának és nyomon követésének módját, és új, jobb szakpolitikákat tervezhetnének a mezőgazdasági ágazat számára. Valójában, még ha nem is minden mezőgazdasági innováció kapcsolódik a digitális technológiákhoz, a digitális technológiák a legtöbb más típusú innovációt támogatják.

Fontos, hogy a lehető legtöbb adatot értékeljük ki a nyilvántartott adatokból, hogy pontosabb képet kapjunk a növényzet tényleges állapotáról.

Az átfedés (7. ábra) egy olyan GIS művelet, amely több (különböző témát reprezentáló) adathalmazt helyez egymásra a köztük lévő kapcsolatok azonosítása céljából. Az átfedés a bemeneti adatkészletek geometriájának és attribútumainak kombinálásával egy összetett térképet hoz létre.



7. ábra A helyspecifikus megközelítés háromdimenziós léptékű megközelítéssé bővíthető, amely a be- és kiáramlásokat a mezőkről a vízgyűjtő és a regionális léptékig értékeli.

A következő videó bemutatja, hogyan működik a digitalizálás és a térképek átfedése, az információk értékelése a mezőgazdasági gyakorlatban.

<https://www.youtube.com/watch?v=s7QDPwHiFAU>

Hogyan növelik a drónok az intelligenciát a mezőgazdaságban?

Az alábbi videó bemutatja, miért hasznosak a drónok a modern mezőgazdaságban, és hogyan szolgáltatnak a drónok adatokat a döntéshozatalhoz.

https://www.youtube.com/watch?v=wagjFXb_uz4

2. lecke: UAV mérések

A távérzékelés a mi céljainkra a földfelszíni objektumok tulajdonságainak mérése repülőgépekről és műholdakról gyűjtött adatok segítségével. Ez tehát egy kísérlet arra, hogy valamit ne a helyszínen, hanem távolról mérjünk. Mivel nem vagyunk közvetlen kapcsolatban az érdeklődésünk tárgyával, valamilyen terjedő jelekre kell támaszkodnunk, például optikai, akusztikus vagy mikrohullámú jelekre.

A pilóta nélküli légi járművek (UAV) érzékelőit és platformjait manapság szinte minden olyan alkalmazásban (pl. mezőgazdaság, erdészet, bányászat stb.) használják, ahol a felülnézetből megfigyelt információkra van szükség. Miközben általános távérzékelési (RS) eszköznek szánják őket, a vonatkozó RS-adatfeldolgozási és -elemzési módszerek még mindig nagyrészt az alkalmazásokhoz igazodnak. Az UAV-adatok fő előnye a nagy térbeli felbontás, valamint az adatgyűjtés és az érzékelők integrálásának rugalmassága, de általában hiányzik a szisztematikus elemzés arról, hogy ezek a jellemzők hogyan változtatják meg a tipikus RS-feladatok - például a földtakaró osztályozása, a változások észlelése és a tematikus térképezés - megoldásait.

A légi fotogrammetria segítségével az UAV-technológia több millió pontot képes mérni a teljes területről, így nincs olyan kihagyott rész vagy terület, ahová esetleg vissza kell mennie.

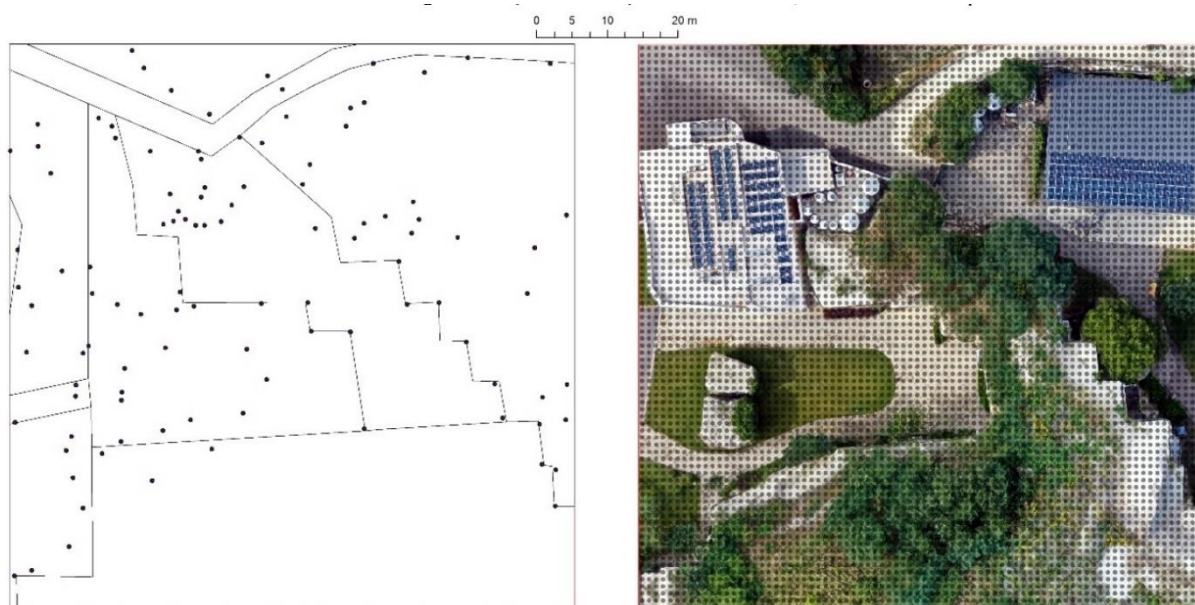


8. Ábra A mezőgazdaságban rendszeresen használnak pilóta nélküli légi járműveket (UAV) terepi felmérésekhez.

A szőlőültetvényekről készült légi digitális felvételek értékes információkkal szolgálhatnak a szőlészek és a szőlőültetvények kezelői számára. A

különböző intézkedésekhez különböző kamerák használhatók, például nagy felbontású kamerák és/vagy multispektrális kamerák.

Hagyományosan a pontokat geodéziai mérőeszközökkel mérik, majd elkészítik a vázlatrajzot és a magassági pontokat felrajzolják, aminek hátránya, hogy csak néhány pontot rögzítenek, minden egyes pont mérése sok időt igényel, így a költségek magasak. A légi fotogrammetria segítségével a dróntechnológia az idő töredéke alatt képes a teljes területről magassági pontok millióit mérni (9. ábra), így nincs olyan kihagyott rész vagy terület, ahová esetleg vissza kell menni. A mérés során a 3D pontfelhő mellett ortofotó is készül, amely segíti a tervezési folyamatot és a vizualizációt. A topográfia és a magassági modell alapján megtervezhető a földmunkák és építmények elhelyezkedése, tájba illesztése, illetve az ültetvények tervezése.



9. Ábra Felmérés hagyományos és UAV módszerrel

Hogyan használhatsz drónt térképezésre?

Az alábbi videó bemutatja, hogyan változtatta meg a dróntérképezés a földmérési iparágat. A videó végére nem csak a drónok használatának előnyeiről szerezhet betekintést egy térképezési feladat megtervezéséhez és végrehajtásához, hanem olyan fogalmak alapvető megértésével is rendelkezik majd, mint a dróntérképezés, a fotogrammetria és a 3D modellezés.

<https://www.youtube.com/watch?v=rLOM82se6W8>

3. lecke: Digitális modellek

A digitális térképezés jellemzően számítógépen keresztül történik. Bár a grafikus felhasználói felületek már jó ideje rendelkezésre állnak, érdemes hangsúlyozni, hogy a képértelmezéshez grafikus megjelenítésre van szükség, és minél nagyobb és több a megfelelő kijelző, annál könnyebbé válik az értelmezés. Az is lényeges, hogy minden munkát egy földrajzi információs rendszerben (GIS) végezzenek, hogy a bemeneti képek és az értelmezett adatkészletek ugyanazt a földrajzi koordinátarendszert tartás fenn. Ez lehetővé teszi az adatok más földrajzi termékekbe történő exportálását, és megkönnyíti a pontos térképkészítést és a mennyiségi elemzéseket. A tolmácsoknak ismerniük kell a térinformatikai rendszerek működését és használatát, és előnyös, ha ismerik a távérzékelés alapelveit. A GIS-t, a távérzékelést és a képfeldolgozást ismertető bevezető szövegek közé tartozik Lillesand et al. (2008)

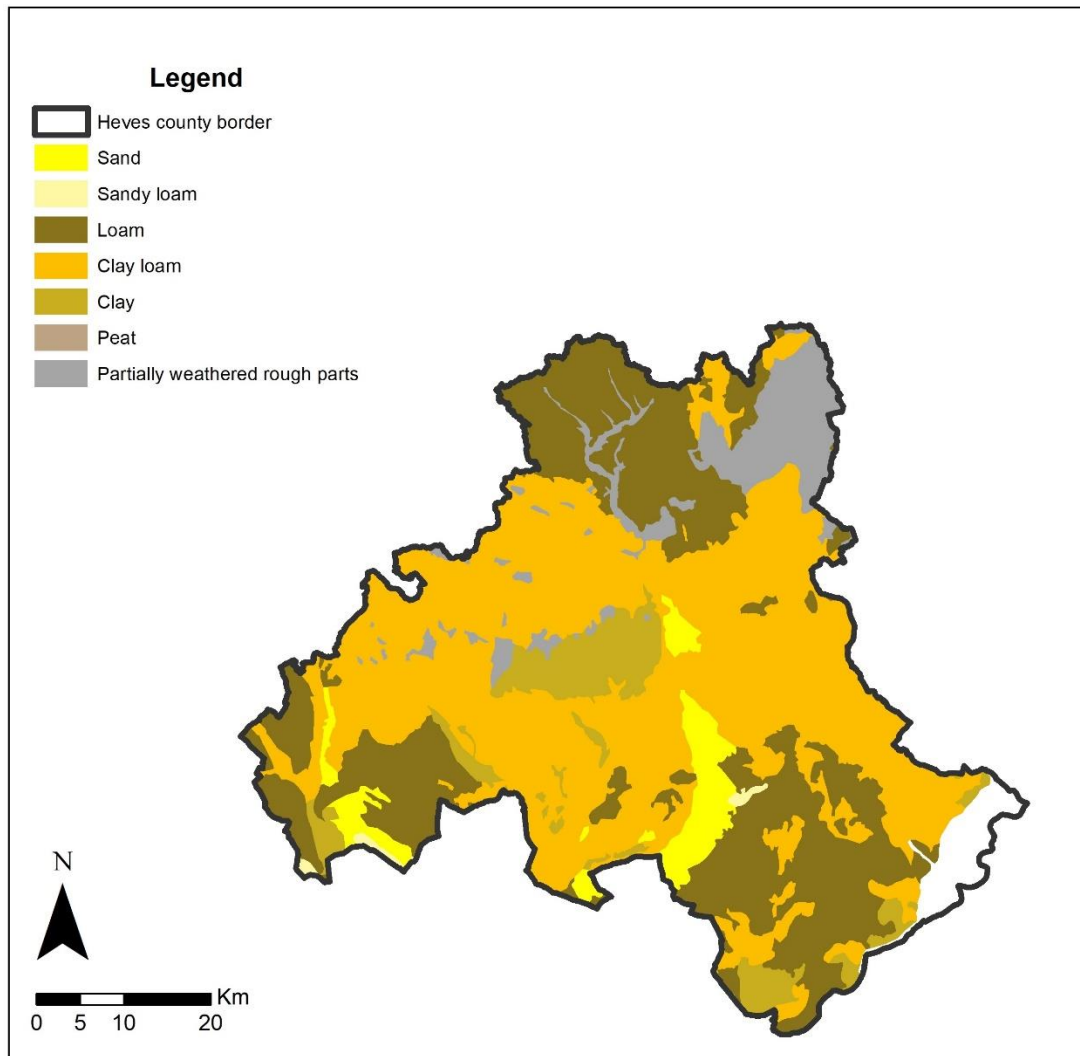
Amint azt fentebb az 1. lecke Bevezetés című fejezetében leírtuk, fontos, hogy a térképeket egymásra helyezzük, és a terület minden lényeges összetevőjét és szempontját értékeljük. Ezért az alábbiakban röviden bemutatunk néhány lehetséges térképet, amelyeket egy precíziós gazdálkodó figyelembe vehet.

Először is, a tematikus térkép fogalma: A tematikus térkép az azonosítható földfelszíni jellemzők térbeli eloszlását mutatja be; egy adott területre vonatkozó információs leírást nyújt, nem pedig adatleírást. A képminősítés az a folyamat, amelynek segítségével tematikus térképeket állítanak elő képekből. A témák például a talaj, a növényzet és a felszíni vizek kategóriáitól kezdve egy vidéki terület általános leírásánál a talaj, a növényzet és a víz mélységének vagy tisztaságának különböző típusaiig terjedhetnek egy részletesebb leírásnál. A tematikus térképek távérzékelési képekből történő elkészítése során feltétel, hogy a térképhez kiválasztott kategóriák megkülönböztethetők legyenek a képadatokban.

A 10. ábra például egy tematikus térkép, amely Heves megye fizikai talajtípusait mutatja be.

Nem minden talaj egyforma. Gyakran gondolunk a talajok változatosságára nagy léptékben, régiók vagy megyék között, de a talaj tulajdonságai egy mezőn belül is eltérhetnek. A következő videó a digitális talajtérképezésről nyújt tájékoztatást.

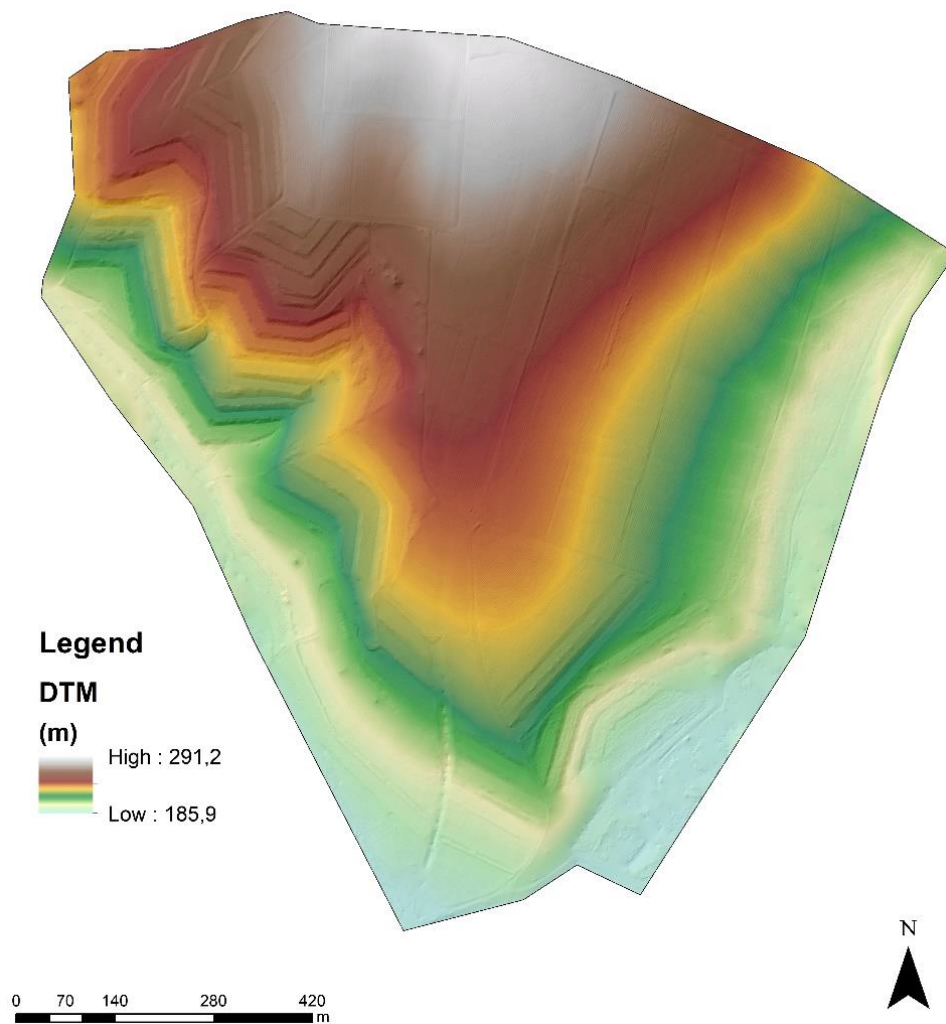
<https://www.youtube.com/watch?v=nvgFiYEU25Q>



10. ábra Heves megye talajainak fizikai típusa, Magyarország

A föld a gazdálkodás fontos eleme. Ezért a földdel kapcsolatos pontos információk jelentős hatással vannak a fejlesztésekre. A földterületről készült térinformatikai termékek hasznos információkat nyújtanak. A digitális magasságmodell (DEM) fontos térinformatikai termék.

A digitális domborzatmodellek (DTM), mint a 11. ábrán látható, a csupasz Föld topográfiai modellje, amelyet számítógépes programokkal lehet manipulálni.



11. ábra DTM térkép a Sík-hegyi szőlőterületről

Link a térinformatikai portálhoz: <https://gis.uni-eszterhazy.hu/grapeProdigi/>

Az adatfájlok a terep magassági adatait tartalmazzák digitális formátumban, amely egy téglalap alakú rácshoz kapcsolódik. A növényzetet, az épületeket és egyéb kulturális jellemzőket digitálisan eltávolítják - így csak az alapul szolgáló terep marad.

Az alábbi videó röviden bemutatja a digitális magassági modellt, vagy DEM-et:

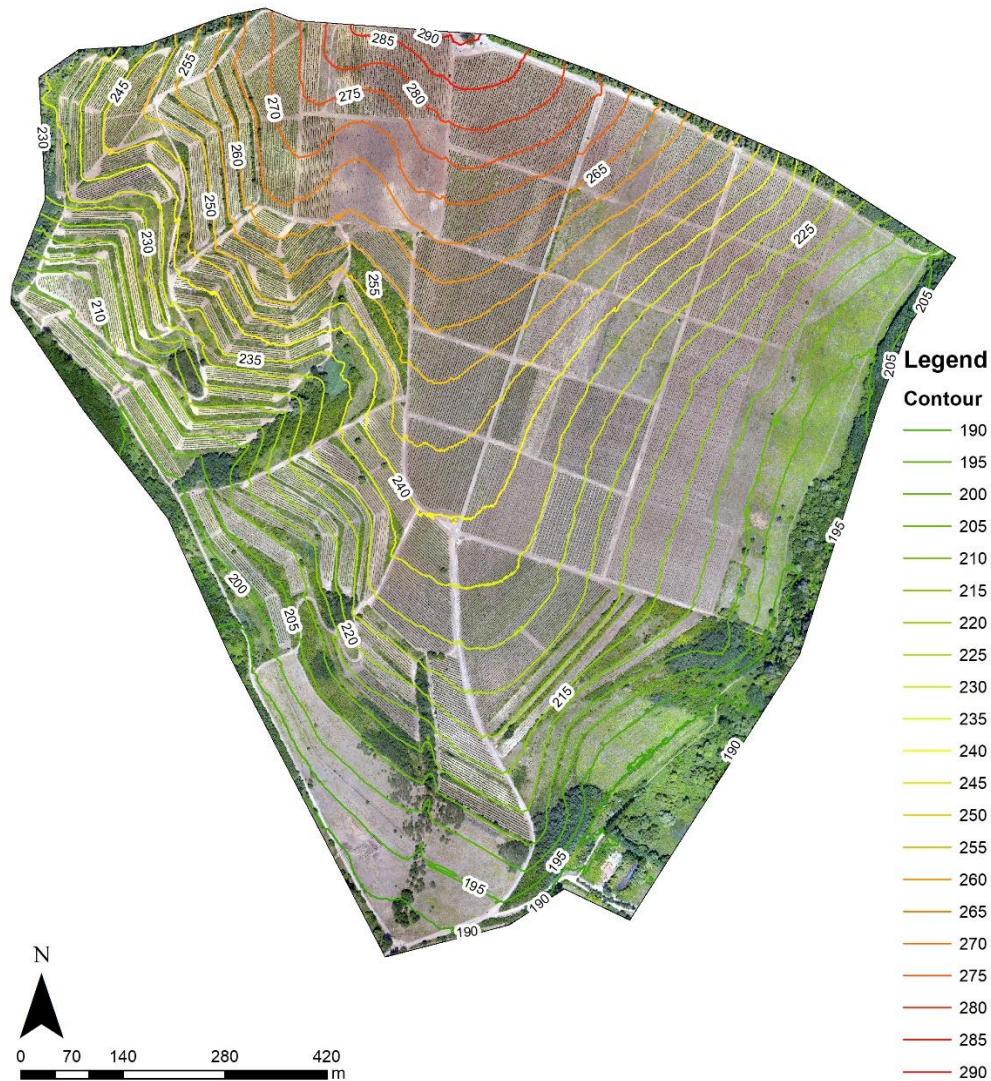
<https://www.youtube.com/watch?v=fvzNkdmoy48>

A következő videó bemutatja a különbséget a digitális magasságmodell (DEM), a digitális terepmagassági modell (DTM) és a digitális felszínmodell (DSM) között.

<https://www.youtube.com/watch?v=llu9j-q9Tvs>

A kontúrok olyan vonalak, amelyek azonos értékű helyeket kötik össze egy olyan raszteres adatkészletben, amely folyamatos jelenségeket, például magasságot, hőmérsékletet, csapadékot, szennyezést vagy légköri nyomást ábrázol. A vonaljellezők a bemenet állandó értékű celláit kötik össze. A 12. ábra egy magassági kontúrtérképet mutat be. A topográfiai térképek magassági kontúrokat használnak. Sokan ismerik a topográfiai térképeket, amelyeket

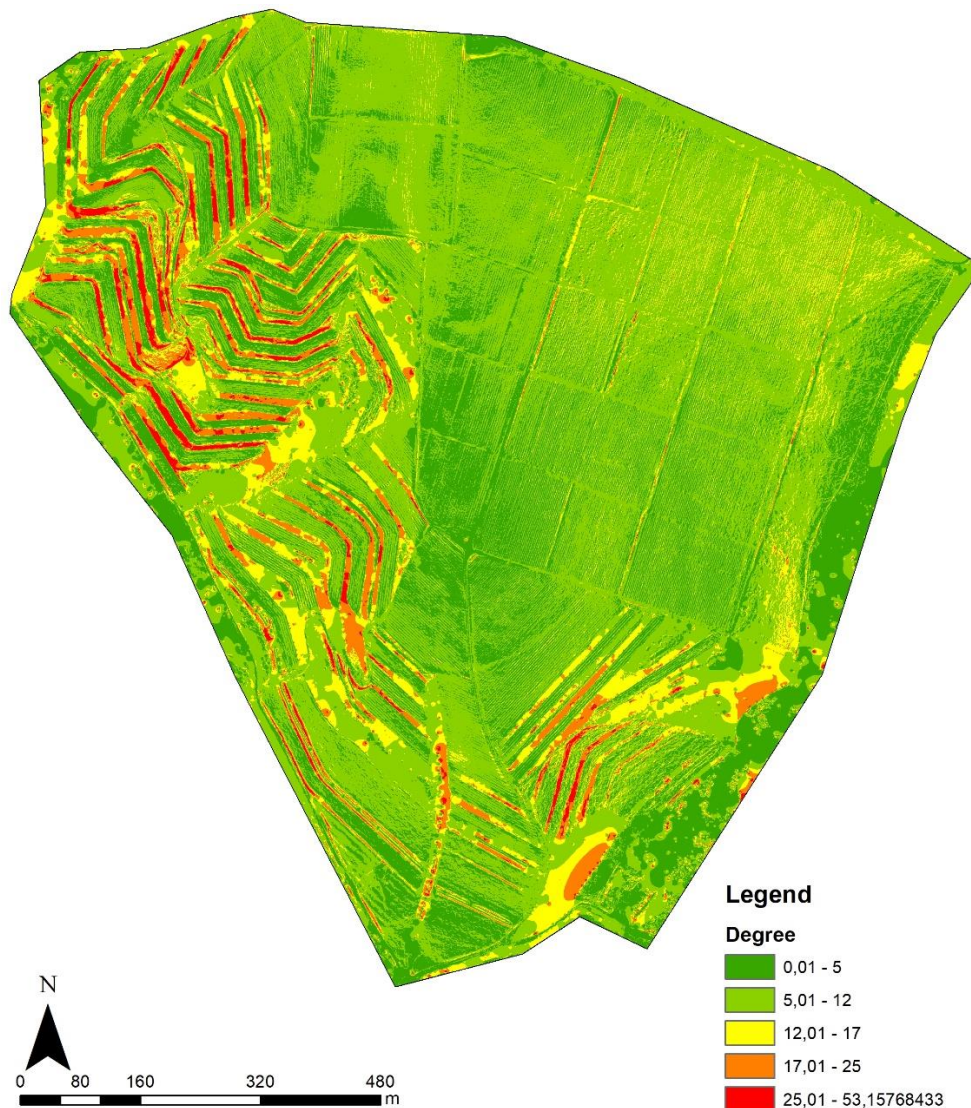
általában topo-térképeknek neveznek, és amelyeket több nemzeti földtani felmérő ügynökség bocsát rendelkezésre. Ezek a diagramok állandó magasságú pontokon keresztül vonalakat rajzolnak fel: minél közelebb vannak a térképen a vonalak, annál meredekebb a domborzat.



12. Ábra A Sik-hegyi szőlőterület magassági kontúrtérképe

Link a térinformatikai portálhoz: <https://gis.uni-eszterhazy.hu/grapeProdigi/>

A lejtőtérkép (13. ábra) egy topográfiai térkép, amely a tengerszint feletti magasság változásait mutatja be igen részletes szinten. Az építészek, tájtervezők és vízszabályozási tervezők a lejtőtérképet egy adott helyszín értékeléséhez használják. Egy ilyen térkép elkészítéséhez részletes adatokra van szükség.



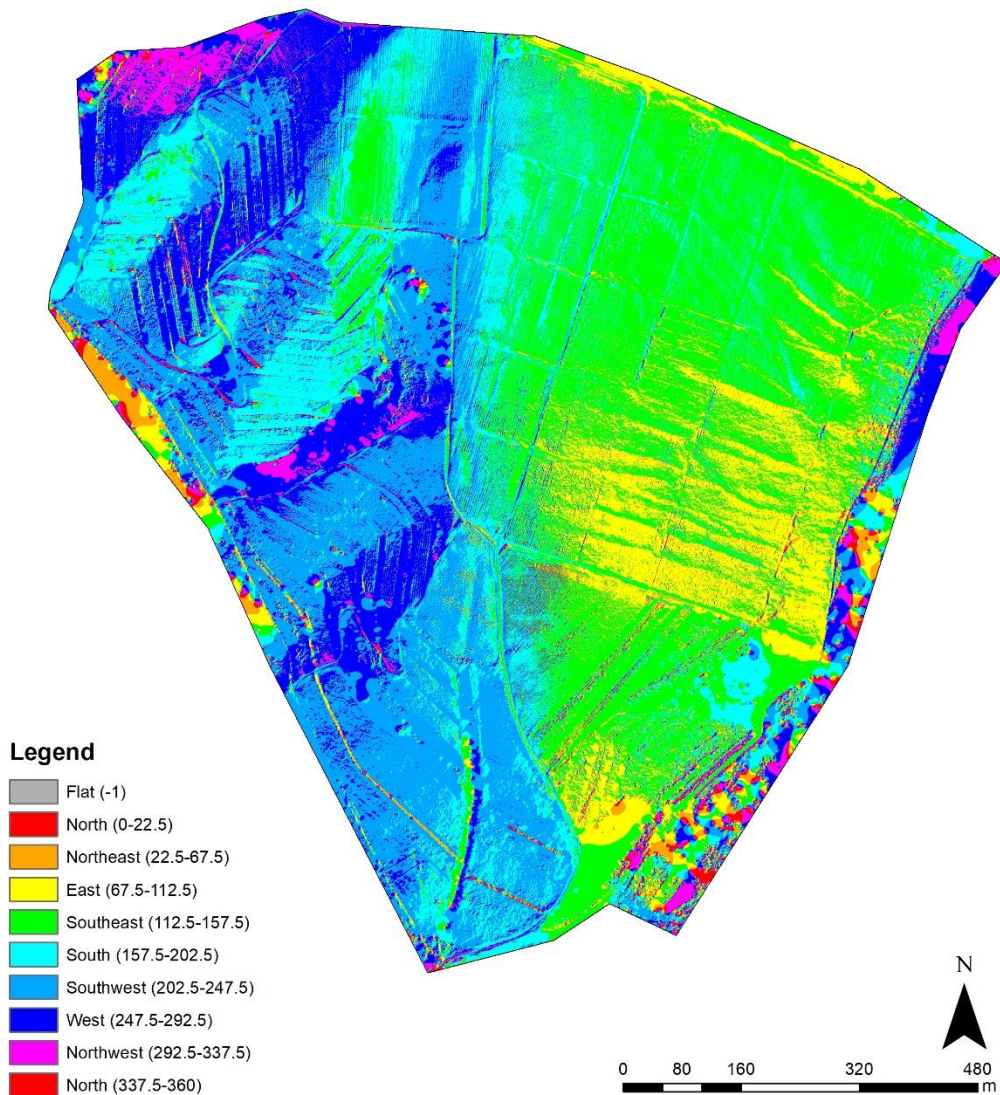
13. Ábra A Sík-hegyi szőlőterület lejtőtérképe

Az oktatási portálra mutató link helye <https://grapeprodigi-bakosmrtn.b4a.run/>

Ha a terep sík, nincs lejtő. Ez tehát azt is jelenti, hogy nincs oldalirány. A hegyekben azonban minden irányban lejtők vannak. Vannak északra, nyugatra, délre és keletre néző lejtők. Az iránytű iránya, amely felé a lejtő néz, az a *hegyoldal* (14. ábra), és a hegyoldalnak van néhány egyedi valós alkalmazása:

- A gazdák a beérkező napsugárzás mennyiségétől és a vetési adatoktól függően vetik a növényeket.
- Az ökológusok a biológiai sokféleség szempontjából vizsgálják a mikroklímát.
- És még a szabadidős tervezők is tanulmányozzák a lejtők irányát a lavinák megelőzése érdekében.

Az aspektustérkép koncepciója egyszerűen érthető. Az aspektusértékek a fizikai lejtők irányát jelzik. Az aspektusirányokat a lejtő szöge alapján osztályozhatjuk egy leíró iránnyal. Egy kimeneti szempontraszter jellemzően több lejtőirány-osztályt eredményez.



14. ábra A Sík-hegyi szőlőterület térképének szempontjai

Az oktatási portálra mutató link helye <https://grapeprodigi-bakosmrtn.b4a.run/>

Ha nincs lejtő, akkor a cella értéke -1. Ezek a szürke cellák a fenti aspektustérképen. Ahol van lejtés, ott az oldalirányt az óramutató járásával megegyező irányban mérjük, északról 0° -nál kezdve. Ez ismét 360° északi értéként tér vissza.

Az Aspect eszköz így osztályozza az aspektustérképeket:

- Lapos (-1)
- Észak (0° - $22,5^\circ$)
- Északkelet ($22,5^\circ$ és $67,5^\circ$ között)
- Kelet ($67,5^\circ$ és $112,5^\circ$ között)
- Délkelet ($112,5^\circ$ - $157,5^\circ$)
- Dél ($157,5^\circ$ és $202,5^\circ$ között)
- Délnyugat ($202,5^\circ$ - $247,5^\circ$)
- Nyugat ($247,5^\circ$ - $292,5^\circ$)
- Északnyugat ($292,5^\circ$ - $337,5^\circ$)
- Észak ($337,5^\circ$ - 360°)

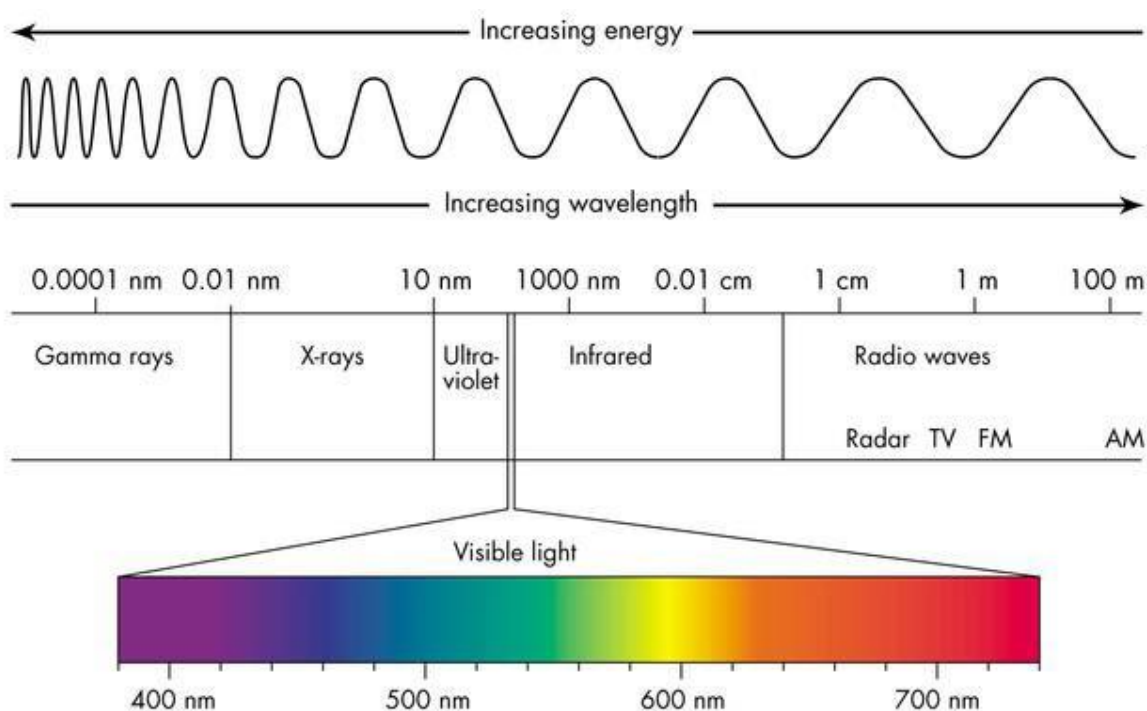
4. lecke: Multispektrális térképezés és összekötő indexek

Mi az a multispektrális képalkotás?

A következő videó bemutatja, hogyan működik a multispektrális képalkotás, és milyen látórendszeri alkalmazások profitálhatnak ebből a technológiából? A multispektrális kamerák számos alkalmazásban használhatók. Bár hagyományosan elsősorban laboratóriumokban használják, ma már drónokban is alkalmazzák őket, például a növények egészségének ellenőrzésére a terepen.

<https://www.youtube.com/watch?v=b0webdvlySo>

Elektromágneses spektrum (15. ábra): A műholdak érzékelői azonban használhatnak más típusú, például infravörös fényt, ultrabolya fényt vagy akár mikrohullámokat is. A műholdképek készítésekor ezek a láthatatlan fénytípusok látható szint kapnak. A legtöbb aktív érzékelő az elektromágneses spektrum mikrohullámú részében működik, így a legtöbb körülmények között képes áthatolni a légkörön.



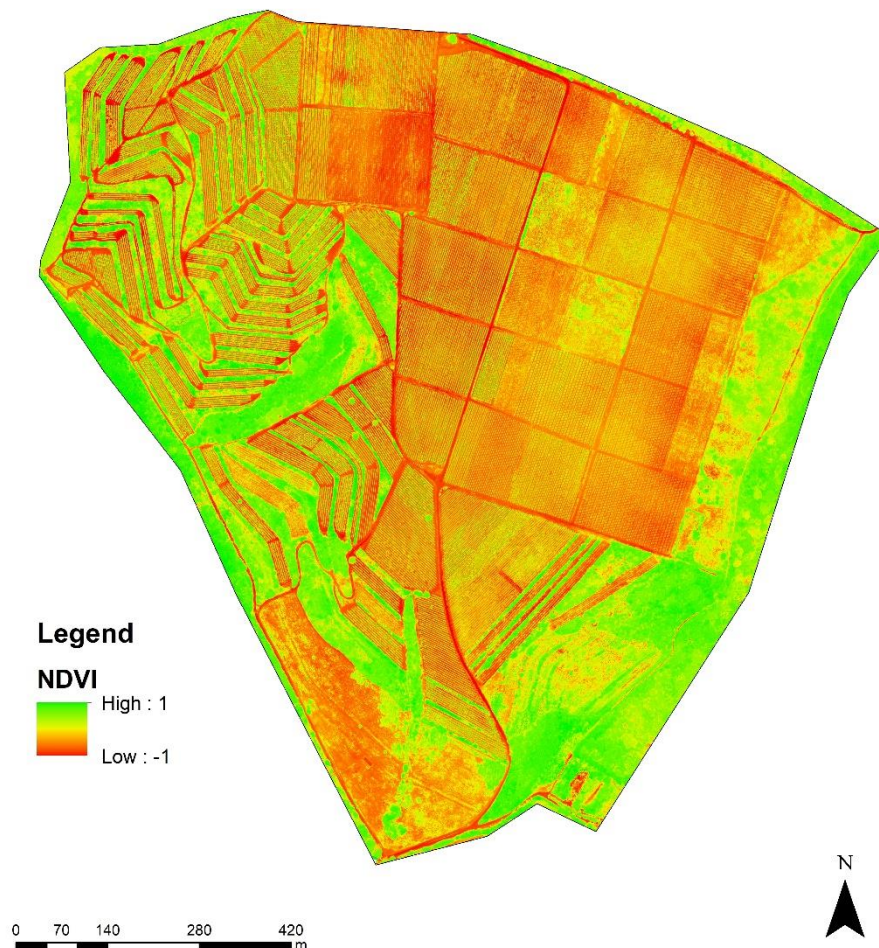
15. Ábra Az elektromágneses spektrum

Az emberi szem számára a növény azért zöld, mert a benne lévő klorofill pigment visszaveri a zöld hullámokat, és elnyeli a vörös hullámokat. A növények sejtstruktúrái a közeli infravörös (NIR) hullámokat verik vissza. Tehát, amikor a fotoszintézis megtörténik, a növény fejlődik és növekszik, és több sejtstruktúrát tartalmaz. Ez azt jelenti, hogy egy egészséges növény - amely sok klorofillal és sejtstruktúrával rendelkezik - aktívan elnyeli a vörös fényt és visszaveri a NIR hullámokat. Egy egészségtelen növény éppen az ellenkezőjét teszi. A fény és a klorofill közötti kapcsolat az, ahogyan az NDVI segítségével meg tudjuk különböztetni az egészséges növényt

a beteg növénytől. Az egészséges növények aktívan elnyelik a vörös fényt és visszaverik a közeli infravörös fényt. Az űrben lévő műholdas érzékelők mérik a zöld növények által elnyelt és visszavert fény hullámhosszát. Ezek kiváló forrásai az NDVI-elemzéshez szükséges spektrális szignatúraadatoknak. Az NDVI-index a látható és a közeli infravörös sávban visszavert fényt használva érzékeli és számszerűsíti az élő zöld növényzet jelenlétét.

A szőlőültetvény blokkjának képe a szőlőtőkéknek és a szőlősorok közötti térnek (sorok közötti távolság) megfelelő pixelekből áll. A kép pontos összetételétől függően további pixelek tartalmazhatnak további jellemzőket, például melléképületeket, utakat és utakat, valamint fákat.

A 16. ábra egy szőlőültetvény blokkjának NDVI-képét mutatja, amelyet pixelenként számolnak ki egy multispektrális kép közeli infravörös és vörös sávjainak felhasználásával. Ezen a színskálán a zöld pixelek a legmagasabb NDVI-értékkel rendelkező pixeleket, míg a piros pixelek a legalacsonyabb NDVI-értékkel rendelkező pixeleket jelölik. A képen a zöld pixelek közé tartoznak a szőlőnek és más egészséges növényzetnek megfelelő pixelek.



16. ábra Multispektrális képből számított színes NDVI-kép. A zöld pixelek a legmagasabb NDVI-értékeket, a piros pixelek pedig a legalacsonyabb NDVI-értékeket jelölik. Megjegyzendő, hogy a zöld pixelek az erőteljes növényzetű felületeknek, például a szőlőnek és a fáknek felelnek meg.

Az oktatási portálra mutató link helye <https://grapeprodigi-bakosmrtn.b4a.run/>

Az NDVI-index a látható és a közeli infravörös sávban visszavert fény segítségével érzékeli és számszerűsíti az élő zöld növényzet jelenlétét. Egyszerűen fogalmazva, az NDVI a növényzet zöltségének - a sűrűségnek és az egészségnek - a mutatója a műhold- vagy légi kép minden egyes pixelén.

4. modul - Éghajlatfigyelés és számítógépes látás a mezőgazdaságban

1. lecke: Érzékelők a terepen

A szenzorok alkalmazása a terepen lehetővé teszi a mezőgazdaságban fontos változók, például a hőmérséklet, a páratartalom, a csapadék, a levelek nedvessége és mások megfigyelését, a mérések időben folyamatosan rendelkezésre álló adatokkal.

A helyi érzékelők segítségével a gazdálkodó minden pillanatban érzékelheti a szőlőültetvény/ültetvény állapotát, és észlelheti a kórok vagy egyéb problémák kialakulásának kritikus feltételeit. Így a művelés tényleges szükségleteinek megfelelően gyors és célzott tevékenységeket lehet tervezni.



17. ábra Időjárás-állomás a terepen

A különböző érzékelők összeállíthatók egy időjárás-állomásba, és elhelyezhetők a mező egy vagy több pontján. Minden érzékelőt napelemmel táplálnak, és úgy kell kialakítani őket, hogy ellenálljanak a rossz időjárási viszonyoknak és a vegyi kezeléseknek.

Az érzékelők által gyűjtött adatok interneten vagy rádióon keresztül továbbíthatók, és a felhasználók egy webes portálon megtekinthetik azokat. Az adatok automatikus feldolgozását

algoritmusok végzik, amelyek döntéstámogató értesítéseket adnak, például riasztásokat fertőzésveszély vagy kritikus küszöbértékek elérése esetén.

ESŐMÉRŐ:

Az elektronikus esőmérő az eső mennyiségét (mm/nap, vagy tartósan felgyülemlett eső) és az eső intenzitását (mm/h) egy billenő érzékelővel méri, amely jellemzően 0,2 mm-es felbontással rendelkezik.

Az aerodinamikus kúp kialakításának célja, hogy még erős szélben is nagyobb pontosságot biztosítson, mivel lehetővé teszi, hogy a szél a kúp körül keringjen, csökkentve a turbulenciát és a sűrűlődni az esőmérő nyílásánál, ami a beáramló eső egy részét eltérítheti.



18. ábra Esőmérő

ANEMOMETER:

Az anemométer méri a szélirányt, a pillanatnyi szélességet (km/h), és képes megadni az átlagos sebességet vagy az óránkénti csúcsséget is.

A szokásos kétdimenziós modell három, függőleges tengely körül forgó csészével van felszerelve: a forgás arányos a szélességgel; az átlagos sebességet az egyes időszakokban végrehajtott forgások számából számítják ki.

Az időjárásjelző követi a szél irányát, és az optimális pontosság érdekében sárgaréz csúccsal van ellátva.

A szélesség ismerete alapvető fontosságú a permetezés ütemezéséhez, az egyenletes fedettség biztosításához és az elsodródás minimalizálásához. A szél a vízpárolgás empirikus számításában is szerepet játszik.



19. ábra Anemométer

A LEVEGŐ HŐMÉRSÉKLETE, PÁRATARTALMA ÉS NYOMÁSA

A levegő hőmérsékletének, páratartalmának és légköri nyomásának digitális szondái számos alkalmazáshoz alkalmasak. Az időjárásmérő állomáson a szondát általában egy, az esőmérő alá erősített napellenzőbe ágyazzák, hogy elkerüljék a közvetlen napsugárzás okozta zavarokat a mérésekben. A vízpárolgás empirikus számításába is bekapcsolódik.



20. ábra Levegőhőmérséklet, páratartalom és légnyomásmérő

NAPSUGÁRZÁS:

A napsugárzás érzékelője általában az egységnyi területre jutó sugárzási teljesítményt (W/m^2) méri bizonyos spektrumsávokban. Nagy érzékenységűnek és gyors reagálásúnak kell lennie, és legalább a látható spektrumra és a közeli infravörös tartományra érzékenynek kell lennie, lefedve a fotoszintézis szempontjából fontos területet. Az érzékelő használható a fotoszintetikus aktivitás becslésére, vagy kapcsolódhat a mesterséges megvilágítás automatizálási rendszeréhez, ha a termesztés ezt igényli (pl. üvegházak). Belép a vízpárolgás empirikus számításába.



21. ábra Napsugárzásmérő

A LEVEGŐ HŐMÉRSÉKLETE ÉS PÁRATARTALMA A LOMBKORONÁN BELÜL

A léghőmérséklet és a relatív páratartalom szonda a lombkorona belsejében lévő klíma megfigyelésére egy további érzékelő, amelyet a lombkorona központi helyére lehet kötni, és általában nincs teljesen leárnyékolva. A mechanikának ellenállónak kell lennie a növényvédőszeres permetezésnek való kitettséggel szemben. A lombkoronán belüli klíma a külső klímához képest sokkal reprezentatívabb a növény körülményeire nézve: mérése nagyobb pontosságot tesz lehetővé a fertőzés kialakulásának körülményeinek nyomon követésében.



22. ábra A léghőmérséklet és páratartalom lombkoronán belüli érzékelője

LEVÉLNEDVESSÉG ÉS VÍZCSEPP

A kapacitív érzékelő a levél nedvességtartalmát a vékony vízréteggel borított felület százalékos arányában tudja mérni. Az érzékelő új, szabadalmaztatott változata lehetővé teszi a lombhőmérséklet és a harmatcsepp mérését is. A levélnedvesség kritikus tényező a gombafertőzések kialakulása szempontjából, ezért rendkívül fontos annak időtartamát nyomon követni. A harmatcsepp az egyik levélről a másikra történő vízesésből áll, még eső hiányában is, ami felelős lehet a fertőzések terjedéséért, ami elősegítheti a járványok esetleges kitörését.

Az érzékelőt az időjárás-állomással együtt lehet szállítani a lombkorona külső nedvesedésének mérésére, azonban ajánlott egy további érzékelő használata a lombkorona belsejében, a sajátos mikroklíma mérésére. Az érzékelőnek ellenállónak kell lennie a növényvédőszeres permetezéssel szemben.



23. ábra Levélnedvesség és vízcsepp érzékelő

TALAJNEDVESSÉG

Egy megbízható térfogatnedvesség-érzékelőnek, amely a térfogategységben lévő víz százalékos arányát méri, nagy gyakorisággal kell működnie, és alkalmasnak kell lennie mindenféle talaj és termesztési szubsztrátum esetében. Az ilyen típusú érzékelők mérik annak a közegnek a dielektromos jellemzőit, amelybe a rozsdamentes elektródákat helyezik, hogy megkapják az anyag nedvességtartalmát és vezetőképességét. Néhány különleges mérőrendszer "FFVA" - Fixed Frequency Vector Analysis, egy nagyfrekvenciás generátoron és egy neurális hálózaton alapuló számítási algoritmuson alapul, amely lehetővé teszi a nagy pontosság elérését minden szubsztrátumon. Az általános rezisztív vagy alacsony frekvenciájú érzékelőkkel ellentétben ez a fajta érzékelő olyan nedvességmérést biztosít, amelyet nem befolyásol a talaj sótartalma.

Az érzékelőt időjárás-állomáshoz vagy másodlagos mikroállomásokhoz lehet csatlakoztatni a mező több pontjának mérése érdekében. Az érzékelőt teljesen be kell temetni a talajba a kívánt mélységig, és a hegyeket teljes egészében a talajba kell helyezni anélkül, hogy légrések keletkeznének. Az érzékelőhöz egy, a talajból kiálló hosszabbító cső csatlakozik, amely megvédi a csatlakozó vezetéket az esetleges mechanikai sérülésektől.

Az érzékelő a talajban lévő vízkészlet ellenőrzésére szolgál, és csatlakoztatható az öntözőberendezést vezérlő automatizálási rendszerhez. Több érzékelő telepítése különböző mélységekben nagyon hasznos lehet. Az érzékelő a talajhőmérsékletet és a víz vezetőképességét is mérheti, ami összefügg a például műtrágyák használatával biztosított sókomponensekkel.

2. lecke: Számítógépes látás a lombkoronára alkalmazva



24. ábra A lombkoronán alkalmazott számítógépes képalkotás

A WCAM2 egy innovatív sztereó látóeszköz a növények vegetatív fejlődésének 3 dimenziós rekonstrukcióval történő megfigyelésére, amely lehetővé teszi a lombzaton végzett egyedi és innovatív méréseket.

Ez a kamera állandóan a növény előtt van felszerelve, és naponta készít képeket a szántóföldi mintanövényekről. A hardvert kifejezetten kültéri használatra tervezték, amely ellenáll a rossz időjárási körülményeknek és a növényvédő szereknek való kitettségnek: a szabadalmaztatott automatikus lencsevédő mechanizmus mindig biztosítja a "tiszt" és kiváló minőségű képek készítését, a piszkos környezet ellenére is.

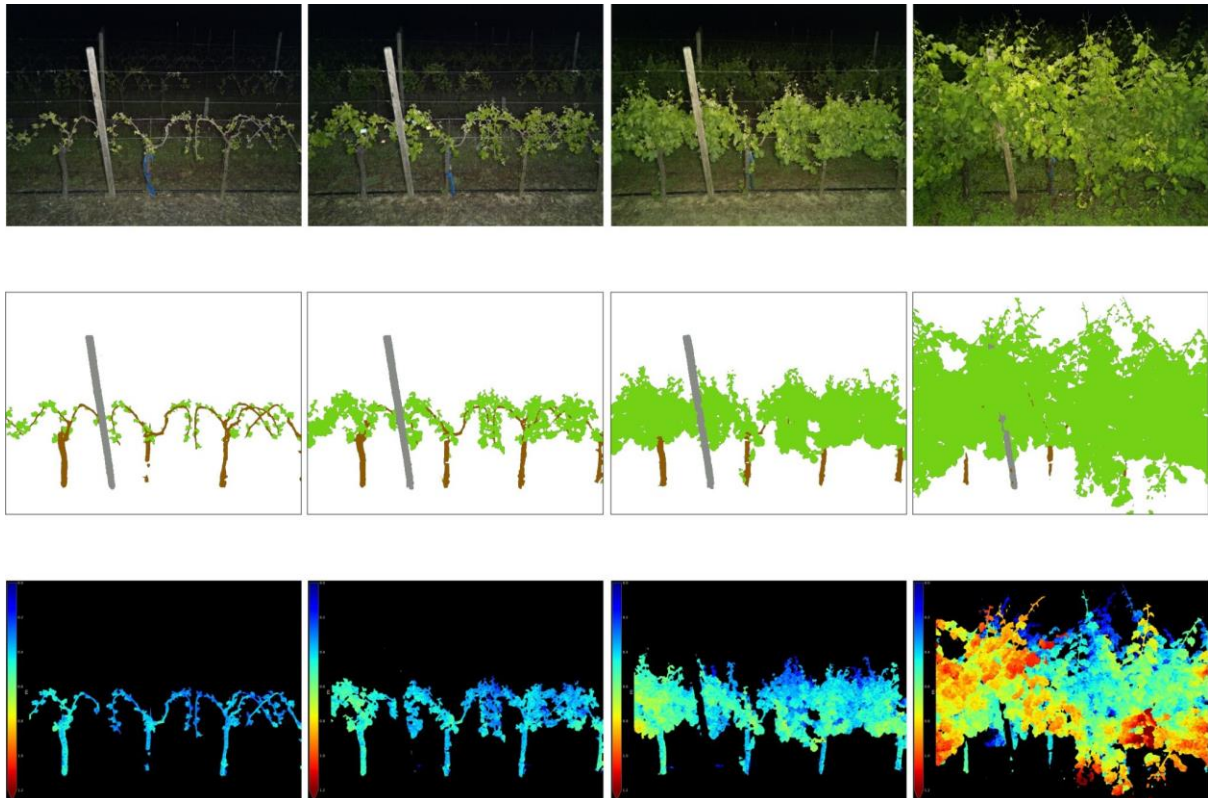
A napelemmel működő WCAM-2 önállóan is telepíthető, vagy kombinálható éghajlati érzékelőkkel, így egy komplett időjárás-állomássá válik.

A kamera egy hőérzékelő IR-érzékelőt integráltak a lombkorona hőmérsékletének alacsony felbontású méréséhez.

A napi képeket interneten (SIM vagy Wi-Fi) keresztül küldik el, majd egy képelemző szoftver automatikusan feldolgozza őket, és a lombkorona állapotának különböző jellemzőit vonja ki, amelyeket egyébként nagyon nehéz a növényzet kézi megfigyelésével biztosítani.

A szoftver automatikusan biztosítja:

- a teljes lombkoronalevélzet felismerése a képen (a háttértől és más elemektől való megkülönböztetéssel);
- a lombkorona térfogatának mérése és a térfogaton belüli teljes levélfelület becslése (a növény napi növekedése);
- a lombkorona magasságának és szélességének mérése (átlag, percentilisek);
- egyes levélminták felismerése és a levélszögük kiszámítása (átlag, percentilisek);
- a gyümölcsök felismerése (ha láthatóak és érdekesek)
- a fenológiai stádium észlelése (kísérleti fejlesztés alatt);
- az elfedések és egyéb, a méréseket befolyásoló körülmények (erős eső, köd stb.) észlelése.
- az átlagos levélhőmérséklet kiszámítása az IR-hőérzékelő központi pixelsávjából;



25. Ábra A szoftver által előállított képek

A képelemzés ma már jól kidolgozott a spalier szerkezetű szőlőültetvények esetében, míg más szőlőszerkezetek, valamint más fás szárú növények esetében jelenleg kísérleti fejlesztés alatt állnak. A rendszer megfelelő szoftveres képzéssel bármilyen növénykultúrára adaptálható.

A kinyert adatok rendkívül hasznosak az agronómiai irányítás számára:

a növény-egészségügyi kezeléshez: az új zöld szövetek a fertőzés kockázatához kapcsolódnak (ha a növényvédő szerekkel nem fedett), és a teljes levélfelület lehetővé teszi a növényvédő szerek pontos dózisének kiszámítását.

a vízgazdálkodáshoz: a teljes lombkorona, a levelek dőlésszöge és a hőmérséklet összefügg a vízállapottal, és a talajból származó egyéb adatokkal együtt elemezhető.

a lombkorona kezelése: annak eldöntése, hogy a növény fejlődésének és fenológiájának megfelelően mikor van szükség vágási/metszési műveletekre.



26. ábra Sztereokamerával felszerelt időjárás-állomás

3. lecke: Számítógépes látás rovarokra alkalmazva

A WTrap egy innovatív rovarcsapda, amely egy 8 megapixeles, nagy felbontású kamerával van felszerelve, amely lehetővé teszi a befogások távoli nyomon követését. A csapda szelektív feromonokat tartalmazó entomológiai ragasztóval bekent lemezre vonzza a rovarokat. A kamera felülről célozza meg a tányért, és naponta képeket készít, amelyeket internetkapcsolaton keresztül küld, és az "Aurora WEB" felügyeleti portálon megtekinthető. A képek minősége olyan jó, hogy lehetővé teszi a legtöbb érdekes rovar azonosítását, amelyek automatikus szoftveres felismeréssel integrálhatók.

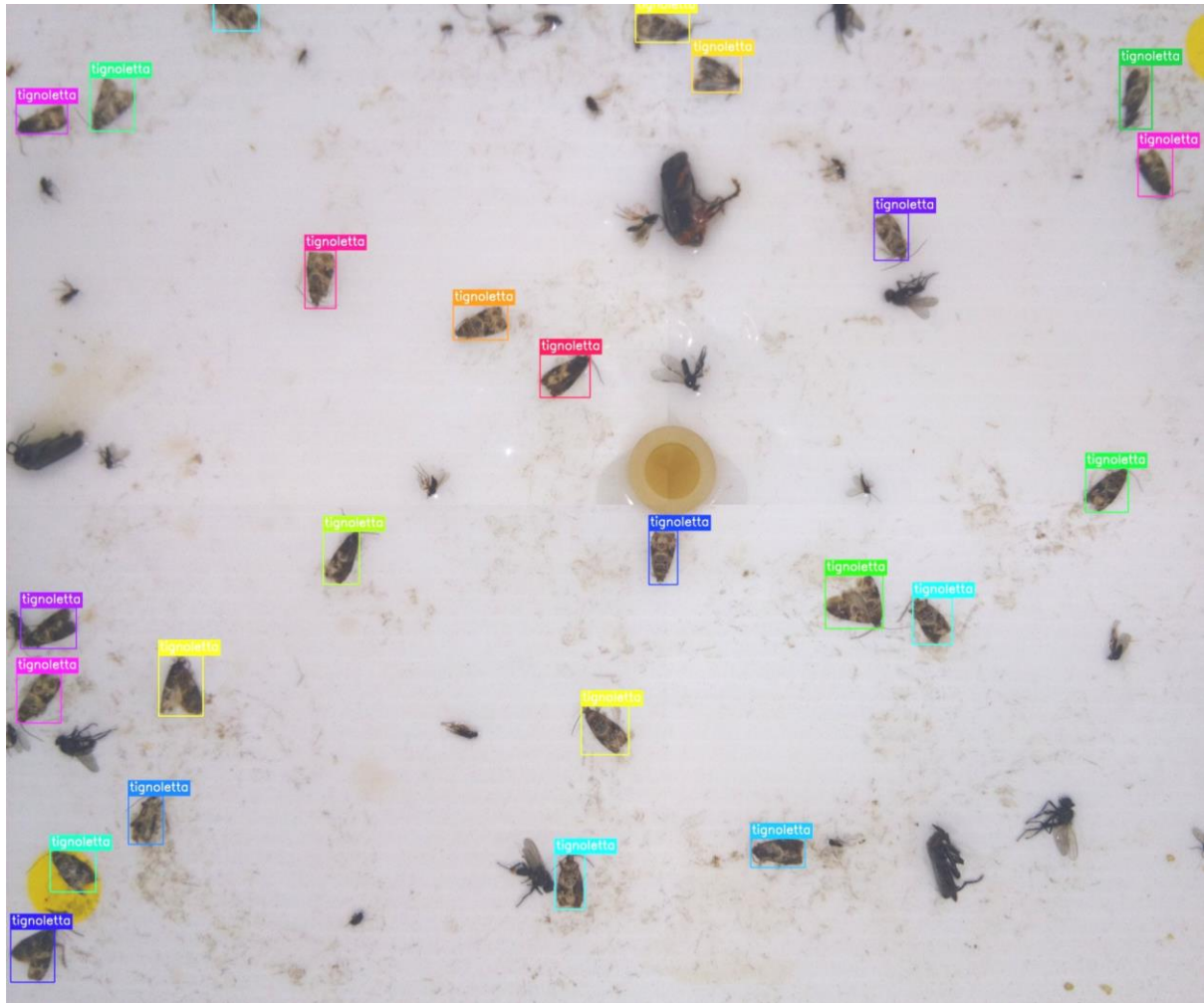
A WTrap integrált adatkommunikációs rendszerrel rendelkezik SIM-kártyán keresztül. Napelemes áramellátás segítségével bárhol elhelyezhető, mint független megfigyelőállomás. A WTrap nagy előnyökkel jár ott, ahol nagy kiterjedésű vagy távoli parcellákban kell a rovarokat megfigyelni: a rovarfogások felmérése gyakoribbá válik, anélkül, hogy kezelőre lenne szükség, és az adatok automatikusan tárolhatók az időjárási viszonyokkal együtt.

A WTrap segítségével rögzített rovarok automatikus felismerésére szolgáló szoftver képes felismerni néhány, a szőlőültetvények vagy gyümölcsösök számára káros rovarot (pl. szőlómoly, európai szőlómoly, gesztenyemoly), míg más, érdekes rovarok felismerése kísérleti fejlesztés alatt áll, és a közeljövőben kerül kiadásra. A rendszer megjegyzi a korábban észlelt fogásokat, megadva az adott rovar napi fogásainak számát vagy az összesített fogások számát. A tányér szennyezettségének automatikus érzékelése javaslatot tesz arra, hogy mikor van szükség a tányér cseréjére.

A szoftver lehetővé teszi a fogások teljes és azonnali nyomon követését, ami jelentősen leegyszerűsíti és felgyorsítja a mezőgazdasági üzemeltető munkáját. A rovarölő szerek kezelése így a legmegfelelőbb pillanatban, a rovarpopulációk valós alakulásának megfelelően alkalmazhatók.



27. ábra WTrap, egy innovatív rovarcsapda a terepen



28. ábra A rovarok automatikus felismerése

4. lecke: Betegség-előrejelző modellek

A PVsensing egy hardver- és szoftverelemekből álló rendszer, amely a szőlő lisztharmatfertőzésének innovatív előrejelző modellje. Új változókat mérnek a szántóföldön, és azokat inputként veszik figyelembe, azzal a céllal, hogy pontosabb szimulációkat készítsenek a kórokozó életciklusáról és ezáltal a fertőzések előrejelzéséről. Ezeket a változókat az alábbiakban felsorolt új érzékelőkkel mérik.



A lombkorona térfogatának és a levélfelületnek a pontos mérését a "WCAM" készülék végzi, egy olyan különleges kamera, amely alkalmas a terepen történő állandó telepítésre, és amely automatikus képelemzési technikákat alkalmaz a lombzat felismerésére és háromdimenziós rekonstrukciójára. A *P. viticola* a szőlő vegetációs szöveteinek kötelező parazitája, amely a jelenlévő és védtelen, nyitott sztomájú levélfelület mennyiségétől függően többé-kevésbé fogékony a fertőzésre. Ennek a szempontnak a mérése ezért alapvető fontosságú a fertőzések pontosabb előrejelzéséhez, az előrejelző modellnek a szőlőültetvény sajátos vegetációs viszonyaihoz való igazítása érdekében, ami számos helyi változótól és a szőlő különleges kezelésétől függ. A rendszer által biztosított mérések a növényvédő szerek dózisának optimalizálásához is hasznosak, a növényzet növekedéséhez igazítva azokat.

A talaj felszíni nedvessége és hőmérséklete alapvető változók a talajfelszínen telelő *P. viticola* oospórák érésének és csírázásának jó modelljében történő értékeléséhez. Más modellekben ezeket a változókat általában nem mérik, hanem szimulálják a talaj felett 2 m magasságban, egy meteorológiai állomásról gyűjtött hőmérsékleti és relatív nedvességtartalom-adatokkal, azzal a kellemetlenséggel, hogy ezek az adatok nem feltétlenül reprezentálják a talajszint valós éghajlatát (olyan tényezőktől függően, mint a talaj összetétele, szerkezete, borítása). A talaj felszíni nedvességtartalmának és hőmérsékletének közvetlen mérése újonnan kifejlesztett érzékelőkkel történik, amelyeket egy (szabadalmaztatott) elektronikus mechanizmus jellemez, amely csak a talajfelszín első millimétereit érinti, vagyis azt a területet, ahol az oospórák ténylegesen telelnek és csíráznak. A primer fertőzések és a talajfelszín közvetlen nedvességtartalmának összefüggését először ebben a projektben vizsgálják.

A *P. viticola* fertőzés kockázatának meghatározásához nagyon fontos a hőmérséklet, a levegő páratartalma és a levelek nedvességtartalma ismerete a lombkorona belsejében elhelyezett érzékelők segítségével. A "csepegés" egy innovatív mérés, amelyet az "LWS-PLUS" érzékelő végez, és amely képes érzékelni, ha a leveleken az éjszaka folyamán felhalmozódott harmat olyan mértékű, hogy a víz egyik levélről a másikra csöpög. Fertőzés jelenlétében a csepegő víz megtartja a kórokozó spórákat, és levélről levélre és fűrtökre szállítja őket, esetlegesen új fertőzéseket okozva. A csepegés a növényvédő szerek lemosódását is befolyásolja, még eső hiányában is. E jelenség megfigyelése lehetővé teszi a fertőzési kockázat pontosabb és megbízhatóbb meghatározását.



Az előrejelzési modell fontos eszköz a borteremelő számára, amely a szőlőültetvények kezelésével kapcsolatos döntések meghozatalát segíti. A felhasználó valóban objektív adatokból tudhatja, hogy mikor vannak kedvező feltételek a fertőzéshez és mikor van ténylegesen szükség növényvédelmi kezelésre. Egy ilyen rendszernek lehetővé kell tennie a növényvédő szerek használatának ésszerűsítését, elkerülve az erőforrások felesleges kezelésekre való pazarlását, amelyeket néha a fertőzési kockázat bizonytalan ismerete alapján végeznek el.



5. modul - Legjobb gyakorlatok

5.1. lecke: Digitális szőlőültetvények

A "Szőlészet 4.0" hangsúlyozza, hogy a digitalizáció több mint technikai innováció a szőlőültetvényen, a pincében és a marketingben zajló folyamatok tekintetében. Teljesen új gondolkodásmódot és működést igényel, amikor az operatív és vállalati irányításról van szó a szervezetben, az ellenőrzésben, és végül abban, ahogyan az ügyfelekhez közelítünk.

A **digitális szőlészet** a bortermelés digitalizálásának fő mozgatórugóinak a környezetvédelmet, az éghajlatváltozás következményeit, a minőségi borok előállításának célját és a költségnyomást tekinti, különösen a meredek lejtőkkel rendelkező területeken. A talaj-, víz- és növényvédelmi gazdálkodással kapcsolatos követelmények egyre szigorúbbak, és a szükséges dokumentáció mennyisége is egyre terhesebb. A digitális szőlészet az innovatív kijuttatási technikákban, az erőforrás-hatékony eljárásokban, az elektronikus kezelőrendszerekben, a drónokban és a robotikában látja a lehetőséget, hogy megfeleljen ezeknek a növekvő követelményeknek.

A digitális szőlőültetvények olyan agronómiai koncepció, amely a mezőgazdasági területek **megfigyelésen, mérésen és cselekvésen** alapuló kezelését határozza meg a "természetes" környezeti változékonyság helyzetében. Ez a módszertan olyan technológiák összességét igényli, amelyek a globális navigációs műholdrendszereket (GNSS), drónokat, érzékelőket, műholdas és légi felvételeket foglalnak magukban, és amelyek földrajzi információs rendszerekkel (GIS) és gépi tanulási technikákkal integrálva becslést vagy értékelést és megértést tesznek lehetővé e változásokat. Az összegyűjtött információk a továbbiakban felhasználhatók a szükséges műtrágya, víz vagy egyéb inputok megfelelő mennyiségének becslésére, valamint a termés hozamok és a termelés pontosabb előrejelzésére. Ezeket az információkat a változó arányú technológiák (VRT) is felhasználhatják a műtrágyák elosztásának, a vízellátásnak, a növényvédő szereknek és a szegmentált betakarításnak az optimalizálására.

Az intelligens szőlőtermesztés egyfajta növénytermesztési stratégia, amelyben a döntések dinamikusan hozhatók meg a közvetlenül a szántóföldről származó hatalmas mennyiségű információnak köszönhetően, amelyet olyan technológiák, mint a szenzortechnológia vagy a légi felvételek segítségével nyerünk. A gazdálkodók javíthatják döntéshozatali képességüket és proaktívan cselekedhetnek a termesztéssel kapcsolatban, mivel közvetlenül és valós időben kapnak első kézből származó információkat. Ezek a rendszerek rendkívül pontos ismereteket nyújtanak a növények igényeiről és állapotáról, ami az erőforrásokkal és a termeléssel való hatékonyabb gazdálkodást teszi lehetővé, és helyes alkalmazás esetén működési költségeket takaríthat meg, valamint segítheti a termelők jövedelmezőségét.

A növény vízigényének és a kapott vízmennyiség ismeretében megtervezhető az optimális öntözés, amely nemcsak vizet takarít meg, hanem maximalizálja az egyes növények termelékenységét is, hogy nagyobb termés hozamot vagy általában jobb minőséget érjen el.

Az intelligens szőlőültetvények számos előnnyel járnak, mint például:

- a döntéshozatal támogatása;
- korai figyelmeztető/felderítő rendszerek létrehozása;
- eszközöket biztosítanak az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással kapcsolatos irányítási stratégiák elfogadásához;
- a fenntartható és jövedelmező növénytermesztés javítása.

Asztal. A digitális technológiák jelenlegi és jövőbeli alkalmazása a szőlőtermesztésben, beleértve azok főbb lehetőségeit és korlátait.

Szőlészeti alkalmazás	Lehetőségek	Korlátozások
<i>Talajtulajdonságok és a talajminőség értékelése</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A talajminőség megőrzése és a talajszennyezés korlátozása - A talajváltozékonyság pontos azonosítása és feltérképezése - A talaj szerves szén-dioxid-kibocsátásának nyomon követése 	<ul style="list-style-type: none"> - Térbeli felbontás - A megfigyelések időbeli gyakorisága - A térbeli eloszlás pontos előrejelzése - A digitális talajtérképezési technológiák átlagosan magas költségei
<i>Vegetatív növekedés, tápláltsági állapot és lombkorona felépítés</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A ráfordítási költségek csökkentése (pl. műtrágya, gombaölő szerek, víz) - A lombkorona mikroklímájának javítása - Fiziológiai diagnosztikai eszközök fejlesztése 	<ul style="list-style-type: none"> - A szőlőültetvények fejlődésének nagyfokú változékonysága - Sűrű lombkoronák - A lombkorona szegmentálása - A mesterséges intelligencia korlátai
<i>Kártevők és betegségek felderítése és kezelése</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A kártevők és betegségek elleni védekezés javítása - A kártevők és betegségek korai felismerése - A fungicidek és peszticidek használatának csökkentése 	<ul style="list-style-type: none"> - Hasonló tünetek különböző kórokozók és rendellenességek esetén
<i>A szőlő vízállapota</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A vízstressz tüneteinek pontos azonosítása - A vízfelhasználás hatékonyságának javítása - Források megőrzése 	<ul style="list-style-type: none"> - A stressz különböző szintjeihez tartozó küszöbértékek meghatározása - A megfigyelések időbeli gyakorisága
<i>Termésösszetevők és terméselőrejelzés</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A borászat logisztikájának javítása, valamint a bortermelés kockázatainak és költségeinek csökkentése 	<ul style="list-style-type: none"> - Nagyfokú változékonyság - Okklúziós problémák a pontos klaszterek felismeréséhez
<i>A gyümölcs összetétele és minőségi jellemzői</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pontosabb gyümölcsösszetétel becslés a betakarítás előtt 	<ul style="list-style-type: none"> - Elsősorban a bőrből és nem a pépből származó információ

		<ul style="list-style-type: none"> - A gyümölcsnek láthatónak kell lennie - Kevés bogyósgyümölcs-vegyület esetében megvalósítható
<i>Szőlészeti mintavétel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A szőlőültetvények mintavételi tevékenységeinek javítása (pl. érettség, termés hozam, tápanyagellátás). 	<ul style="list-style-type: none"> - Még mindig szükség van terepi mintavételre és nagy adatbázisokra
<i>Célzott irányítás</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Hatékonyabb erőforrás-felhasználás a VRT-alkalmazások révén - Adatgyűjtés a fenntarthatósági mutatók nyomon követéséhez 	<ul style="list-style-type: none"> - Az egyes tevékenységek környezeti hatásainak elszámolása
<i>Szelektív betakarítás</i>	<ul style="list-style-type: none"> - A borminőség és a borászat végfelhasználási termékeinek javítása - Termelés a célzott borprofilok felé 	<ul style="list-style-type: none"> - Átlagosan magas költségek - Nincs szelektív szedőgép

5.2. lecke: Digitális borospincék és fogyasztók

Digitális borospince

A digitalizációs koncepció meggyőződése, hogy a nemzetközi verseny és a fogyasztói preferenciák változása folyamatosan változtatja a bortermeléssel szemben támasztott követelményeket. A szüreti technológia, a feldolgozás, az analitika és a pincetechnológia, valamint a töltési és csomagolási technológia digitalizálása új lehetőségeket kínál a termelési folyamatok irányítása és nyomon követése terén.

A minőség mérésének és értékelésének digitális módszerei, valamint az analitikai alkalmazások használata segíthet a jobb minőségű borok előállításában. Az intelligens borászati technológia lehetőséget kínál a kevesebb erőforrás felhasználására és a költségek megtakarítására.

Digitális vállalatok és fogyasztók

A digitalizáció új lehetőségeket lát a marketing terén. Ez magában foglalja az ügyfelek megszólításának új módjait a közösségi médián keresztül. A digitalizáció új marketinglehetőségeket kínál azért, hogy a szőlőültetvényről és a pincéből származó információkat az eladótérbe vetíti, ezáltal új értékesítési eszközt hoz létre, valamint hozzáadott értéket teremt és ellenőrzi a hitelességet.

Hivatkozások:

- A. Hall et al. (2003): Computers & Geosciences 29 pp. 813-822
- Berry, J. K., Delgado, J. A., Khosla, R. és Pierce, F. J. (2003). Precíziós természetvédelem a környezeti fenntarthatóságért. J. Soil Water Conserv. 58, 332-339.
- Ehsan Pazouki (2022): Földtudományi Informatika 15:915-928: Digitális domborzatmodell létrehozása mezőgazdasági területekről okostelefon segítségével.
- F. Nex, C. Armenakis, M. Cramer, D.A. Cucci, M. Gerke, E. Honkavaara, A. Kukko, C. Persello, J. Skaloud (2022): UAV a húszas évek adventjében: Where we stand and what is next, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 184. kötet: pp. 215-242.
- Huang Yao, Rongjun Qin és Xiaoyu Chen (2019): Távérzékelési alkalmazásokhoz pilóta nélküli légi jármű - Távérzékelés áttekintése 11,
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Távérzékelés és képértelmezés. John Wiley & Sons.
- Mike J. Smith (2011): Geomorfológiai térképezés, Developments in Earth Surface Processes 15. kötet, 2011, pp. 225-251.
- OECD (2022), A mezőgazdaság digitalizációja: A Literature Review and Emerging Policy Issues, FOOD, AGRICULTURE AND FISHERIES PAPER N°176 © OECD
- OECD (2019), Digital Opportunities for Better Agricultural Policies, OECD Publishing, Párizs,
- Robert A. Schowengerdt (2007), Távérzékelés: Elsevier, ISBN 978-0-12-369407-2.
- Thompson, N. M., DeLay, N. D., & Mintert, J. R. (2021). A mezőgazdasági adatok életciklusának megértése: a mezőgazdasági adatok gyűjtése, felhasználása és hatása az amerikai kereskedelmi célú kukorica- és szójababgazdaságokra. Precision Agriculture, 22(6), 1685-1710.

Webes források:

- <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/digital-terrain-model>
- <https://www.aidash.com/a-technical-deep-dive-into-satellite-imaging-multispectral-sar-and-gan/>
- <https://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/radiation-sun.php>
- <https://sites.google.com/a/coe.edu/principles-of-structural-chemistry/relationship-between-light-and-matter/electromagnetic-spectrum>
- <https://up42.com/blog/5-things-to-know-about-ndvi>
- <https://gisgeography.com/aspect-map/>