

Az ipar 4.0 és a digitalizáció szerepe a mezőgazdaságban, különös tekintettel a romániai mezőgazdaságban

The Role of Industry 4.0 and Digitalization in Agriculture, Especially in Romanian Agriculture

NAGY SZ.¹

Debreceni Egyetem, Vidékfejlesztés, Regionális Gazdaságtan és Turizmusmenedzsment Intézet, Ihrig Károly
Gazdálkodás-és Szervezéstudományok Doktori Iskola, nagy.szerena@econ.unideb.hu

Absztrakt. A robotizáció, az automatizáció, az adatok felhasználása, a mesterséges intelligencia nagymértékben teret hódítanak a világban és a mezőgazdaságban is, hozzájárulva egy hatékonyabb mezőgazdasági szektor kialakításához. A mezőgazdaságban a fenntartható fejlődéshez nagymértékben hozzájárul az ipar 4.0 által nyújtott lehetőségek, technológiák. Az agrárszektor számára a digitalizáció a jövőben tovább növelheti a terméshozamokat, miközben a környezetterhelés nem növekedik, sőt potenciálisan mérséklődik. Jelen kutatás célja, hogy bemutassa az Ipar 4.0 szerepét a mezőgazdaságban, illetve megvizsgálja a romániai mezőgazdasági szektor viszonyulását, körülményeit az ipar 4.0 technológiáinak és a digitalizációnak az adoptálásához.

Abstract. The use of robotics, automation, big data, artificial intelligence are growing in the world and in the agriculture as well, which contribute to the development of a more efficient agricultural sector. In the agriculture, sustainable development can possibly benefit from the opportunities and technologies provided by industry 4.0. For the agricultural sector, digitalization can help increase the output in the future, whereas environmental pressure is not necessarily increased, rather potentially reduced. The aim of these paper is to present the concept and role of Industry 4.0 in agriculture and to analyze the Romanian agricultural sector's attitude and conditions towards adaptation of Industry 4.0 technologies and digitalization.

Kulcsszavak: Ipar 4.0, mezőgazdaság, digitalizáció, Románia

Keywords: Industry 4.0, agriculture, digitalization, Romania

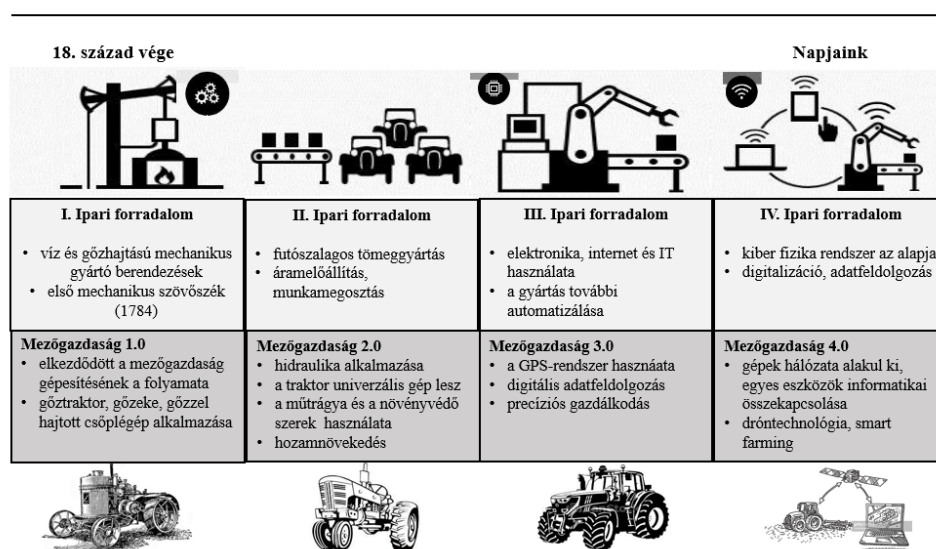
Bevezetés

Az Ipar 4.0 elsődleges megjelenési helye a termelés, tehát a mezőgazdaságban jelentős és meghatározó szerepe van, illetve radikális változásokat eredményez. A mezőgazdaságnak számtalan globális problémával kell szembenéznie, mint a globális felmelegedés, klímaváltozás, a népesség növekedéséből

fakadó növekvő élelmiszertermelés, urbanizáció, a mezőgazdaságban dolgozók arányának fokozatos csökkenése, a termelés alá vonható területek mennyiségének csökkenése, a művelésükhöz felhasználható víz mennyiségének csökkenése [1];[38]. Az előbb említett problémáknak a mérséklésére szolgálhat az ipar 4.0 által életre hívott digitális technológiák, módszerek alkalmazása. Az információs technológia segítségével hatékonyabb mezőgazdasági termelés realizálható, a termelés és a termeszési technológiák összehangolása, az agrárágazat árutermelési és piaci igazgatása, valamint a fejlesztések közötti kapcsolat egyértelmű [39]. Ebben a tekintetben a mezőgazdaságban termelési vagy értékesítési oldalon is egyaránt meghatározó szerepük van az információknak, adatoknak, az információk közötti kapcsolatoknak, ok okozati összefüggéseknek, illetve a gyors és hatékony reakciónak [2];[3]; [40]; [41]. Az, hogy a változás milyen gyorsan megy majd végbe, az attól függ, milyen ütemben fejlődik tovább a technológia, milyen lesz majd annak elfogadottsága, mekkora hajlandóság lesz a beruházásra, illetve a befogadásra [3];[4]; [22]; [42].

Az ipar és a mezőgazdaság fejlődése

A mezőgazdaság 4.0 fogalmának megértése érdekében nélkülözhetetlen a korábbi fejlődési szakaszok áttekintése. A fejlődési szakaszok esetében az egyes szakaszok átfedik egymást, tehát adott esetben párhuzamosan lehetnek jelen a régi és új technológiák. Másfelől a mezőgazdaság fejlődése a világ különböző részein más és más intenzitással, ütemben történik [31]. Az ipar és az agrárszektor fejlődésének történetében négy fontos állomást különíthetünk el, amelyet az 1. ábra szemléltet:



1.ábra Az ipar és a mezőgazdaság evolúciója,

Forrás: Saját szerkesztés [5], [6], [2], [9], [31] alapján

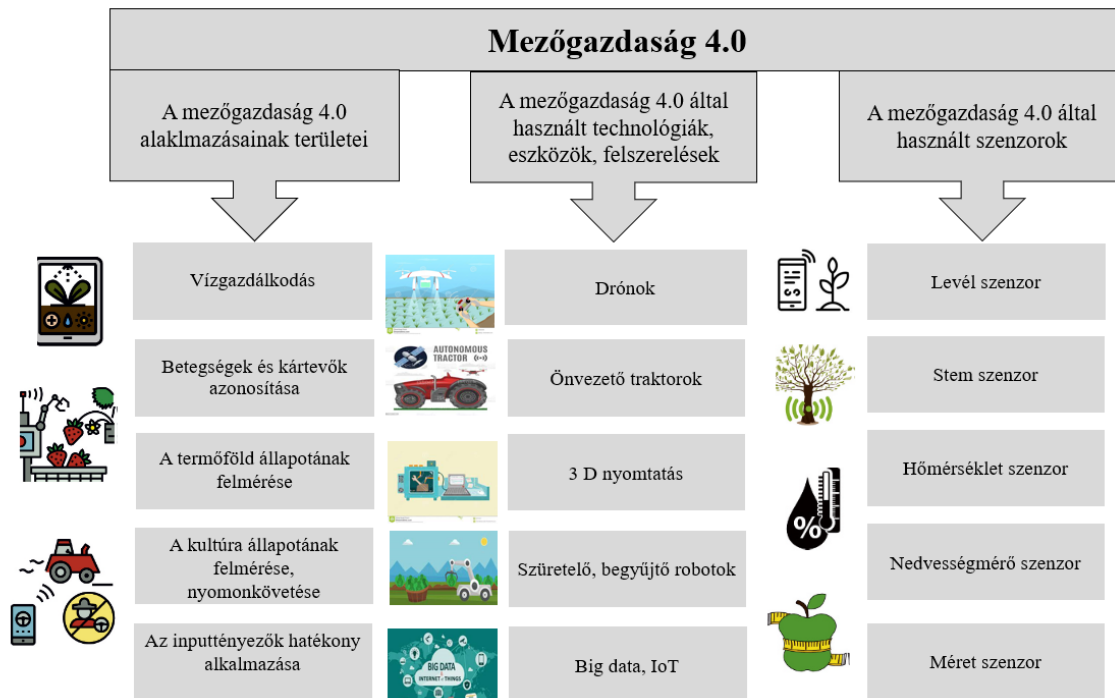
A mezőgazdaság fejlődésének történetét és mérföldköveit vizsgálva az első állomás a mezőgazdaság 0.0, körülbelül i.e. 5500-ban kezdődött, amelyre jellemző volt az igavonó állatok használata, ebben az időszakban a mezőgazdaság munkaerő intenzív volt, ugyanakkor a produktivitást az alacsony termelékenység jellemezte. A következő mérföldkő az első ipari forradalom és ezzel párhuzamosan a mezőgazdaság 1.0 volt, tulajdonképpen a 19. században az iparosítás által a mezőgazdaság új eszközökkel, gépekkel bővült. A gőz és a villamosenergia felhasználása által gépesíteni lehetett néhány

folyamatot a mezőgazdaságon is, például a gőztraktorok, gőzeke, gőzzel hajtott cséplőgépek alkalmazása által [5],[31]. A mezőgazdaság 2.0 sajátosságai, hogy az igavonó állatokat felváltották a gépek, amelyek által komplexebb munkafolyamatok is elvégezhetőek voltak. A mezőgazdasági termeléshez szükséges eszközök az ipar 2.0 vívmánya által tömeggyártásban készültek. A gépesítés következtében csökkent a humán munkaerő aránya a mezőgazdaságban, illetve a különböző vegyszerek, műtrágyák és az előbb említett gépesítés következtében nagyobb termésarány, hozam volt elérhető. A mezőgazdaság 3.0 szerves részét képezik a GPS rendszeren alapuló automata kormányzás, számítógép, internet, IKT eszközök. Ebben a szakaszban jelenik meg a precíziós gazdálkodás és mezőgazdaság fogalma is. Az ipar 4.0 olyan technológiákat tartalmaz, amelyek biztosítják a minimális inputtényezők használatát, illetve ezeknek a maximális kihasználását a hatékonyabb és nagyobb termelés eléréséhez. A mezőgazdaság 4.0 olyan fogalmakat tartalmaz, mint a drón- és szenzortechnológia, robotika és automatizáció, 3D nyomtatás, valamint Big Data alapú prediktív adatelemzés, amelyek jelentős mértékben módosíthatják azt, ahogyan jelenleg az agrárszektorról gondolkodunk. Az említett modern megoldások alkalmazásával létrejön egy újfajta mezőgazdasági egység, az okosfarm, amely képes tudatosan felhasználni ezeket a technológiákat, illetve az adatokat, ezáltal pedig nagymértékben növeli a hatékonyságot, a termelékenységet és csökkenti a költségeket is. Az ipar 4.0 széles körű elterjedése a mezőgazdaságban, valamint az egyes technológiák integráltan kezelése nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a mezőgazdaság globális kihívásaival (környezetterhelés, klímaváltozás stb.) szembenézzen az agrárszektor és teljesen új szintre emelje a termelését, termelékenységet, miközben az inputtényezők felhasználását optimalizálja [2],[3],[4],[31],[5]. *“Mezőgazdaság 4.0-án olyan, a mezőgazdasági termelést befolyásoló megoldásokat értünk, amelyek egymással kapcsolatban álló, a környezetet és a populáció egyedeit folyamatosan monitorozó technikai eszközök segítségével lehetővé teszik, hogy a termesztett növények, illetve tenyésztett állatok nagyon kis csoportjának vagy egyes egyedeinek igényeit és szükségleteit figyelembe véve azokat egyedileg kezeljék”* [31, 294.o.]. Tulajdonképpen az ipar 4.0 tartalmazza azokat az informatikai eszközöket, amelyeket a mezőgazdaságban is alkalmaznak, tehát az excel-táblától kezdve egészen a gépek vezérléséig, amelyek révén vezetik, működtetik a gazdaságot és a termelést. Az adatok bekerülése és rögzítése lehetővé teszik az összefüggések vizsgálatát és a döntéshozatalban is segítik a gazdákat [5]. Bár a fenti 1. ábra nem tartalmazza, de beszélhetünk már mezőgazdaság 5.0-ról is, amelynek az alappillérei a robotika és a mesterséges intelligencia. A robotok jelenleg is fontos szereppel bírnak a növénytermesztésben és az állattenyésztés tekintetében az itatásban, táplálásban és a fejésben is [31], [32].

A mezőgazdaság fejlődéstörténetét vizsgálva az újszerű technológiák, öntözőberendezések, műtrágyák, peszticidek használata által a mezőgazdasági termelés megnövekedett. Németországban az 1920-as években egy gazda átlagosan 1,85 tonna búzát aratott le, napjainkban a búza hektáronkénti hozama átlagosan 7,6 tonna [7], [9]. Amerikában az 1930-as években egy farmer négy fő számára elegendő mezőgazdasági terményt állított elő, negyven évvel később ez az arány 73 fő lett, majd az innováció, a technológia, a technika fejlődésének köszönhetően 2010-re 150 és 2016-ban 164 ember számára termel, biztosít élelmet egy gazda egy év alatt [24]. Ugyanakkor a mezőgazdaság 2050-re 70%-kal több élelmiszert kell biztosítson a növekvő népesség számára kevesebb inputtényező (víz, növényvédőszer, föld) használatával [7];[8];[9];[1]; [43]; [44].

A mezőgazdaság 4.0 által felhasznált eszközök, technológiák

A mezőgazdaság 4.0 egyik alapfogalma az okos farm, amely koncepciójában már nincs szükség a korábbi termelésben nagymértékben alkalmazott humán erőforrásra, mint inputtényezőre, ugyanis az okosfarmok esetében a szenzorok és a meteorológiai állomás adatai alapján a központi számítógép automatikusan kiadja az utasítást a drónoknak és a különböző eszközöknek (pl. öntözőberendezés), hogy mikor, melyik területen, milyen feladatot végezzenek el és maguktól el is végzik azt. A gazdának már nincs más feladata, mint a rendelkezésére álló jelentéseket figyelemmel kíséreni és szükség esetén beavatkozni a működésbe [10];[7];[2]. Az okosfarm koncepció esetében a használt technológiák nem elszigetelten, hanem egyfajta komplex, élő digitális ökoszisztémát alkotva kommunikálnak és működnek együtt, ugyanakkor a megjelenő technológiák egymástól elkülönülten is képesek hatékonyan működni, jelentős értéket teremtve a gazdának [11];[12]. Az IoT eszközök és a Big Data is szerves részét képezik a mezőgazdaság 4.0-nak, ugyanis az IoT eszközök olyan rendszereket tartalmaznak, amelyek kommunikálnak az aktuátorokkal, szenzorokkal és lehetővé teszik a vezeték nélküli hozzáférést, adatokat gyűjtenek, amelyeket a gazda fel tud használni a döntéshozatalában. A szenzorok segítségével által folyamatosan aktuális információkhoz juthat a gazda a kultúra vagy a jószág állapotát illetően. Tulajdonképpen a szenzorok adatokat gyűjtenek a levegő-, a talaj nedvességéről, tápanyagellátottságáról, levélnedvességről stb., és ezen adatok összessége képezi az adatbázist. Az összegyűjtött adatok segítik a döntéshozót vagyis a gazdát különböző beavatkozások optimális és hatékony megtervezésében. Az előbb említett folyamatot egy példával szeretném szemléltetni: A gazda NVDI (normalizált vegetációs index) térképet készít egy drónnal az adott parcelláról és az elkészült térkép adatai segítségével az eltérő tápanyag és vízellátottsági szinteket menedzsment zónákra osztva a gazda a földművelés során zónánként optimalizálja a tápanyagellátást, a permetezést és az öntözést is. Tulajdonképpen az előbb említett térkép adatai alapozzák meg a következő döntését/döntéseit: permetezés, öntözés, tápanyagutánpótlás tekintetében, amely lehetővé teszi a felhasznált inputtényezők (víz, vegyszerek, tápanyag) tudatos és optimális kijuttatását a termőföldre. A tervezés folyamatában és a döntést illetően is meghatározó szerepe van az időjárás előrejelzésnek is, amely lehetővé teszi a gazda számára az optimális időintervallum kiválasztását a különböző földművelési tevékenységek kivitelezését és elvégzését illetően. Ebben a tekintetben a gazdának nagyon sok lehetősége van az időjárás előrejelzés nyomán követésére akár mobiltelefon által is [31], [32], [7], [4]. A mezőgazdaság 4.0 egyik alappillére a mindig aktuális, pontos információk összegyűjtése, tárolása és értelmezése. A 2. ábra szemlélteti a mezőgazdaság 4.0 által elvégezhető feladatokat és az általa felhasznált technológiákat, eszközöket, szenzorokat.

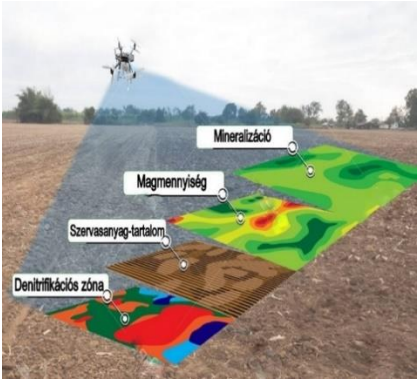




2.ábra: A mezőgazdaság 4.0 által használt eszközök, technológiák és az elvégezhető feladatok

Forrás: saját szerkesztés [31], [32], [4], [5] alapján

A mezőgazdaság 4.0 alkalmazásának területe szerteágazó, mint ahogyan a felhasznált technológiák és módszerek palettája is. Ezek a technológiák, módszerek a mezőgazdaság számára globális kihívást, jelentő problémákat is megoldanak. Például az önjáró gépek és robotok látják el a korábban manuálisan végzett munkákat. A különböző felépítésű önjáró gépek a növénytermesztés és állattenyésztés számos folyamatát képesek támogatni. A beépített helymeghatározók, érzékelők és kamerák segítségével a gépben lévő szoftver automatikusan értékeli és analizálja az érzékelő rendszerek jeleit (pl. az érett gyümölcsök szüretelésére a fáról) [10]. A termény megfelelő időben való betakarítása nagyon fontos. A begyűjtés különböző kategóriák alkalmazásával történik a szenzorok segítségével: például a gyümölcs mérete, formája színe alapján. Az önjáró traktorok esetében az egyik meghatározó előny a pontosság, például a növényvédő szerek kijuttatása esetében milliméter pontossággal kerül a hatóanyag a kultúrára [10], [32]. A 3D nyomtatást az alkatrészgyártás, prototípusok készítése és design tekintetében már az 1980-as években használták a mezőgazdasági gépészmérnökök [33]. A gazdálkodóknak olyan kihívásokkal is szembe kell nézzenek, mint a gépek meghibásodása és javítása. Egy-egy meghibásodott alkatrész felkutatása és beszerzése a mai napig nagyon hosszadalmas folyamat. A 3D nyomtatók a korábban említett problémákra adnak hatékony választ azáltal, hogy képesek digitális modellekből háromdimenziós tárgyak megalkotására akkor és ott, ahol igazán szükség van rájuk. A nyomtató képes műanyagból, fémből, nejlomból vagy akár homokkóbból is legyártani a szükséges tárgyakat [4];[11]. A 3D nyomtatás felhasználásnak lehetőségei a mezőgazdaságban széles körűek az előbb említett alkatrésznyomtatás, szerszámok, eszközök nyomtatása által. Ezen módszer alkalmazásával a gazda hatékonyan és gyorsan meg tudja oldani akár egy cserealkatrész elkészítését is, ugyanis a törött, meghibásodott alkatrész szkennelhető és a 3D nyomtató anélkül, hogy használni kellene bármilyen tervet, kinyomtatja az alkatrészt [33]. A mezőgazdaság 4.0 technológiai által a gazdák képesek többek

között az időjárás előrejelzésére, tehát az adatokat elemezve a rendszer előrejelzi a következő időszak időjárását, majd ez alapján intelligens módon eldönti, hogy milyen tevékenységet érdemes végezni az adott területen (pl. öntözni szükséges). Hasonló módon előre jelezhető a várható terméshozam, a betakarítás ideális időpontja, de az állatok megbetegedéseinek veszélye és az ideális vágási állapot meghatározása is. Mindez jelentős költségcsökkentő hatást hozhat magával [4];[12]. Az 1. táblázat szemlélteti a drónokkal elvégezhető feladatokat.

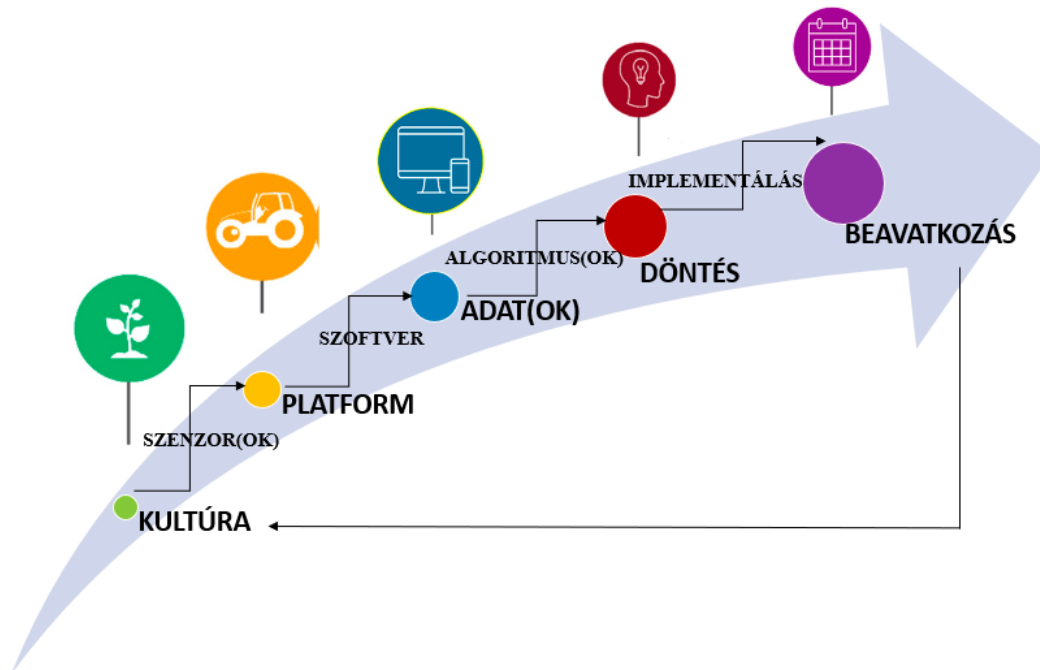
Feladat	Leírás
<p>Termőtalaj és növények állapotának monitorozása</p> 	<p>A drónokra szerelt hagyományos, hiper- és multispektrális kamerák (pl.: hőkamerák, UV- és infravörös kamerák) által elkészített képek elemzése alapján azonnali képet kaphatunk a termőtalaj minőségéről, megállapítható, hogy szükséges-e a növény locsolása, elegendő napfény jutott-e a növényre vagy éppen megtámadta-e valamilyen betegség, kártevő a növényt. A drónok a növénytermesztésben nemcsak mint támogató szereplők, de mint aktív közreműködők is részt vehetnek. Egyes drónok ma már képesek egy adott terület automatikus 3D-s feltérképezésére és a talaj elemzésére, amely alapján megállapítják az ültetésre alkalmas helyeket és a magok ültetésének optimális mintázatát.</p>
<p>Permetezés és locsolás</p> 	<p>A különböző kamerák segítségével képesek felismerni, ha egy növény túl sok vagy éppen túl kevés napfényt kap, ha a levelei száradni kezdenek, esetleg valamilyen kártevő vagy betegség jelenik meg rajta. A probléma azonosítását követően a drónok képesek azokat a felmerülés helyén proaktívan és hatékonyan kezelni, ami azt is jelenti, hogy az adott probléma kezelése hatékonyan és optimálisan történik.</p>
<p>Nyáj-monitorozás</p> 	<p>A drónok segítségével lehetőség van a nagyobb nyájak madártávlati figyelésére, az állatok számának és tevékenységének folyamatos nyomon követésére is. Különösen nagy haszna lehet ezeknek a gépeknek éjszaka, amikor szabad szemmel már nem látható a nyáj.</p>

1.táblázat: Drónokkal végezhető feladatok

Forrás: saját szerkesztés [3], [4], [7], [2], [9] alapján

A drónok lehetővé teszik, hogy a gazdák nyomon követhessék termőföldük állapotát. A képalkotási technológiák fejlődésével ráadásul akár centiméteres pontossággal is meghatározható, hogy mely növényeket fenyegeti kiszáradás, vagy, hogy minden növény elegendő napfényhez jut-e. Mezőgazdasági szempontból a drónok jelentőségét az adja, hogy a géptestre szerelhető különböző típusú kamerák (infra-, hő-, és hagyományos kamerák) lehetőséget biztosítanak az adott terület akár valós idejű pásztázására és elemzésére [10]; [11]. A 3. ábra szemlélteti az információ áramlásának az útját egészen a döntéshozás pillanatáig.

3. ábra: Az információ alapú döntéshozatal, menedzsment folyamata az okos mezőgazdaságban



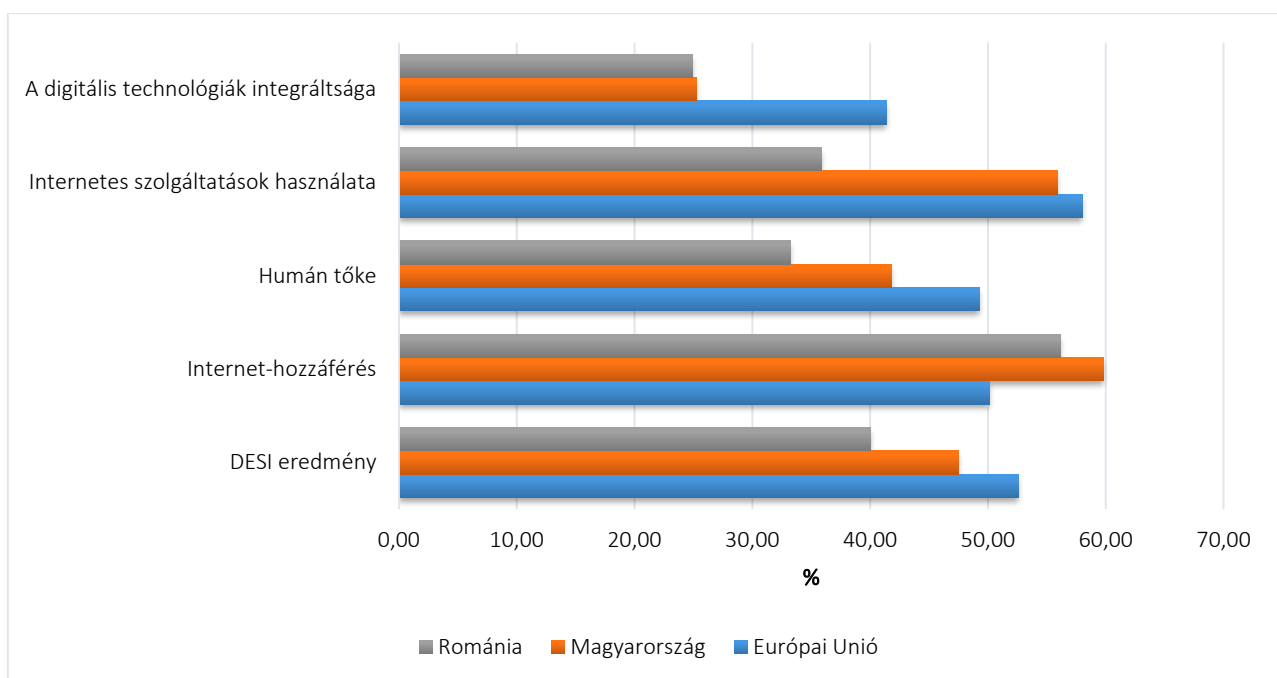
Forrás: saját szerkesztés [34] alapján

A 3. ábra szerint a folyamat első szerves eleme a kultúra, ezt követi a platform, vagyis a felhasználói felület, amely tulajdonképpen az információszerzés fizikai eszközeire utal, vagyis a különböző szenzorok segítségével történik az adatgyűjtés. Az adatok tartalmazzák azokat a paramétereket, amelyeket a szenzorok segítségével lehet begyűjteni a kultúra vagy a termőföld állapotát illetően. Az adatok és a döntés között helyezkedik el az algoritmus/algoritmusok, amely által megtörténik az adatok szűrése, hogy a gazda a szükséges és hasznos adatokhoz jusson, amely segíti az optimális döntéshozatalban. A folyamat legutolsó fázisa a beavatkozás, amelyet megalapoz a már az előbb említett adatokon és információkon alapuló döntéshozatal, így a kultúra optimális és hatékony beavatkozásban fog részesülni [34].

A digitalizáció és annak feltételei, körülményei a romániai mezőgazdaságban

A digitális technológiák széles körben elérhetőek napjainkban az Európai Unió minden tagállamában, de óriási a különbség ezeknek a technológiáknak a használatát tekintve. Ennek több oka is van, az első alapvető ok a kezdeti beruházáshoz szükséges tőke, másfelől ezeknek a technológiáknak a

használatához digitális kompetenciákra, készségekre is szükség van és nagyon sok esetben a gazdák ezeknek a használatát, alkalmazását bonyolultnak tartják, amely visszatartja őket az újszerű, innovációs technológiáknak az alkalmazásától [23]. A digitális technológiák elterjedését akadályozhatja az előregedés és az alacsonyan képzett munkaerő az agráriumban, ami a kelet-közép-európai térség több országában hosszabb ideje fennálló probléma, illetve amit a képzések gyakorlatorientációjának fokozásával lehet orvosolni [25], [26], [27], [28], [29], [30]. A digitalizált agrárberendezkedés alkalmazásához szükséges egy sajátos környezet, közeg, amelynek szerves részét képezi a széles sávú internet-hozzáférés és a mezőgazdaságban dolgozók, vállalkozók digitális kompetenciája. Az Európai Unió 2014 óta minden évben készít egy jelentést, amelynek a központi eleme a DESI, vagyis a digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató, amely magába foglalja az internethozzáférés lehetőségét, a lakosság digitális készségeit, internethasználatot, a vállalkozások digitalizálását is [13], [14]. A 4. ábra tartalmazza a 2020-as DESI mutató alakulását Romániában és Magyarországon.



4. ábra A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató, 2020,

Forrás: saját szerkesztés [13], [14] alapján

A 2020-as digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI) alapján Románia a 26. helyen szerepel, Magyarország a 21. helyen, viszont mindkét ország esetében kijelenthető, hogy az elmúlt öt évben az eredményeik javultak. Az internethozzáférés tekintetében Magyarország a 7. helyen van, Románia a 11. helyen. Mindkét ország esetében a nagy sebességű széles sávú (NGA) lefedettség, a nagy kapacitású vezeték nélküli (VHCN) lefedettség, illetve a 4G lefedettség is javult. A másik meghatározó tényező a mezőgazdaság digitalizációjának tekintetében a lakosság digitális készségei. A humán tőke területén Magyarország a 19., míg Románia a 27. helyen áll az uniós országok között. Romániában a digitális készségek esetében elmondható, hogy az alapvetőnél magasabb szintű digitális készségek és a szoftver-készségek is jóval az uniós átlag alatt vannak. Romániában a 16 és 74 év közötti népességnek mindössze egyharmada, Magyarországon a negyede rendelkezik legalább alapvető digitális készségekkel, ezek alapján mindkét ország elmarad az uniós átlagtól [13],[14]. Aggodalomra ad

okot, hogy Románia az internetes szolgáltatások használata terén az utolsó helyen szerepel az Európai Unióban, amely összefüggésben van azzal a ténnyel is, hogy alacsony az alapvető digitális készségekkel rendelkezők száma. Romániában a 16 és 74 év közötti népesség 18%-a, Magyarországon 14%-a soha nem használt internetet (EU 9%). Romániában az online értékesítés 3% (EU 23%) és vásárlás 29% (EU 71%) is jóval az uniós átlag alatt van. [13],[14]. A digitális technológiák vállalkozások általi integrálása tekintetében Magyarország a 26. helyet, Románia a 27. helyet foglalja el, ezen a téren ez a két legrosszabbul teljesítő uniós tagállam. Ami a fejlett digitális technológiákat illeti, Magyarországon a vállalkozások mindössze 6%-a, Romániában 11%-a támaszkodik nagy adathalmazokon alapuló megoldásokra (az EU-ban 12%); Magyarországon a vállalkozások 11%-a, Romániában 7%-a használ felhőalapú számítástechnikát (az EU-ban 18%) [13], [14].

Németországban tízből nyolc mezőgazdasági vállalkozás használ digitális technológiákat, eszközöket, alkalmazásokat a termelésben (pl. szenzoros technológia, drónok, robotok) [23]. A román gazdák 75%-a minden nap használja a mobiltelefonját, de csupán 17%-uk használ szoftvereket a gazdaság menedzseléséhez. A kelet-európai és a francia mezőgazdasági termelők rendkívül nagy arányban választják a mobiltelefont, amíg az olasz gazdák ritkán használnak okostelefont, helyette számítógépet, laptopot és táblagépet választanak [16];[17]. A romániai gazdák 45%-a használ úgynevezett "naplót", amely által nyomon követi a gazdaságban a változásokat, gazdasági történéseket, az input, illetve az output tényezők mozgását, alakulását. A használt eszközök, módszerek tekintetében a gazdák 20%-a Excel programot használ, 17%-uk más számítógépes programot, alkalmazást, illetve 13,5%-uk pedig nem használ ilyen jellegű eszközöket és módszereket. Az Európai Unió viszonylatában a francia gazdák 44%-a és a német gazdák 40%-a használ szoftvert vagy gazdaságkezelő alkalmazásokat a nyilvántartás érdekében [16].

Romániában a mezőgazdaság digitalizációja egy nagyon összetett kérdés, egyrészt a gazdaságszerkezet tekintetében a kisgazdaságok dominálnak, az átlagos gazdasági méret 3,6 ha amíg az Európai Unióban 16,6 ha [45]. A föld, mint termelési tényező esetében az alapvető problémát a nadrágszíjparcellás, felaprózott mezőgazdasági területek nagy száma jelenti, ami gátolja a hatékony termelést. Az előbb említett tényezők nagymértékben akadályozzák az újszerű agrártechnológiák hatékony alkalmazását [15];[16]. Romániában a mezőgazdaság digitalizációja nagyon kezdeti fázisban van, a precíziós gazdálkodás használata terén is kijelenthető, hogy nagyon lassan történik ennek a befogadása, alkalmazása. Más Európai Unió tagállamokban a precíziós gazdálkodást már évek óta alkalmazzák. Az európai precíziós mezőgazdaság piacán meghatározó piaci részesedéssel rendelkezik Németország, Franciaország, amelyek esetében a precíziós gazdálkodás technológiáinak a piaci részesedése várhatóan tovább fog növekedni a következő években. Az európai precíziós gazdálkodás piaca 2018-ban 978,4 millió dollár volt és az előrejelzések szerint 2025-re 12%-os növekedés várható. Az előrejelzések alapján, az előbb említett időszakban a piaci részesedés fontos szereplői lesznek a kelet- és közép-európai országok, úgymint Lengyelország, a Cseh Köztársaság, Románia, Bulgária és Magyarország [18]; [17].

Diszkusszió

Az alábbiakban összefoglalom a szakirodalmi áttekintés és adatgyűjtés alapján a legfontosabb következtetéseket az ipar 4.0 és a digitális technológiák, eszközök alkalmazásának a problémáit, akadályait a romániai mezőgazdaság perspektívájából. Az 5. ábra szemlélteti az előbb említett akadályokat, nehézségeket, problémákat, illetve néhány megoldást és javaslatot is tartalmaz a felsorolt problémák megoldására vonatkozóan.

Problémák, akadályok	Megoldások, javaslatok
A farm tulajdonosok elöregedési tendenciája (a romániai gazdák 41%-a 65 év feletti és csupán 5%-uk 35 év alatti), az idősebb farmtulajdonosok kevésbé rugalmasak a mezőgazdaság 4.0 és a digitális technológiák alkalmazására.	Aktívabb szerepvállalás a gazdaszervezetek részéről: digitális eszközök, új technológiák ismertetése a gazdákkal bemutatók, workshopok szervezése.
Alacsony technológiai ellátottság a mezőgazdasági vállalkozások esetében, az agrár-élelmiszeripari vállalkozásoknak mindössze 1%-a használ ipari robotokat. Romániában a vállalkozások 7%-a használ felhőalapú számítástechnikát (EU 12%) A gazdák 13,5%-a nem használ számítógépes programot, alkalmazást.	Országos szinten szükséges a mezőgazdaság digitalizációjának támogatása, digitális agrárstratégia kidolgozása.
A romániai gazdaságszerkezet esetében a kis farmok dominálnak és a nadrágszíjparcellák, felaprózott mezőgazdasági területek jellemzőek. Az átlagos gazdasági méret 3,6 ha amíg az Európai Unióban 16,6 ha.	A kis és közepes méretű gazdaságok számára szükséges egy országos stratégia kidolgozása, amely elsősorban arra keresi a megoldást és arra tesz javaslatot (javaslatokat), hogy hogyan lehetne segíteni a digitalizáció elterjedését, ismertetését, alkalmazását a kis és közepes mezőgazdasági vállalkozások számára.
Tudás és szakértelem hiánya.	A kisebb gazdák szövetkezetekbe tömörülése, így az eszközök, új technológiák költségei is kevésbé lesznek megterhelőek. Szövetkezetek megalapítását segítő pályázatok (AFIR 16.4) Pályázati lehetőségek (AFIR:4.1.) aktív szövetkezetek számára, amely esetében fontos szempont a digitális és precíziós eszközök beszerzése.
A digitális agrárberendezkedés kezdeti beruházása tőkeigényes- tőkehiány.	Az mezőgazdasági szakirányú egyetemek és szakiskolák oktatási programjának átalakítása és megfelelő infrastruktúra biztosítása, továbbá olyan tanfolyamok illetve szaktanácsadás biztosítása, amely által a gazdák számára is lehetővé válik elsajátítani az új ismereteket és az új technológiák használatának hogyanját.
Infrastrukturális hiányosságok -internethálózat elérhetősége.	
Félelem a gazdák részéről az újszerű, innovatív technológiáknak az alkalmazásától.	
A lakosság több mint fele nem rendelkezik alapvető digitális és a szoftverek használatához szükséges készségekkel.	
Az agrár szakterület oktatási rendszerének hiányosságai (duális képzések), amelyek a korszerű technológia (digitális eszközök, drónok stb.) használatának az elsajátítását oktatná.	

5. ábra: Problémák és javaslatok a mezőgazdaság 4.0 és a digitális technológiák, eszközök alkalmazásának tekintetében a romániai mezőgazdaságban

Forrás: Saját szerkesztés [16],[15],[19],[20],[35],[14],[36],[21],[37] alapján

Az akadályok esetében mindenképpen nagy problémát jelent a gazdaságszerkezet, vagyis Romániában magas a kis és közepes méretű gazdaságok aránya, amelyek nem rendelkeznek megfelelő anyagi tőkével és megfelelő szakértelemmel a precíziós és smart gazdálkodás alkalmazásához. A kis és közepes méretű gazdaságok számára szükséges egy külön stratégia kidolgozása, amely elsősorban arra keresi a megoldást és arra tesz javaslatot, hogy hogyan lehetne segíteni a digitalizáció elterjedését, alkalmazását a kis és közepes gazdaságok számára. Ennek egyik kivitelezési módja, ha a kisebb gazdák szövetkezetekbe tömörülnek, így az eszközök, új technológiák anyagi költségei is kevésbé lesznek megterhelőek. A szövetkezetek megalapítását segítik a jelenlegi európai uniós pályázatok is, például a 16.4-es vidékfejlesztési pályázat (AFIR, submăsura 16.4). Abban az esetben, ha ez nem történik meg, tovább fog növekedni a digitális különbség a kis és a nagy gazdaságok között. A digitális mezőgazdaság kilakításának másik feltétele a megfelelő infrastruktúra, megfelelő hálózati lefedettség (4G, RTK). Románia az előbb említett infrastruktúra tekintetében uniós szinten is elől jár (NGA, VHCN, 4G lefedettség), de még mindig vannak olyan vidéki települések, ahol nincs megfelelő internet szolgáltatás.

Ami viszont aggodalomra ad okot, az a lakosság digitális kompetenciája, illetve internethasználata, ugyanis mindkettő esetében az európai uniós szinten utolsó helyet foglalja el Románia. Az előbb említett internethasználat és a digitális kompetenciák alapvető feltételei a mezőgazdaság digitalizációjának és a precíziós, okos gazdálkodás kialakításának is. Az oktatás szintén meghatározó feltételnek számít a digitális mezőgazdaságban, vagyis az egyetemek és szakiskolák felkészítése az újszerű gépek, szoftverek, technológiák alkalmazására, továbbá olyan tanfolyamok, illetve szaktanácsadás biztosítása, amely által a gazdák számára is lehetővé válik elsajátítani az új ismereteket, illetve alkalmazni az új technológiákat. A körülményeket és feltételeket elemezve szintén létfontosságú az egységesített törvényi keretrendszer kialakítása néhány technológia esetében. A drónok használata esetében 2019. március 12-én az Európai Bizottság a drónokra vonatkozó technikai követelményeket meghatározó uniós szintű szabályokat fogadott el.

Az Európai Unió szintjén, illetve országos szinten is szükséges a mezőgazdaság digitalizációjának támogatása. A KAP 2021-2027-es programtervében is prioritást élvez a mezőgazdaság digitalizációja. Áprilisban a tagállamok aláírták az *“Egy intelligens és fenntartható digitális jövő az európai mezőgazdaságért és vidéki térségekért”* című nyilatkozatot, amely arra motiválja a tagállamokat, hogy az országos mezőgazdasági startégiába fontos szerepet kell tulajdonítani a mezőgazdaság digitalizációjának. Ugyanakkor a megoldások tekintetében létfontosságú a román állam, a mezőgazdasági minisztérium és a helyi gazdaszervezetek aktívabb szerepvállalása. Ennek tekintetében szükséges lenne egy országos digitális agrárstratégia kialakítása, amely hangsúlyt fektet a kis és közepes mezőgazdasági vállalkozások digitalizációjára is, ugyanakkor a helyi gazdaszervezetek szerepvállalása által különböző bemutatók, workshopok szervezése, amely által a gazdák megismerkedhetnek az új, digitális és korszerű technológiákkal. Az utóbbira egy jó példa a Székely Gazdaszervezet által kezdeményezett *“Drónok a mezőgazdaságban”* címmel tartott gyakorlati bemutató Székelyföld különböző településein. A továbbiakban a megoldás egyik alappillére a különböző országos, illetve európai uniós pályázati lehetőségek igénybe vétele, ennek tekintetében a jelenlegi pályázati lehetőségek (4.1-es vidékfejlesztési pályázat) aktívan támogatják a korszerű, digitális eszközök, technológiák beszerzését [16], [15], [19], [20], [35], [14], [36], [20], [21], [37].

Következtetés

A digitális technológiák használata átalakítja a mezőgazdasági szektort, amely által az agrárium fenntarthatóbb és hatékonyabb keretek között, működhethet, termelhet. Az innováció, ahogyan a fentiekben is láthattuk nem csak az alkalmazott gépekre, technológiára referál, hanem a menedzsmentre és az alkalmazott stratégiára is. A digitalizáció egy új lehetőséget nyújt a mezőgazdasági vállalkozások fejlesztésére és talán a fiatalabb generáció számára is vonzóbbá teszi a mezőgazdaságot és megnöveli a vidék vonzerójét. A mezőgazdaság és a romániai agrárium számára az ipar 4.0 technológiái, a digitális eszközök használata jelenthetik a jövőt, hiszen egyszerre járhat a jövedelmek, termelési hatékonyság növelésével és a környezetterhelés mérséklésével. A fentiek alapján is látható, hogy a romániai mezőgazdaság számára kihívást jelent egy olyan környezet megteremtése, amely befogadni és használni is tudja a digitalizáció által nyújtott lehetőségeket, módszereket és technikákat a mezőgazdaságban.

A mezőgazdaság 4.0 lehetővé teszi a gazdálkodás optimalizálását, vagyis az inputtényezők hatékony, tudatos felhasználását, a termelési folyamatok fejlesztését, egy környezetkímélő, fenntartható mezőgazdaság kialakítását és a hozam növekedését. Románia és néhány Európai Unió tagállam esetében a digitalizáció, a mezőgazdaság 4.0 kialakulása és használata lassabban zajlik, de a piaci előrejelzések alapján a közeljövőben a kelet-európai országokban, tehát Romániában és Magyarországon is erőteljes kereslet fog kialakulni a precíziós és az okos gazdálkodás technológiáinak az irányában. Romániának magas az agrárpotenciálja, amelyet csak úgy lehet tudatosan és fenntartható körülmények között kihasználni, ha a gazdák is felismerik a mezőgazdaság digitalizációjának fontosságát, hasznosságát, aktualitását, és igénylik az újszerű technológiák használatát. Annak érdekében, hogy egy olyan környezet tudjon kialakulni, amely alkalmazza az új mezőgazdasági precíziós és okos technológiákat, nélkülözhetetlen a kormány segítsége, illetve az agrárszakképzés, a felsőoktatás reformálása is.

Köszönetnyilvánítás

This work was supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 818194.

Irodalomjegyzék

- [1] FAO (2017): The future of food and agriculture – Trends and challenges. 2017, Elérhető: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- [2] Nagy J. (2017): Az ipar 4.0 fogalma, összetevői és hatása az értéklánra, 167. sz, Műhelytanulmány HU ISSN 1786-3031, Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdaságtan Intézet, Elérhető: http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3115/1/Nagy_167.pdf.
- [3] Braun A. T., Colangelo E., Steckel T. (2018): Farming in the Era of Industrie 4.0, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, Elérhető: <https://www.mendeley.com/catalogue/4f501bee-5080-3771-8367-732f9e52a834/>, DOI: 10.21791/IJEMS.2018.1.15.
- [4] Achim W., Robert F., Robert H., Buchmann N. (2017): Smart farming is key to developing sustainable agriculture, Elérhető: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5474773/>
- [5] Popp J., Erdei E., Oláh J. (2018): A precíziós gazdálkodás kilátásai Magyarországon, *International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 3. (2018). No. 1*
- [6] Erdei E. (2019): Az Ipar 4.0 fejlődése, használata és kihívásai napjainkban, *Acta Carolus Robertus*, 2019. 9 (1), DOI: 10.33032/acr.2019.9.1.49

- [7] Matthieu C., Anshu V., Alvaro B. (2018): Agriculture 4.0: The future of farming technology, Elérhető: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html>
- [8] Borocz M., Szoke L., Horvath B.(2016): Possible climate friendly innovation ways and technical solutions in the agricultural sector for 2030, Hungarian Agricultural Engineering, Vol. 29. pp. 55-59. <http://dx.doi.org/10.17676/HAE.2016.29.55>
- [9] Ball, V. E – Bureau, J. – Butault, J. – Nehring, R. (2001): Levels of Farm Sector Productivity: An International Comparison, Journal of Productivity Analysis 15, 5-29. pp. – (3).
- [10] Angelo C., Latino M.E., Menegoli M.(2018): From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: A Framework to Manage Product Data in Agri-Food Supply Chain for Voluntary Traceability, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering Vol:12, No:5, 2018
- [11] Wolfert S., Ge L. , Verdouw C. , Bogaardt M.C.(2017): Big data in Smart Farming, Agricultural Systems, Volume 153, May 2017, Pages 69-80 , HYPERLINK "<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>" \t "_blank" \o "Persistent link using digital object identifier" <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>, Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>
- [12] Kovács I. – Husti I (2017): The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture?,, <http://hae-journals.org/> HU ISSN 0864-7410 (Print) / HU ISSN 2415-9751(Online), DOI: 10.17676/HAE.2018.33.38
- [13] European Commission (2020): A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI), 2020, Magyarország, Elérhető: "<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>" <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>
- [14] European Commission (2020): Indicele economiei și societății digitale (DESI) 2020 România, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>
- [15] Brata A.M. (2015): Swot Analysis on Romanian Agriculture in the Transition Period to Market Economy, Natural Resources and Sustainable Development, Elérhető: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2700100

- [16] Rural rfi, 2018. [Online]. Available: <https://rural.rfi.ro/emisiune/romania-digitalizare-agricultura>
- [17] Pop, C., (2016): Agricultura de precizie – Harta fermelor din Romania, [Online], [Retrieved September 20, 2019] Agricultura de precizie – Harta fermelor din Romania, Elérhető: <https://www.stejarmasiv.ro/agricultura-de-precizie-harta-fermelor-din-romania>
- [18] EMIS (2020): Global Precision Agriculture Market, Elérhető: <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/drones/#>
- [19] Dovleac L., Bălăşescu M. (2016): Perspectives for Romania on adopting agricultural innovations, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series V: Economic Sciences Vol. 9 (58) No. 1 – 2016
- [20] Grad I., Nicoleta M. S., Mănescu C., Mateoc T., C. Brebu, Toth A.: Study on precision agriculture in Romania, LUCRĂRI ŞTIINŢIFICE, SERIA I, VOL.XVI (1)
- [21] Fertu C., Dobrota L.V. Stanciu S. Precision agriculture in Romania. Facts and statistics, 34th International Business Information Management Association Conference: Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage (Madrid, Spain, November 13-14, 2019), Ed. Soliman, K.S., ISBN: 978-0-9998551-3-3, pp. 7366-7375
- [22] Farkasné Fekete M., Balyi Zs., Szűcs I. (2014): Az agrárgazdaság hatékonyságának néhány sajátos aspektusa. Gazdálkodás, 58. évf, 6. szám. pp. 564-594.
- [23] Európai Bizottság, „A mezőgazdaságon belüli digitális átállás körvonalai,” 2019., Elérhető: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_brochure_digital_revolution_in_agriculture_2017_hu_web.pdf
- [24] Statista.com, (2020), letöltés dátuma: 2020.12.14, <https://www.statista.com/statistics/207339/number-of-persons-fed-per-farmer-in-the-us-since-1940/>
- [25] Harangi-Rákos M., Szabó G. (2012): The economic and social role of private farms in Hungarian agriculture. APSTRACT – Applied Studies in Agribusiness and Commerce 6:5 pp. 33-41.
- [26] Popp J., Szakály Z., Petó K., Harangi-Rákos M. (2015): A sertésenyésztés helyzete a globális kihívások tükrében. Állattenyésztés és Takarmányozás 64:3 pp. 207-225
- [27]

- [28] Herman S., Körösparti P., Kőmíves P. M. (2018): A magyar agrár-felsőoktatás aktuális helyzete. International Journal of Engineering and Management Sciences 3:4 pp. 263-281.
- [29] Fróna D., Kőmíves P. M. (2019): A mezőgazdasági munkaerő sajátosságai. Gazdálkodás 63:5 pp. 361-380.
- [30] Kőmíves P. M., Pilishegyi P., Novák N., Nagy A. Sz., Körösparti P. (2019): The role of the higher education in the development of the agriculture. International Journal of Information and Education Technology 9:9 pp. 607-612.
- [31] Fenyves V., Dajnoki K., Dékán Tamásné Orbán I., Harangi-Rákos M. (2020): Gyakorlatorientált képzések megítélése a vállalati szférában. Acta Medicinae et Sociologica, 11:31 pp. 164-183.
- [32] Szőke V., Kovács L.(2020): Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek,kihívások, Gazdálkodás, 64. évfolyam 4. szám, pp. 289-357
- [33] Raj M., Chamola V., Gupta S., Garg T, Gupta S., Chamola v., Elhence A., Atiquzzaman M., Niyato D., . (2021): A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0, Journal of Network and Computer Applications 187 (2021) 103107
- [34] Australian Government, Rural Industries Research and Development Corporation: 3 D printing, Elérhető:<https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/16-034.pdf>
- [35] Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. (2020): From Smart Farming towards Agriculture 5.0:A Review on Crop Data Management, Agronomy 2020, 10, 207; doi:10.3390/agronomy10020207
- [36] Vlăduț V., Tăbărașu A-M., Voicea I., Muscalu A., Mathei GH., Boruz S., Apostol L., Popa D., Isticioaia S., Ungureanu N., Nenciu F., Duțu M-F., Epure M., Dumitru C. (2020): Agricultura 4.0- o provocare pentru agricultura românească, Analele Universității din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. L/2020
- [37] Ciurea M. (2020): Considerations Regarding the Digitalization of Romanian Agriculture, Advances in Economics, Business and Management Research, volume 156
- [38] Agenția pentru finanțarea Investițiilor Rurale- <https://www.afir.info/>
- [39] Fróna D., Szenderák J. Harangi-Rákos M. (2019): The Challenge of Feeding the World, Sustainability 11 : 20 p. 5816 Paper: 5816 , 17 p. (2019)
- [40] Szenderák J., Popp J., Harangi-Rákos M. (2019): Price and Volatility Spillovers of the Producer Price of Milk between some EU Member States, German Journal of Agricultural Economics 68(2):61-76
- [41] Lakatos V. Makai Sz. Szakács A. (2021): Méret függő kontrollig sajátosságok a mezőgazdasági vállalkozások esetén. Controller Info 9:1 pp.24-29.
- [42] Pataki L. Lakatos V. Vajay B. (2021): Tőkeszerkezeti összefüggések a regionális agrárvállalkozások körében. Controller Info 9:2 pp.2-8.

- [43] Lakatos V. Vizardák K. (2002): Családi gazdaságok gépesítettségi színvonalának elemzése Jász-Nagykun-Szolnok megyében. „JUTEKO 2002” Tizedik Sámuel Jubileumi Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Napok, Szarvas pp. 163-164
- [44] Lakatos V. Vizardák K. Király J. (1999): Az alacsonyabb ráfordítási színvonal hatása a szántóföldi növénytermelés ökonómiai mutatóira. Agrár főiskolák Szövetségének Tudományos Közleményei 20:3 pp. 43-50.
- [45] Vizardák K. Lakatos V. Király J. (1996): Magángazdaságok műszaki felszereltségének vizsgálata. MTA Agrár-Műszaki Bizottság kutatási és fejlesztési tanácskozás, Gödöllő. FVM Műszaki Intézet 56 pp. 5-9.
- Eurostat (2018): Farms and farmland in the European Union - statistics, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Farms_and_farmland_in_the_European_Union_-_statistics