

KOCKÁZATMINIMALIZÁLÁS IOT- ÉS BIG DATA-TECHNOLÓGIÁKKAL AGRÁRGAZDASÁGI PÉLDÁN

Élő Gábor – Szármas Péter

A mezőgazdasági termelés több okból is kifejezetten kockázatos tevékenység. A termelési kockázat a termésátlag ingadozásából fakad, amit például az időjárás, a kártevők vagy a növénybetegségek okoznak. A mezőgazdaságban is terjedő, modern technológiák lehetőséget biztosítanak a termelési hatékonyság növelésére és a kockázatok mérséklésére. A precíziós gazdálkodás a mezőgazdasági üzemen belüli eszközökkel (a mezőgazdasági tevékenységet befolyásoló tényezőkről való információgyűjtés és az ennek alapján tervezett, célzatos beavatkozások révén) törekszik a kockázatok mérséklésére. Az adatgyűjtésre főleg különböző szenzorok szolgálnak, amelyek a kiválasztott talaj-, meteorológiai és egyéb jellemzőkről szolgáltatnak folyamatosan adatokat. Ezáltal segítik a jobb és gyorsabb döntéshozatalt, valamint a mezőgazdasági tevékenységek hatékonyságának növelését. A kockázatok mérséklése és a nagyobb hozamok, alacsonyabb költségek pedig javítják a mezőgazdasági tevékenység jövedelmezőségét.

JEL-kódok: Q1, O3, C6, C8

Kulcsszavak: precíziós gazdálkodás, mezőgazdasági kockázatok, szenzorhálózatok

1. KOCKÁZATOK A MEZŐGAZDASÁGBAN

A mezőgazdaság a fejlett országokban is a nemzetgazdaság nagy jelentőségű eleme. A mezőgazdasági termelés körülményeit minden esetben nagyfokú bizonytalanság jellemzi. A termésátlag jelentősen ingadozhat az időjárás, a kártevők, az öntözés és tápanyagutánpótlás függvényében, de a piaci és a politikai tényezők is nagyban befolyásolják a gazdálkodás eredményességét. A bizonytalanságok kezelése, csökkentése érdekében számos módszert dolgoztak ki.

A Világbank útmutatójában a tagállamoknak ajánlott keretrendszer (Agricultural Risk Management Framework) az 1. táblázat szerinti elemeket tartalmazza:

1. táblázat

Kockázatmenedzsment-keretek a mezőgazdaságban

Kockázatkezelés és fontossági sorrend létrehozása:

1. Termékkockázatok
2. Piaci kockázatok
3. Elérhető környezet kockázata

Kockázatviselők értékelése:

1. Kereskedelmi szektor kockázatviselői (Mezo)
2. Állami szektor (Makro)

Kockázatmenedzsment-stratégiák:

1. Mérséklés
2. Átruházás
3. Lefedés

Végrehajtási eszközök:

1. Mezőgazdasági befektetések
2. Szakértői segítségnyújtás
3. Politikai támogatás

Fejlesztési eredmények

Forrás: World Bank (2011)

A Világbank a kockázatfelmérés és a fontossági sorrend kialakítása során lényegében három nagy kockázati tényezőcsoport vizsgálatát javasolja: a termelési, a piaci és a szabályozási környezet hatásait. Az érdekelteket is három szinten javasolja vizsgálni: a termelők, az üzleti-kereskedelmi partnerek (nagy- és kiskereskedők, közvetítők, pénzüintézetek, szállítók, szolgáltatók stb.) és a közszervezetek, háttérintézmények, állami ügynökségek, kormányzatok szintjén.

A tanulmány a kockázatkezelési stratégiákat szintén három részre osztja. Az első csoportba tartozik a kockázatok csökkentése, enyhítése a valószínűség vagy a káros hatások oldalán beavatkozva (mint például az öntözés, ellenálló vetőmagok használata, a hibás fejlődés korai felismerése, a legjobb mezőgazdasági eljárások alkalmazása). A második csoportban található a kockázat áthárítása, megosztása és ennek költségei. A biztosítások és az árutőzsdén végzett fedezeti ügyletek széles körben alkalmazott kockázattadó intézkedések. A harmadik csoportba tartozik a kockázat elviselése, vállalása; ehhez ki kell alakítani a váratlan káresemények kezeléséhez szükséges képességeket.

A Világbank a mezőgazdasági kockázatkezelés lehetséges stratégiai irányait két dimenzióban határozza meg (2. táblázat). Az egyik dimenzió aszerint tagolt,

hogy megelőző vagy káresemény utáni stratégiai lehetőségekről van-e szó, a másik dimenzió pedig a formális-informális felosztást adja, a formális megoldások között piaci és állami megoldásokat javasolva (World Bank, 2005).

2. táblázat

Kockázatmenedzsment-stratégiák

		Informális mechanizmusok	Formális mechanizmusok	
			Piaci	Állami
Meglőző stratégiák	Termelési intézkedések	kockázatok elkerülése termények diverzifikálása termőhelyek diverzifikálása bevételi források diverzifikálása termény- és forgóeszköztartalék felhalmozása modern agrotechnikai eljárások alkalmazása (tápanyag-utánpótlás, öntözés, növényvédelem)		mezőgazdasági programok kártévők elleni fellépés koordinálása infrastruktúra biztosítása (utak, gátak, öntözőrendszerek)
		Kockázat- megosztás	termények megosztása kockázatközösség	szerződések menedzselése tőzsdei ügyletek biztosítás
Utólagos stratégiák	Károk enyhítése	eszközök eladása munkák átütemezése kölcsonös segítség	hitelek	szociális segélyek állami alapok

Forrás: World Bank (2005)

2. A TERMELÉSI KOCKÁZATOK ÉS A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS

A termelési kockázat a növénytermesztési, kertészeti és állattenyésztési ágazatok növekedési, fejlődési folyamatainak kockázataira és bizonytalanságaira vonatkozik. Különböző termelési tényezők (pl. csapadék, aszály, betegségek stb.)

befolyásolhatják a termények és termékek mennyiségét és minőségét (Székely-Pálinkás, 2008).

A modern technológia eszközei által lehetővé tett precíziós gazdálkodás segítségével számos termelési tényező pontosan követhető, és ezáltal a kockázatok csökkenthetők. A precíziós mezőgazdaságot új mezőgazdaságnak, új termelési rendszernek is nevezik, az angol elnevezések is változatosak: *site-specific crop management*, *precision farming*, *site-specific production*, *site-specific technology*, *spatial variable technology*¹ (Szármes, 2014).

Győrffy (2002) szerint „a precíziós mezőgazdaság magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatisztikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe. Jelenti továbbá a talajtérképek mellett a terméstérképek készítését és termésmodellezést, talajtérképek összevetését a terméstérképekkel, kártevők, gyomok, betegségek táblán belüli eloszlásának törvényszerűségeinek figyelembe vételét.”

A hagyományos és precíziós gazdálkodás főbb jellemzőinek bemutatására szinte minden forrás közli a 3. táblázatot:

¹ A felsorolt elnevezések a termelési mód táblától, helytől függő, a hellyel együtt változó irányítást fejezik ki. A *spatial decision supporting system*, *satellite farming*, *computer-aided farming*, *spatial prescriptive farming*, *high-tech farming*, *high-tech sustainable agriculture* kifejezések még inkább utalnak a korszerű informatikai eszközökre, a folyamatos és helyfüggő megoldásokra.

3. táblázat

A hagyományos és precíziós mezőgazdaság összehasonlítása

Hagyományos mezőgazdaság	Precíziós mezőgazdaság
Kezelési és szervezési egység: a tábla, amelyet homogén termőhelyi adottságúnak fogadunk el	Kezelési és szervezési egység: a termőhely, amelyet pontról pontra eltérőnek és „táblaszinten” heterogénnek fogadunk el
Átlagolt mintavételezésen alapuló tápanyag-gazdálkodás	Műholdas helymeghatározáson és pontszerű mintavételezésen alapuló tápanyag-gazdálkodás
Átlagolt növényvédelmi kárfelvételezés és beavatkozás	Műholdas helymeghatározáson és pontszerű növényállapot-felmérésen alapuló növényvédelmi beavatkozások
Vetés azonos tőszámmal és fajtaival	Növényfaj, növényfajta-specifikus vetés
Azonos gépüzemeltetési gyakorlat	Termőhelyenként változó gépüzemeltetés
Térben és időben egységes növényállomány	Termőhelyi szinten homogén blokkokba szervezett, egységes növényállomány
Kevés a döntés-előkészítést befolyásoló adat	Sok a döntés-előkészítést befolyásoló adat

Forrás: Tamás (2001)

Swinton és Lowenberg-DeBoer azokat a rendszereket tekintik precíziós növénytermelési rendszernek, amelyek alkalmazzák a GPS²-, GIS³-és VRT⁴-technológiákat. Ezek együttes alkalmazása csökkenti a mezőgazdasági termelés kockázatát. A több és pontosabb információ révén növekszik a növénytermesztési folyamat kontrollálhatósága, valamint a termelési inputok felhasználásának hatékonysága (Swinton–Lowenberg-DeBoer, 2001).

2 GPS: Global Positioning System (Globális Helymeghatározó Rendszer)

3 GIS: Geographic Information Systems (Földrajzi Információs Rendszer)

4 VRT: Variable Rate Technologies (Differenciált Kijuttatási Rendszer)

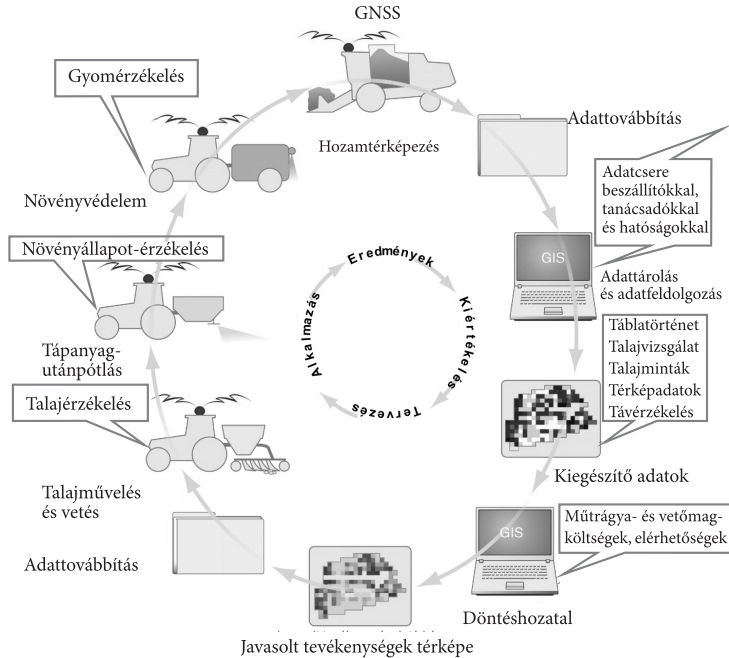
A precíziós termesztés tehát a helyi, táblán belüli viszonyokhoz és igényekhez igazodó termesztést jelenti. Ennek szerves része a szabatos mérés és ahhoz kapcsolódóan a pontosan szabályozott beavatkozás (Lowenberg-DeBoer, 1999). A precíziós gazdálkodásnak ezért fontos elemei a szenzorok, amelyek különböző talaj- és környezeti jellemzőket, illetve a mezőgazdasági műveletekhez kapcsolódó paramétereket mérnek folyamatosan (pl. a betakarításnál). Az adatok felhasználásával gyorsabban és hatékonyabban lehet beavatkozni, ezáltal könnyebben elkerülhetők a negatív kimenetek és csökkenthetők a költségek.

Egyes szakértők szerint a precíziós növénytermelés átfogó rendszerszemlélete miatt már nem tekinthető egyszerűen egy újabb növénytermelési módszernek, hanem lényegileg új termelési rendszerről van szó. A módszer egyik fő célja a kockázatos növénytermelési tevékenység döntési folyamata során a bizonytalansági változók súlyának csökkentése a jobb és pontosabb információk révén, valamint azzal, hogy magasabb szinten reagál a nem befolyásolható tényezőkre (Whelan–McBratney, 2000; Dobermann et al., 2004).

A precíziós gazdálkodás folyamatát jól összefoglalja az 1. ábra.

1. ábra

A precíziós gazdálkodás információs folyamata



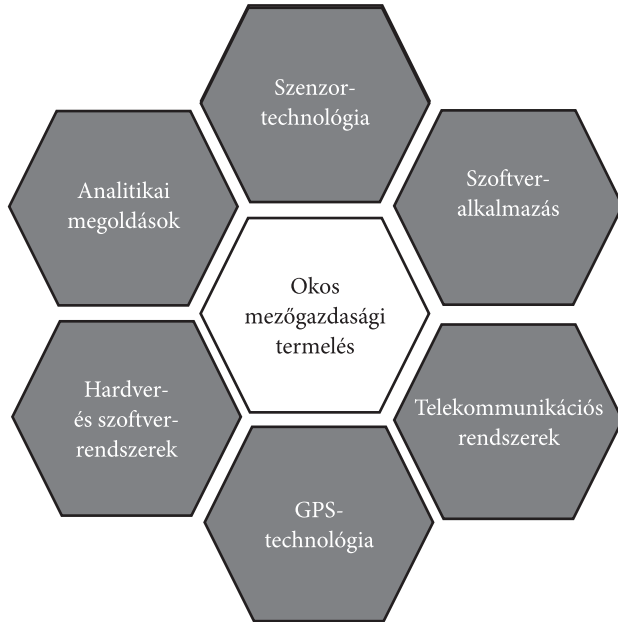
Forrás: Gebbers–Adamchuk, 2010

3. INTERNET OF THINGS, SENZOROK ÉS BIG DATA A MEZŐGAZDASÁGBAN

Az „Internet of Things (IoT)” egyedi azonosítóval rendelkező, hálózatra kapcsolt, beágyazott eszközök rendszerét jelenti. Ezáltal különböző készülékek, rendszerek, szolgáltatások kapcsolhatók össze emberi beavatkozás nélkül. Mindez számos alkalmazási területen megkönnyíti az adatgyűjtést és a folyamatok automatizálását. Így jóval több adatot lehet gyorsabban feldolgozni, ami pedig az adatmennyiség további növekedését indukálja (*Ashton, 2009*).

A precíziós gazdálkodásnak fontos elemei a szenzorok, amelyek különböző talaj- és környezeti jellemzőket, illetve a mezőgazdasági műveletekhez kapcsolódó paramétereket mérnek folyamatosan (pl. a betakarításnál). A precíziós gazdálkodás gazdaságon belüli kockázatkezelő stratégiát jelent, és a segítségével elsősorban a termelési kockázat csökkenthető, bár az optimalizált öntözés, műtrágya- és növényvédőszer-felhasználás révén jellemzően csökkennek az ezekhez kapcsolódó ráfordítások, ami valamelyest mérsékli az áringadozásokból származó kockázatot is.

Szakértői vélemények (*Lencsés, 2013*) alapján egy bizonyos birtokméret felett egyértelműen megéri a technológia egy vagy több elemének alkalmazása. Az IoT alkalmazása ezért gyorsan terjed a mezőgazdaságban. A Beecham Research egyik tanulmánya (*Beecham Research, 2014*) szerint a népességnövekedés miatt jelentősen nő az élelmiszerigény a jövőben, és az IoT mezőgazdasági alkalmazásai kulcsfontosságú szerepet játszhatnak a termelés ennek megfelelő növelésében. A 2. ábra az okos mezőgazdasági termelés elemeit mutatja. Jól látható, hogy milyen fontos szerepet játszanak az informatikai és telekommunikációs technológiák a jövő mezőgazdaságában.

2. ábra**Az okos mezőgazdasági termelés elemei**

Forrás: Beecham Research (2014)

A modern technológiák térnyerését a mezőgazdaságban számos üzleti és technológiai tényező ösztönzi, illetve gátolja. A 4. táblázat összefoglalja a terület fejlődését meghatározó legfontosabb tényezőket. A tényezők értékelése alapján a Beecham Research tanulmánya arra következtetésre jutott, hogy a jövőben még erőteljesebbé válik a modern technológiák térnyerése a mezőgazdaságban (Beecham Research, 2014).

4. táblázat

A modern technológiák mezőgazdasági térnyerését meghatározó tényezők

Üzleti és piaci ösztönző tényezők	Technológiai ösztönző tényezők
A veszteségek csökkentése és a hatékonyság növelése egyre sürgetőbb igény	Az M2M-technológia egyre több iparágban nyer teret
Az intenzív művelés talajeróziós hatását csökkenteni kell	A szenzorok és a hálózatra kapcsolódás ára csökken
Van állami támogatás és finanszírozás az új eszközökre	A Big Data képes megbirkózni a szenzoradatok áradatával
A klímaváltozás és a környezetszennyezés hatásait ellensúlyozni kell	A mezőgazdasági termelők egyre jobban tudják használni az IT-eszközöket
A beruházás megtérülése nehezen mutatható ki	A hálózati elérés a szántóföldeken sokszor nem megfelelő
Kevés a friss belépő a mezőgazdaságban	A szenzorrendszerekre vonatkozó szabványok kidolgozás alatt állnak
Jelentős az iparági kockázat (időjárás, politikai tényezők)	A speciális mezőgazdasági szoftverek még nem igazán kiforrottak
A begyűjtött adatok tulajdonviszonyai kérdésesek	Bizonytalanság van az adatok kezelése és megvédése kapcsán

Forrás: Beecham Research (2014)

A pontos GPS-rendszerek segítségével költséghatékonyabban végezhető el a szántóföldi munkák (szántás, vetés stb.). A jövőben elterjedhetnek az önvezető traktorok és kombájnok. Ha például egy mező adatai nem változnak, akkor az előző évben végzett munkák során rögzített GPS-adatok felhasználhatók a következő évben a jármű irányítására. A különböző járművek helyzet-, sebesség- és fogyasztási adatai alapján optimalizálható az adott mezőgazdasági feladat. Az automatizált irányítás és az egymás közti kommunikáció révén hatékonyabbá válhat a járműpark felhasználása: egy betakarításnál például a kombajn és a terményt szállító pótkocsik mozgása összehangolható (Scroxton, 2016).

Az IoT segítségével optimalizálható a tápanyagutánpótlás és az öntözés is. Szenzorok segítségével mérhető a talaj nitrogén-, foszfor- és káliumtartalma, valamint meghatározható, hogy az egyes táblafoltokon mekkora tápanyag-utánpótlás szükséges az adott növény megfelelő fejlődéséhez. Az IoT felhasználható a permetezés optimalizálásához is: fertőzöttebb területeken több permetszer juttatható ki, egy védett víznyerő hely közelében pedig leállítható a permetezés (Scroxton, 2016).

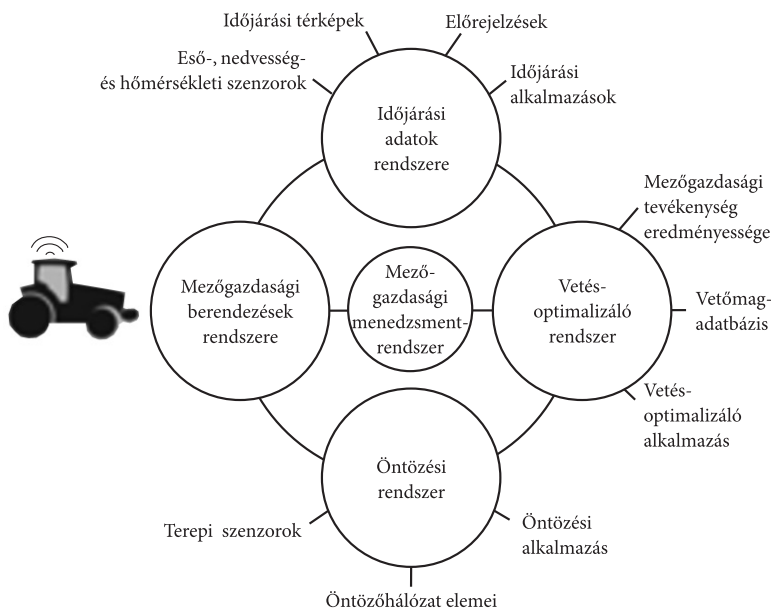
Az IoT forradalmi változásokat hozhat a mezőgazdaságban is. *Michael E. Porter* és *James E. Heppelmann* cikke (Porter–Heppelmann, 2014) jól megvilágítja a változások lényegét. Az okos, hálózatba kötött termékek saját számítási teljesítménnyel rendelkeznek, és kapcsolódnak valamilyen hálózathoz. Rendelkeznek fizikai elemekkel, szoftverelemekkel és hálózati elemekkel. Ezek a termékek nemcsak a versenyt alakíthatják át egy iparágban, de megváltoztathatják az iparág szerkezetét is. Az iparág határai kitérhetnek, hogy befogadjanak más, kapcsolódó termékeket, hogy ezáltal együtt jobban kielégíthessenek egy szélesebb körű igényt.

A verseny alapja ezáltal egy-egy konkrét termék funkcionalitása helyett egy szélesebb termékrendszer teljesítménye lesz, ahol egy adott terméket gyártó cég csak egyetlen szereplő. A gyártó cég egymáshoz kapcsolódó berendezések és szolgáltatások komplex csomagját kínálhatja, amely a végeredményt optimalizálja. Az iparág így például a traktorgyártáson túllépve, optimalizálja a mezőgazdasági termelési rendszert (Porter–Heppelmann, 2014).

A folyamat azonban gyakran ennél is messzebbre megy; az iparág a termékrendszerek után kiterjed a rendszerek rendszereire is: ez különböző termékrendszerek és egymással összefüggő külső információk koordinált és optimalizált halmazát jelenti. Erre jó példa egy okos épület, egy okos ház vagy egy okos város. A John Deere és az AGCO már nemcsak mezőgazdasági gépeket kapcsol össze, hanem öntözőrendszereket, talajszenzorokat és információkat is az időjárásról, aktuális és határidős gabonaárakról annak érdekében, hogy optimalizálja egy mezőgazdasági üzem átfogó teljesítményét (Porter–Heppelmann, 2014).

3. ábra

Az iparági határok átalakulása: rendszerek rendszere



Forrás: Porter–Heppelmann (2014)

A rendszerek összehangolásához nagy mennyiségű információt kell kezelni, tárolni, feldolgozni. Ehhez elengedhetetlenek a Big Data-technológia és módszerek alkalmazása. A John Deere a berendezések és szenzorok adatait, az időjárás, talaj- és egyéb adatokat összegyűjti, összekapcsolja, és különböző platformokon keresztül a mezőgazdasági termelők rendelkezésére bocsátja. Ezek segítségével a termelők meghatározhatják, hogy milyen terményt vessenek, hol és mikor, mikor és hol szántsanak, milyen útvonalon, hol érdemes eladni a terményt. A hatékonyság növekszik, a kockázatok csökkenthetők, ezáltal nő a termésmennyiség és a bevétel (von Rijmenam, 2016).

A John Deere FarmSight rendszere három módon is segíti a temelékenység növekedését (von Rijmenam, 2016):

1. A berendezésoptimalizáló elem figyeli a gépek és berendezések működését, igyekszik meghatározni, hogy mikor van szükség alkatrészek cseréjére vagy karbantartásra, ezáltal csökkenthető a meghibásodások miatti állásidő.
2. A termelési logisztikai elem segíti a termelőket a géppark követésében, az eszközökre vonatkozó információk távoli elérésében és a gépek közötti adatcsere megvalósításában.

3. A döntéstámogató rendszer segíti a termelőket, hogy több információ birtokában jobb döntéseket hozzanak, megelőzzék a hibákat, illetve növeljék a hatékonyságot és az eredményt. A termelők elérhetik a régi és aktuális szántóföldi információkat, talajmintákat értékelhetnek ki és megoszthatják ezeket az adatokat.

4. SENZORTECHNOLÓGIA AZ AGRODAT PROJEKT BEN

Az Agrodat K+F projekt neves ipari és tudományos partnerekkel arra törekszik, hogy egy nagy, országos méretű mezőgazdasági információs rendszert építsen fel Magyarországon. A projekt informatikai fejlesztései szorosan kapcsolódnak a mezőgazdasági termelés sajátosságaihoz és a mezőgazdasági tudás bővítésére, ezáltal pedig a hatékonyabb és költségtakarékosabb termelés megvalósítására irányulnak.

Az információs rendszer képes lesz javaslatokat tenni és előrejelzéseket végezni a termesztés egyes lépéseivel és a várható hozam összefüggéseivel kapcsolatban, ezáltal Magyarország növénytermesztéssel foglalkozó vidékein széles körű adatgyűjtő és adatfeldolgozó infrastruktúrára épülő, értéknövelt szolgáltatások jöhetnek létre. A rendszer tervezése során arra törekszünk, hogy képes legyen hatalmas adattömegek gyors és hatékony kezelésére hardver- és szoftveroldalról egyaránt.

Ahhoz, hogy a növénytermelés során a megfelelő döntéseket hozzuk meg, a következő táblafoltszintű információkra van szükség:

- talajtulajdonságok (pl.: humusztartalom, kötöttség, a növény számára felvehető mikro- és makroelemek);
- meteorológiai adatok;
- a termesztett növény igényei, tápanyagszükséglete;
- gyom- és kártevő-populáció;
- betakarított termés mennyisége, minősége.

Az Agrodat projektben az alábbi tényezők szenzoros mérését mérlegeltük:

- légmozgás (szélesség, szélirány, légnyomás),
- csapadék (mennyiség és intenzitás),
- léghőmérséklet,
- oxigén- és szén-dioxid-koncentráció,
- vízgőztartalom,
- napsugárzás (intenzitás és tartam),
- levélnedvesség,
- talajnedvesség, talajvízszint,
- talajhőmérséklet,
- talaj sótartalma, vezetőképessége.

A tervezett rendszerhez tehát nagy mennyiségű adatot kell gyűjteni a földeken a növények állapotáról és a környezeti feltételekről (talajnedvesség, talajhőmérséklet, léghőmérséklet, csapadék, napsugárzás stb.). Az adatok nagy része szenzorhálózat segítségével biztosítható. Talajszenzorok segítségével mérhető a talaj dielektromos állandója, elektromos vezetőképessége, a talajnedvesség, a talajhőmérséklet és a térfogati nedvességtartalom. Ezek az adatok felhasználhatók az öntözéstervezéshez, a növénybetegségek előrejelzéséhez, a talajlégzés méréséhez. A mérésekből következtetni lehet a talaj sótartalmára, ami – főleg a szárazabb területeken – jelentősen befolyásolhatja a növények fejlődését. A talaj vízpotenciáljának mérésével pedig következtetni lehet arra, hogy mekkora a növények számára felvehető vízmennyiség. Egy vízérzékelő szenzorral mérhető a talajvíz szintje és a talajvíz hőmérséklete, ami segíthet a talaj vízháztartásának követésében (Szármes–Élő, 2014).

Fényérzékelő szenzor segítségével mérhető a fotoszintetikusan aktív sugárzás intenzitása. Speciális szenzor segítségével mérhető a visszavert fény spektruma adott sávokban, amelyek alapján meghatározható az NDVI-érték (Normalized Difference Vegetation Index) és a PRI-érték (Photochemical Reflectance Index). Ezek szorosan korrelálnak a fotoszintetikus aktivitással, a növényvegetáció fejlődésével (levélterület-index), a biomassa mennyiségével és a spektrális adatok elemzéséből következtetni lehet a növényeket ért stresszhatásokra is (Szármes–Élő, 2014).

Szenzor segítségével mérhető a relatív légnedvesség, a léghőmérséklet és a vízgőznyomás. A csapadékmérő szenzor a csapadék mennyiségéről ad információt, ami a terület vízháztartásának meghatározó tényezője. A szélmérő a szél irányát és sebességét méri, ez fontos meteorológiai tényező, és fontos lehet például a széllel szállított kórokozók terjedésének meghatározásánál. A 4. ábra néhány, az Agrodat projektben kifejlesztett szenzort mutat.

4. ábra

Agrodat mezőgazdasági szenzorok



Forrás: www.agrodat.hu

A levélnedvesség-szenzor a levélfelület nedvességének térbeli és időbeli kiterjedését méri, kimutatja a jégképződést. A szenzor vékony (0.65 mm) üvegyapottól készül, ami megközelíti egy egészséges levél összes párolgási tulajdonságát, így a nedvesség kicsapódása és párolgása azonos mértékű, mint egy normál levélnél. Adatai hasznosak például a növénybetegségek előrejelzéséhez (Szármes-Élő, 2014).

Az Agrodat projekt keretében olyan képszensor- és képfeldolgozó technológia fejlesztése is folyik, amelynek segítségével felismerhetők növényeket károsító rágcsálók, és automatikus riasztás adható ki (Paller-Élő, 2016a). Ez a szenzorrendszer a jövőben továbbfejleszthető például kártevő rovarok felismerésére is egy rovarcsapdában. A képszensor esetében már lényegesen nagyobb adatmennyiséget kell feldolgozni, illetve továbbítani. A nagyobb számítási kapacitás és adattovábbítás nagyobb energiaigénnyel jár, ami egy szántóföldi eszköz esetében általában csak korlátozottan áll rendelkezésre. A rendszer tervezése során ezért az energiafogyasztás kulcsfontosságú szempont (Paller-Élő, 2016b).

5. KOCKÁZATKEZELÉSI LEHETŐSÉGEK A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS SEGÍTSÉGÉVEL

A teljes precíziós növénytermelés sikeres megvalósításához a következő lépéseket kell megtenni (Grisso et al., 2009):

- Aktuális információk áttekintése: talajvizsgálati térképek, károsító és kártevő térképek, csapadékadatok áttekintése, korábbi növénytermelési információk
- Hozam adatok gyűjtése: hozamváltozékonyságok meghatározása
- Eredmények vizsgálata
- Adatok kiértékelése: döntés alapjául szolgáló térképek elkészítése
- Stratégia kidolgozása, kezelési tervek kidolgozása

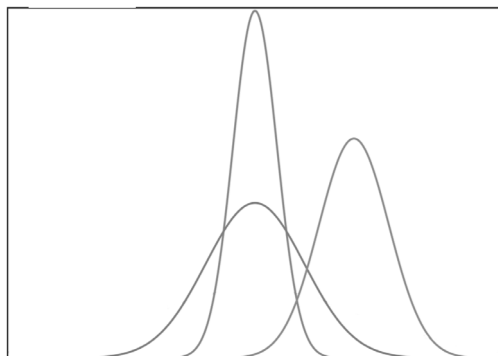
Az így megvalósított precíziós növénytermelési technológia legfontosabb előnyei a következők (Reisinger-Schmidt, 2012):

- Hozamnövekedés (mennyiségben és minőségben)
- Pontosabb és költséghatékonyabb vetés (csökkentett vetőmag-felhasználás)
- Csökkentett növényvédőszer- és öntözővíz-felhasználás (a területi optimalizálás révén), alacsonyabb költségek és kisebb környezetterhelés
- Jövedelmezőség javulása
- Az elvégzett munka minőségének javulása
- A termelés jobb nyomon követhetősége

A precíziós gazdálkodás alkalmazásával a terméshozam valószínűségi eloszlását megjelenítő sűrűségfüggvény görbéjét szűkíteni lehet, illetve eltolni a magasabb értékek irányába, ahogy a következő sematikus ábra mutatja.

5. ábra

A terméshozam valószínűségi eloszlásának változása



Forrás: saját szerkesztés

Az 5. táblázat összefoglalja a mezőgazdaságban megjelenő különböző kockázatokat.

5. táblázat

Kockázati tényezők a mezőgazdaságban

Termelés technológiai kockázati tényezők	Vetésváltás kockázata Talaj-előkészítés kockázatai Vetés kockázatai Növényápolás Betakarítás kockázata Tárolási kockázatok
Időjárási kockázati tényezők:	Hőmérséklet Csapadék Fény Légmozgás
Elemi károkkal járó kockázati tényezők	Belvíz, árvíz, tűz stb.
Földrajzi elhelyezkedés és talajigény	Éghajlatváltozás, talajminőség-romlás

Kártevők és betegségek	kártevő rovarok, gombabetegségek stb.
Környezeti kockázatok	levegőtisztaság, vízgazdálkodás stb.
Rongálás és egyéb kártételek	
Politikai kockázatok	
Igazgatási kockázatok	
Gazdaságpolitikai kockázatok	
Piaci kockázatok	
Gazdasági-pénzügyi kockázatok	
Infrastrukturális kockázati tényezők	
Információ, marketing, hírnév kockázatai	

Forrás: Élő et al. (2015)

A következőkben egy rendkívül leegyszerűsített kockázati számítást mutatunk be, amely a precíziós technika alkalmazásának lehetséges hatásait illusztrálja. A módszertan több megelőző munkára (*Kovács–Koppány, 2014; Élő et al., 2015*) épül. A számítások feltevéseken és szakértői becsléseken alapulnak. A kutatás előrehaladásával várható, hogy a precíziós gazdálkodás által befolyásolt kockázatok tekintetében rendelkezésünkre állnak majd kemény mérési adatok.

A nagy léptékű elemzés bemutatása az illusztrációs célokat jobban szolgálja, már csak azért is, hogy ebben az esetben számos egyszerűsítő feltétellel élhünk. A kockázati tényezőcsoportokat szándékosan úgy alakítottuk ki, hogy azok egymástól függetlennek tekinthetők legyenek. Az egymástól független kockázatok elemzése mindig jóval egyszerűbb, mint az egymással összefüggőeké. A tapasztalati adatok alapján nagyon nehéz elkülöníteni még az összevont kockázati tényezőcsoportok hatásait is. A számszerűsítés nehézségei és az adathiány oda vezetett, hogy ágazati szakértők becsléseire támaszkodtunk, s olyan technikákat igyekeztünk kidolgozni és alkalmazni, amelyek viszonylag kevés információból képesek kockázati eloszlások generálására.

Szakértői véleményekre támaszkodó számításaink éppen ezért az üzleti szimuláció és a projektmenedzsment gyakorlatában rendkívül elterjedt háromszög-eloszlásra épülnek. Háromszögeloszlást három paraméterrel definiálhatunk: ezek a legvalószínűbb (leggyakoribb), a lehetséges legalacsonyabb és a lehetséges legmagasabb értékek. A különböző kockázati tényezők hatására a tényadatok a tervszámoktól kedvező és kedvezőtlen irányban is eltérhetnek. A maximális pozitív és negatív irányú százalékos eltéréseket, vagyis a háromszögeloszlások értelmezési tartományának alsó és felső határát szakértői vélemények alapján állítottuk be (Élő et al, 2015).

A farmgazdaságok esetében csupán öt tényezőcsoportot határoztunk meg. Az egyszerűség kedvéért a növénytermesztéssel foglalkozó gazdaságra vonatkozóan most csupán a tenyészidővel foglalkozunk. Tétélezzük fel, hogy ismert az adott földterület sajátosságainak megfelelő, az elmúlt évek tapasztalatai alapján legvalószínűbbnek tekinthető terméshozam. Elemzésünk során ezt tekintjük referenciaértéknek, szakértőink az ettől való százalékos eltérések lehetőségeit adják meg.

Az egyes kockázati tényezőcsoportokat egyenként értékeltetjük. Megkérdezzük például a szakértőnktől: mit gondol arról, hogy a politikai, szabályozási és igazgatási tényezők (POSZAIG) legfeljebb mekkora pozitív és negatív százalékos eltérést eredményezhetnek a referenciahozamtól? Szakértőnk válasza szerint ezek pozitív és negatív irányban is legfeljebb tízszázalékos differenciát okozhatnak. Ugyanúgy értékeltetjük a piaci (PIAC), a környezeti (KÖRNY), a szakmai, technológiai, személyi (SZATESZE), valamint azoknak a speciális tényezőknek a hatását, amelyre a precíziós gazdálkodás (PRECI) hatással van. A feltételezett szakértői véleményeket a 6. ábra mutatja.

Ugyancsak a 6. ábrán láthatók a szakértői beállításokhoz tartozó háromszög-eloszlások. Mindegyik sűrűségfüggvény legmagasabb értéke a nulla százalékos eltérésnél, tehát a referenciahozamnál van. Az ettől pozitív és negatív irányban jelentkező eltérések a kockázati tényezőkkel magyarázhatók. Bizonyos tényezők (a jelenlegi beállítások szerint) csak kismértékű, mások (mint például a környezeti tényezők) jelentős mértékű eltéréseket is okozhatnak.

A kockázati tényezők aggregálásánál figyelembe vettük az adott tényezőcsoport fontossági súlyait az adott tevékenység (esetünkben a tenyészidő) során.

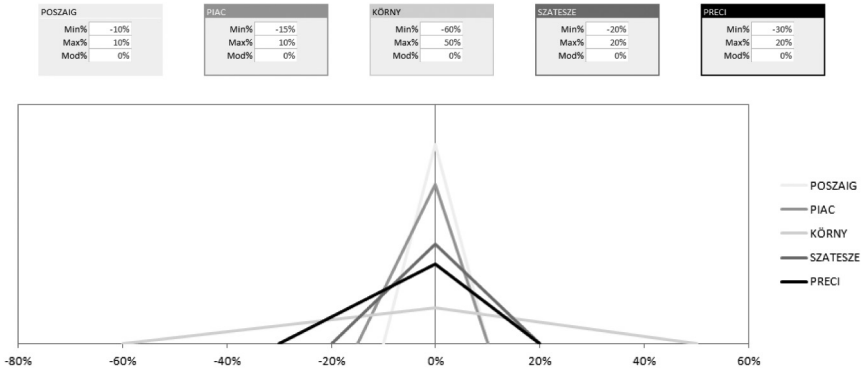
A kockázatok súlyozásánál négyfokozatú skálát használunk:

- 0 = elhanyagolható/nem foglalkozunk vele/nem fontos;
- 1 = kismértékű/kevésbé fontos;
- 2 = közepes mértékű/fontos;
- 3 = jelentős mértékű/kiemelt fontosságú.

A progresszivitás biztosítása érdekében a 0, 1, 2 és 3 számok a természetes logaritmus (e) alapjának hatványait jelzik, vagyis a súlyozás során exponenciálisan változó különbségeket teszünk. Ez az 1-es és 2-es, illetve a 2-es és 3-as között körülbelül háromszoros hatáskülönbséget jelent.

6. ábra

A kockázati tényezőcsoportok szakértő által feltételezett hatásai:
a referenciahozamtól vett pozitív és negatív irányú eltérések



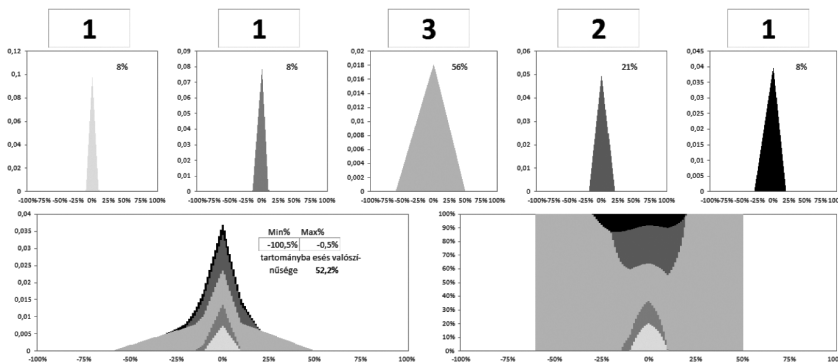
Forrás: Élő et al. (2015)

Az összes tényező hatását együttesen kifejező aggregált eloszlást az eloszlások egymásra helyezésével, ún. szuperponálásával igyekszünk meghatározni. Az eljárás lényege a legszemléletesebben úgy mutatható be, ha egy kockázatmentes szituációból indulunk ki. Ennek megfelelő beállításokat kétféleképpen is generálhatunk: az egyik, hogy a százalékos eltéréseket mindegyik kockázati tényezőcsoport esetén nullára állítjuk; a másik, hogy az összes fontossági súlyt veszünk nullának. Ebben az esetben a valószínűségeloszlás diagramját egy 0%-hoz húzott, egységnyi magasságú függőleges vonal jelenti, amely szerint egységnyi valószínűséggel semmiféle eltérés nem várható a referenciahozamtól. Ilyenkor tehát nincs semmiféle kockázat.

A kockázatmentes szituáció természetesen csak egy elvi, a valóságban nem létező eset. Ebből kiindulva könnyen megérthető, hogy ha valamelyik tényezőcsoportnál kockázat jelentkezik, vagyis pozitív és/vagy negatív irányú eltérés lehetősége merül fel, akkor a 0%-hoz húzott függőleges vonal magassága csökken. Kérdés, hogy milyen mértékben? A 0%-nál összpontosuló egységnyi valószínűségnek mekkora hányadát terítsük szét az adott kockázati tényezőcsoporthoz tartozó háromszögeloszlás szerint a megadott negatív és pozitív eltérések tartományában? Ezen a ponton kapnak szerepet a fontossági súlyok. A fontossági súlyokkal gyakorlatilag azt az arányt állítjuk be, amelyet az adott kockázati tényezőcsoport az egységnyi valószínűségen belül képvisel. Vesszük a tevékenységcsoport egyes kockázati tényezőcsoportjaihoz beállított súlyok természetes alapú exponenciális függvény szerinti értékeinek összegét, s ezzel osztjuk az adott tényezőhöz tartozó súly exponenciálisát.

A szakértő által beállított fontossági súlyok feltételezett értékei és az ezek esetén a fentiekben leírt módon adódó százalékos arányok a 7. ábra felső sorában, illetve a háromszög-sűrűségfüggvényektől jobbra felfelé láthatók.

7. ábra Az eloszlások aggregálása



Forrás: Élő et al. (2015)

Minél több kockázati tényezőnél jelenik meg kockázat, az egységnyi valószínűségnek annál nagyobb hányada kerül szét a beállításoknak megfelelően, s annál alacsonyabb lesz a 0%-os eltérés valószínűsége. Ha mind az öt eloszlást figyelembe vesszük, akkor a fenti szabályok szerint egymásra helyezett eloszlások a 7. ábra bal alsó részén látható sűrűségfüggvény képét rajzolják ki. Jobbra alul az ábra 100%-ig halmozott változata látható, amely azt mutatja meg, hogy adott mértékű eltérések milyen arányban magyarázhatók az egyes kockázati tényezőkkel.

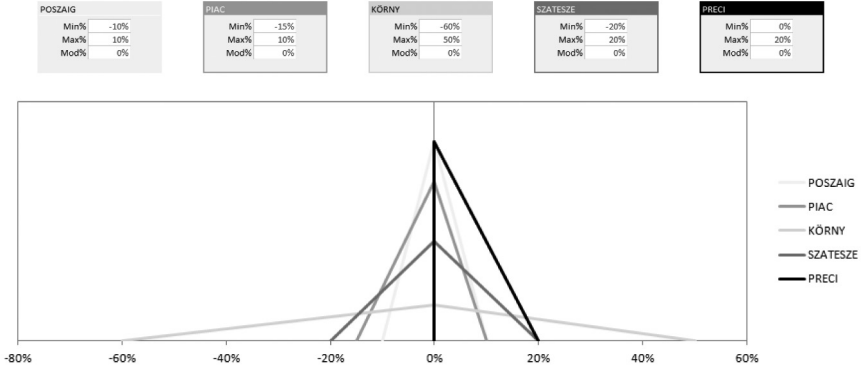
A fenti kockázati beállítások mellett a tervehozamtól való negatív irányú eltérések (veszteségek) valószínűsége 52,2%-os.

Nézzük meg ezek után, hogy az általunk konstruált egyszerű példa segítségével hogyan mutatható ki a precíziós technika alkalmazásának hatása a terméshozammal kapcsolatos kockázatokra!

A precíziós eszközök lehetővé teszik az ötödik tényezőcsoportba sorolt kockázati tényezők által hordozott veszélyek elkerülését, mivel figyelmeztetnek arra, hogy a szükséges ellenintézkedéseket időben megtegyük. Ezt úgy is felfoghatjuk, hogy ennek az eloszlásnak nem lesz negatív tartománya, a legkisebb lehetséges érték megegyezik a legvalószínűbb referenciahozammal, vagyis a PRECI tényezőcsoport Min% értékéhez nullát kell írunk (lásd a 8. ábrán).

8. ábra

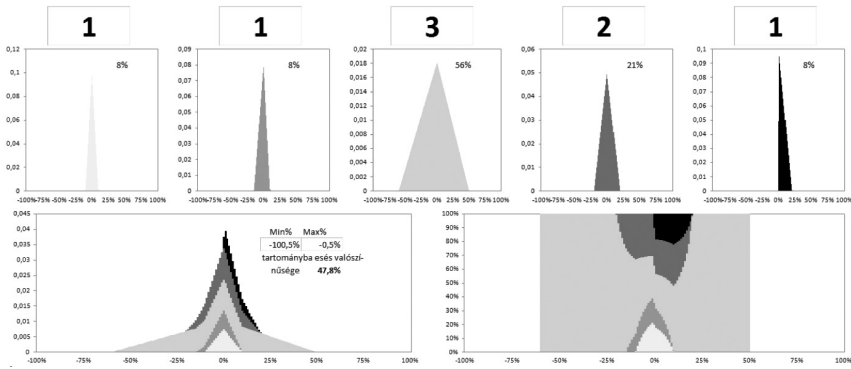
A precíziós technika alkalmazásának hatása (1)



Forrás: Élő et al. (2015)

9. ábra

A precíziós technika alkalmazásának hatása (2)



Forrás: Élő et al. (2015)

Mindezek hatására a sűrűségfüggvény képe a 9. ábra bal alsó részének megfelelően módosul, amelynek következtében a tervértéktől vett negatív irányú eltérések valószínűsége a korábbi 52,2%-ról 47,8%-ra csökken. A veszteségek bekövetkezési valószínűségének a 4,4%-os csökkenését felfoghatjuk úgy, mint a precíziós technika alkalmazásának hatását.

6. ÖSSZEZEGÉS

A mezőgazdasági termelés során sokféle kockázattal kell számolni. A nagyfokú kockázat kezelésére több módszert kell alkalmazni. A kockázatmegosztást jelentő stratégiák (például üzleti biztosítások vagy a nemzeti agrárkárenyhítési rendszer) mellett egyre nagyobb szerepet kapnak a mezőgazdasági üzemen belüli eszközök. A precíziós gazdálkodás modern technológiai eszközök sorát emeli be a gazdálkodásba integrált módon annak érdekében, hogy optimalizálja a termelési folyamatot, és csökkentse a kockázati tényezők befolyását. A környezeti állapotok és a növényállapot folyamatos megfigyelése révén időben és célzottan be lehet avatkozni, ami növeli a terméshozam várható mennyiségét; illetve az optimalizált öntözővíz-felhasználás, tápanyag-utánpótlás és növényvédelem révén csökkenhet a ráfordítások mennyisége és a költségek nagysága is. Mindez a mezőgazdasági eredetű környezetterhelés csökkenése és a gazdálkodás jövedelmezőségének javulása felé mutat. Ez jelentős lépés a fenntartható mezőgazdaság megvalósítása felé, ami a világ növekvő népességszáma miatt hatalmas jelentőséggel bír.

HIVATKOZÁSOK

- ASHTON, K. (2009): That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (letöltve: 2014.04.29.)
- Beecham Research (2014): Towards Smart Farming. Research report, <https://www.beechamresearch.com/files/BRL%20Smart%20Farming%20Executive%20Summary.pdf> (letöltve: 2016.10.05.).
- DOBERMANN, A. – BLACKMORE, S. – COOK, S. E. – ADAMCHUK, V. I. (2004): Precision farming challenges and future directions, pp. 1–19. http://www.regional.org.au/au/pdf/asa/2004/127_dobermanna.pdf.
- ÉLŐ GÁBOR – KOPPÁNY KRISZTIÁN – KOVÁCS NORBERT – SZABÓ JÓZSEF – SZÁRMES PÉTER (2015): *Precíziós gazdálkodás: Kockázatmenedzsment*. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., 106 p. (ISBN:978-615-5298-52-3).
- GEbBERS, R. – ADAMCHUK, V. I. (2010): Precision Agriculture and Food Security. *Science Magazine*, 12 February, Vol. 327, No. 5967, pp. 828–831.
- GRISso, B. – ALLEY, M. – MCCLELLAN, P. – BRANN, D. – DONOLUE, S. (2009): *Precision farming: a comprehensive approach*. Virginia Polytechnic Institute and State University, pp. 1–6., <http://pub.ext.vt.edu/442/442-500/442-500.html>.
- GyÖRFFY BÉLA (2002): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. *Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis)*, 2. évf. 9. sz., pp. 81–86.
- KOVÁCS NORBERT – KOPPÁNY KRISZTIÁN (2014): Kockázatelméleti és módszertani építőkockák, in: KOVÁCS NORBERT (szerk.): *Építőkockák*. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft.
- LENCsÉS ENIKÓ (2013): *A precíziós (helyspecifikus) növénytermelés gazdasági értékelése*. Doktori értekezés. Gödöllő: Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományi Doktori Iskola.

- LOWENBERG-DEBOER, J. (1999): Risk management potential of precision farming technologies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 32. No. 2., pp. 275–285.
- VON RIJMENAM, M. (2016): John Deere Is Revolutionizing Farming With Big Data. Research Article, *Datafloq*, 21February, <https://datafloq.com/read/john-deere-revolutionizing-farming-big-data/511> (letöltve: 2016.10.10.).
- PALLER GÁBOR – ÉLŐ GÁBOR (2016a): Energy-efficient Operation of GSM-connected Infrared Rodent Sensor. *SENSORNETS 2016*, 5th International Conference on Sensor Networks, Rome, Italy, Volume: Proceedings of the 5th International Conference on Sensor Networks, pp. 37–44.
- PALLER GÁBOR – ÉLŐ GÁBOR (2016b): Power consumption considerations of an agricultural camera sensor with image processing capability, 2nd International Conference on Sensors Engineering and Electronics Instrumental Advances (SEIA' 2016), 22–23 September, Barcelona, Spain.
- PORTER, M. E. – HEPELMANN, J. E. (2014): How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review* 92, No. 11. (November), pp. 64–88., <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>.
- REISINGER PÉTER – SCHMIDT REZSŐ (2012): Precíziós növénytermesztés – visszatekintés a kezdetekre és iránymutatás a jövőre. *Agrofórum*, 23. évf. 10. sz., pp. 40–44.
- SCROXTON, A. (2016): Interview: How John Deere uses connectivity to make farms more efficient. *Computer Weekly*, February, <http://www.computerweekly.com/feature/Interview-How-John-Deere-uses-connectivity-to-make-farms-more-efficient> (letöltve: 2016.09.29.)
- SWINTON, S. M. – LOWENBERG-DEBOER, J. (2001): Global adoption of precision agriculture technologies: who, when and why? Montpellier: Agro Montpellier., pp. 557–562., https://www.msu.edu/user/swinton/D7_8_swintonECPA01.pdf.
- SZÁRMES PÉTER – ÉLŐ GÁBOR (2014): Big Data technológiai megoldások fejlesztése közvetlen mezőgazdasági tevékenységekhez. In: NAGY MIKLÓS (szerk.): *Networkshop 2014*. Konferencia, Pécs, Magyarország, 2014. 04.23.–2014.04.25. Budapest: NIIFI p. online, 13 p. (ISBN:978-963-88335-5-6).
- SZÁRMES PÉTER (2014): Kockázatkezelési lehetőségek a precíziós gazdálkodás gyakorlatában. In: KOVÁCS NORBERT (szerk.): *Építőkövek*. 199 p. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., pp. 179–190. (ISBN:978-615-5298-40-0).
- SZÉKELY CSABA – PÁLINKÁS PÉTER (2008): Kockázatkezelés az európai mezőgazdasági vállalkozásokban. *Agrofórum*, 19. évf. 11. sz.
- TAMÁS JÁNOS (2001): *Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata*. Szaktudás Kiadó Ház Rt.
- WHELAN, B. M. – MCBRATENY, A. B. (2000): The „null hypothesis” of precision agriculture management. *Precision Agriculture*, Vol. 2. No. 3., pp. 265–279.
- World Bank (2005): *Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries*. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/8797> (letöltve: 2014. április 16.)