

DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓ A MEZŐGAZDASÁGBAN

DIGITAL TRANSFORMATION IN AGRICULTURE

Bógel György

CsC, a közgazdaságtudomány kandidátusa, Central European University
bogelgy@ceu.edu

ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdaságtudomány egyik fontos területe a technológiai innovációk terjedésének, diffúziójának vizsgálata. 'Technológia' alatt ebben a tanulmányban infokommunikációs technológiát értünk, és azt vizsgáljuk meg, milyen változásokat hoz az *adatrobbanás* jelensége a mezőgazdaságban. A megközelítésünk alapvetően nem technikai, hanem gazdálkodási és irányítási szemléletű. Bemutatjuk, hogy a számítógépeknek és más elektronikai eszközöknek köszönhetően miként terjedtek el a szektorban a precíziós megoldások, milyen eredményeket hoztak a múlt század utolsó évtizedeiben, majd a századforduló után hogyan indított el új innovációs hullámot a Big Data-jelenség. A mezőgazdaság digitális transzformációját szakaszokra bontjuk, és az általános trendek felvázolása mellett a jelen legfontosabb feladataira és eseményeire, a diffúziót befolyásoló tényezőkre koncentrálnak. A cikk végén felhívjuk a figyelmet a legújabb innovációs hullámmal kapcsolatos gazdaságtudományi kutatási feladatok fontosságára, ide értve az innováció egyes társadalmi következményeinek vizsgálatát is.

ABSTRACT

Diffusion of technology innovation is an important subject of economics. We focus on information and communication technology in this study and analyze how Big Data transforms agriculture. Our approach is not technical but managerial paying special attention to decision-making. The study describes how the development of computers and other electronic tools generated favorable conditions for the diffusion of precision solutions in the sector, what kind of results could be observed in the last decades of the 20th century, and how the Big Data phenomenon launched a new wave of innovation at the beginning of the 21st. We separate the main phases of agriculture's digital transformation, analyze key trends and developments, discuss the factors influencing the diffusion of digital technologies, and what stakeholders must do for better and faster adaptation. The importance of further research in the field of digital farming and the social consequences of digital transformation is highlighted at the end.

Kulcsszavak: precíziós mezőgazdaság, innováció, informatika, digitalizálás, mesterséges intelligencia, szenzor, robotika, információrendszer, adatfeldolgozás, térinformatika

Keywords: precision agriculture, innovation, informatics, digitization, artificial intelligence, sensor, robotics, information system, data processing, geoinformatics

A GDP-hez való hozzájárulását tekintve a mezőgazdaság jelentősége az elmúlt fél évszázadban folyamatosan csökkent, világviszonylatban mért aránya ma nem több néhány százaléknál. Ennek ellenére a társadalmi jelentősége óriási: korunk számos társadalmi és politikai jelensége, trendje nem érthető meg a szektorban történtek alapos átgondolása nélkül.

Az említett részesedés nagyon változatos sokaságból áll össze: a mezőgazdaság GDP-hez való hozzájárulása egy sor fejlődő országban magasabb 20%-nál, Afganisztánban például 24% volt 2010 és 2014 között, Burundiban és Etiópiában 40% körül alakult, míg Japánban ugyanez a mutató mindössze 1,2%-ot jelzett.¹ A szektor világszinten a foglalkoztatás 40%-át biztosítja, vagyis milliárdok élnek közvetlenül vagy közvetve mezőgazdasági munkából.

Földünk lakosainak száma folyamatosan növekszik, a 20. században nagyjából megháromszorozódott, az ezredfordulón elérte a hatmilliárdot. Az ENSZ előrejelzői 2050-re 9,7 milliárd emberrel számolnak, vagyis a mezőgazdaságnak ennyi embert kell majd élelmeznie (United Nations, 2015). Változik a lakosság elhelyezkedése és összetétele is. Az urbanizáció ugyanolyan masszív trend, mint a népesség növekedése: az emberiség többsége ma már városokban, köztük sokmillió megapoliszokban él, ahol bonyolult ellátási láncokat kell megszervezni és működtetni. Egyes fejlődő országokban (így elsősorban Indiában és Kínában) új, nagy létszámú városi középosztály emelkedett ki az általános szegénységből, amelynek tagjai magasabb színvonalú élelmezésre tartanak igényt. A helyzetet bonyolítja, hogy míg a demográfiai robbanás egyes fejlődő régiókra jellemző, a világ több fejlett országa lakóinak előregedésével, népességfogyással küszködik.

A fenti számokat és trendeket átgondolva arra a következtetésre juthatunk, hogy a lépéstartás érdekében a mezőgazdasági termelésnek néhány évtized alatt 50–100%-kal kell növekednie, legalábbis az előrejelzések e két szélsőérték között mozognak. Beláthatatlan társadalmi következményei lehetnek annak, ha a kínálat nem tud lépést tartani a kereslettel.

Történik ez akkor, amikor az extenzív növekedés lehetőségei kimerülőben vannak. A mezőgazdasági művelésre rendelkezésre álló földterület csökken, olyan okok miatt, mint például az urbanizáció, az éghajlatváltozás, a vízhiány, az erózió és a környezetszennyezés. A FAO becslése szerint a szárazföld 75%-a eleve nem alkalmas esővizet használó mezőgazdasági művelésre. Ázsia sűrűn lakott részein a terület kihasználtsága gyakorlatilag teljes, de nem jobb a helyzet a Közép-Keleten és Észak-Afrikában sem. Afrika más részein vannak még tartalékok, de ott viszont az alacsony hatékonyság miatt nehéz előrelépni. A termelésbe vont területek nagysága Braziliában is növelhető, de már csak a természetes, a világ biológiai ökoszisztémájának fontos részét adó erdők rovására. A Világbank friss elemzése szerint (Hallegatte, 2016) az éghajlatváltozás több mint százmillió em-

¹ A Világbank 2015 szeptemberében publikált adatai alapján.

bert taszíthat mélyszegénységbe Afrikában és Ázsiában, a szélsőséges időjárási jelenségek több mezőgazdasági ág termését veszélyeztetik.

A mezőgazdaság „ökológiai lábnyoma” igen nagy, az élelmiszertermelés számos káros mellékhatással (negatív externáliával) jár együtt, így például kémiai környezetszennyezéssel, a termőrétegek elhasználódásával, a biológiai sokféleség (biodiverzitás) csökkenésével. A differenciálás nélkül kijuttatott műtrágyák és permetezőszerek súlyosan terhelik a környezetet. Becslések szerint a szektor az üvegházhatású gázok kibocsátásának mintegy harmadáért felelős, így egyszerre lehet elszenvédője és előidézője a klímaváltozásnak. Kínában, a világ egyik legnagyobb és legnépesebb országában a környezet szennyezettsége kritikus méretet ért el. Az élelmiszer-termeléshez rengeteg víz kell, a hasznosítható vízkészletek viszont kimerülőben vannak, napjaink több súlyos társadalmi problémája és fegyveres konfliktusa a vízhiányra vezethető vissza.

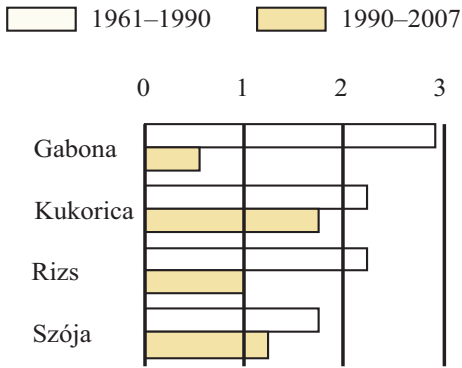
A nagy hozamok iránti igény világszerte koncentráltabbá tette a mezőgazdaságot. Az emberiség élelmiszerigényének túlnyomó részét ma mintegy harminc terményféléből elégítik ki. A szektorban a genetikai sokféleség nagymértékben csökkent a múlt században, ami – előnyei mellett – azt a kockázatot is magában hordozza, hogy valamilyen fertőzés vagy akár a klímaváltozás hatására hatalmas tömegű termés veszt el, és eshet ki az élelmezési láncból.

Ha az élelmiszerkereslet növekszik, a termőföld mennyisége pedig stagnál vagy csökken, a megoldást a termelékenység növekedésében kell keresni, miközben vigyázni kell arra, hogy az új megoldások fenntarthatóak legyenek, és kíméljék a természetes környezetet.

A ZÖLD FORRADALOM ÉS A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS KIBONTAKOZÁSA

A világ mezőgazdaságában a 2. világháborút követő évtizedekben zajlott le az úgynevezett „zöld forradalom”, ami számos kutatás-fejlesztési erőfeszítésnek és oktatási (technológiai transzfer) programnak köszönheti a kibontakozását (Hesser, 2006). A zöld forradalom egyrészt a természet- és műszaki tudományokban, másrészt a gazdálkodásban és a vezetési módszerekben kereste a megoldást a termelékenység problémájára. Hibrid vetőmagokat fejlesztettek ki, modern eszközöket és infrastruktúrát alkalmaztak, szorgalmazták a szintetikus műtrágyák és növényvédő szerek használatát. Gazdálkodási és vezetési szempontból „fordította” átalakulásról volt szó: a munkaszervezésben, az irányításban, az adminisztrációban modern megoldásokat és rendszereket kell alkalmazni, hasonló módon, ahogy az ipari vállalatoknál történik.

A zöld forradalom eredményessége jól látszik a terméshozamok növekedésében az 1960-tól 1990-ig tartó periódusban, ami a tudományban és a gazdálkodásban bekövetkezett változások „aratási időszakának” tekinthető. A *The Econo-*



1. ábra. Terméshozamok évi átlagos növekedése (%)

mist egyik, a terméshozamok témájával foglalkozó cikkében (The Economist, 2011, 8.) szereplő grafikon felhasználásával készített 1. ábrából ugyanakkor az is kiderül, hogy a kilencvenes években és az új évezred elején a növekedés lendülete megtört, a legfontosabb termények esetében határozott visszaesés tapasztalható. Feltételezhető, hogy gazdálkodási szempontból a csökkenő hozadék törvényének érvényesüléséről van szó: a felhasznált *inputok* és gazdálkodási módszerek segítségével növelni lehetett a hozamokat és a ter-

melékenységet, de nem minden határon túl, és egyre több környezeti kárt okozva. Sajátos helyzet alakult tehát ki: miközben sok fejlődő országban különböző okokból a zöld forradalom által kínált előnyöket még ma sem tudják kihasználni, új megoldásokat kellett találni a szükséges (fenntartható) növekedés biztosítására.

A lehetséges új megoldások egyike a mezőgazdaság digitális transzformációja, vagyis a számítógépesítés. A digitális transzformáció számos gazdasági szektorban gyors léptekkel, bár nem egyforma sebességgel és eredményességgel halad előre (Westerman et al., 2014). A mezőgazdaságban ez a folyamat a nyolcvanas években indult el. Fontos eleme volt a hozammérő eszközök megjelenése és elterjedése a GPS-szel felszerelt mezőgazdasági gépeken. Az egyre precízebb hozamtérképek segítségével többet lehetett megtudni a terméseredmények térbeli változatosságáról és annak természetes és egyéb okairól. A korszerű és folyamatos, GPS-es helyazonosítással kombinált hozammérés fontos lépés volt a számítógéppel támogatott precíziós mezőgazdaság felé.

Bár a *precíziós mezőgazdaság* elnevezés a kilencvenes évek elején jelent meg, alapelvei régóta ismertek (Brase, 2005; Tamás, 2001). A régi korok mezőgazdasági munkásai tapasztalatból tudták, hogy a megművelt föld nem homogén, éppen ezért a területet kisebb parcellákra (mai szakkifejezéssel: menedzsment zónákra) bontották, és mindenütt azt és úgy igyekeztek termelni, amit és ahogy a hely adottságai megkívánták. Bár ez a tapasztalati, tudományos háttérrel nélküli eljárás meglehetősen durva és alacsony felbontású volt, felhívta a figyelmet a talaj és a mikroklíma változatosságára. Le lehetett vonni belőle azt a következtetést, hogy a gazdálkodási döntéseket három alapvető dologra kell alapozni: releváns adatokat kell gyűjteni, az adatokból elemzéssel következtetéseket kell levonni, majd cselekvési terveket kell kidolgozni és azokat végrehajtani. A precíziós gazdálkodás logikája azt diktálja, hogy az olyan inputokat, mint a műtrágyák, a növényvédő szerek, az öntözővíz, ott és olyan

mértékben kell használni, ahol és ahogy az adatokkal leírt helyzet megkívánja. Adatokra van tehát szükség, és döntéstámogató algoritmusokra, ez utóbbiak pedig tudományos felismerések és feltárt statisztikai összefüggések alapján fejleszthetők ki.

A precíziós mezőgazdaság technikai eszköztára folyamatosan bővült. Talajminták elemzésével már a múlt század első felében is foglalkoztak, nyilván a kor technikai és tudományos színvonalán. A hetvenes években lendületet vett a térinformatikai rendszerek fejlődése, a következő évtizedben egyes modern mezőgazdasági gépek már számítógépes vezérléssel, térinformatikai adatok alapján adagolták a műtrágyákat, és nagyjából ugyanekkor már szigorú és következetes statisztikai elemzések alapján jelöltek ki homogén menedzsment zónákat. Az ezredfordulón fontos szabadalmak jelentek meg a GPS használatával kapcsolatban, a mérések (és ezzel együtt a vezérlés) pontossága elérte a pár centiméteres nagyságrendet. Automatizált, számítógéppel vezérelt precíziós ösztönzési rendszereket fejlesztettek ki. A kilencvenes években hadrendbe álltak a traktorokra szerelt adatgyűjtő kamerák, a következő évtizedben pedig a kereskedelmi célú, nagy felbontású képeket produkáló műholdak, reagálva az optikai érzékelés területén bekövetkezett fejlődésre.

A precíziós mezőgazdaságot gyakran gazdálkodási és menedzselési filozófiaként emlegetik, ami a hatékonyság, a termelékenység és a jövedelmezőség növelését célozza, miközben minimalizálni igyekszik a káros környezeti hatásokat, és ami a lényegét tekintve a gazdálkodási gyakorlat finomhangolását, az adottságok és a körülmények változatosságához való igazítását jelenti. A „precíziós” jelző más területeken is elterjedt, „precíziós gyógyítás” alatt például személyre szabott gyógyászati eljárásokat kell érteni, amelyeket adatok, elemzések és döntéstámogató algoritmusok segítségével lehet kiválasztani és alkalmazni.

A precíziós mezőgazdaság elterjedése érdekes diffúziós mintát mutat. Az eddigi tapasztalatok alapján elmondhatjuk, hogy a mezőgazdaság digitális átalakulása, az adatalapú precíziós technikák használata folyamatban van, de a transzformáció lassabban bontakozott ki, mint sok más iparágban (Zhang et al., 2002). Az USA kukoricaföldjeiről nemrég kevesebb mint 20%-os penetrációt jelentettek (Lowenberg-DeBoer, 2015), a német mérések alacsonyabb szintet mutatnak (Reichardt et al., 2009, 525.), egy hazai felmérés 2014-ben 11%-ot jelzett, de mintavételi problémák miatt ez a mérték valószínűleg túlbecsült (Lencsés et al., 2014). Kanada és Ausztrália az úttörők közé tartozik, Európában az Egyesült Királyság és Franciaország állnak az élen, Dél-Amerikában pedig Brazília és Argentína. A beruházási kedvet visszafogta a gazdasági válság, a gazdaságossági számításokat és méréseket pedig megnehezíti a piaci terményárak időnként szélsőséges és kiszámíthatatlan ingadozása.

Az eddigieket összefoglalva tehát azt mondhatjuk, hogy a világ mezőgazdaságában két nagy innovációs hullám torlódott egymásra: miközben a zöld forrada-

lom még sok fejlődő országban nem zajlott le, beindult a számítógéppel támogatott precíziós gazdálkodás első hulláma, különböző országokban eltérő elterjedtséggel, sokféle még csak kísérleti-tanulási fázisban, sőt, nyugodtan kimondhatjuk: szerte a nagyvilágban nagyon sok gazdálkodónak fogalma sincs arról, mi az a precíziós mezőgazdaság. Mindeközben az általános technológiai fejlődés nem állt le, az innovációk lehetővé teszik, hogy a precíziós gazdálkodás új fejlődési fázisba lépjen, vagyis a szektorban egy második precíziós hullám is elinduljon.

MEZŐGAZDASÁG AZ ADATROBBANÁS KORÁBAN

Az új, a Big Data világra és az azt megalapozó technológiai fejlődési trendekre és innovációkra (lásd például Bögel, 2015) épülő precíziós gazdálkodás második hulláma a döntéshozatal módja és a működés modellje tekintetében nem hoz újat, a kialakult eljárásokat viszont új mennyiségi és minőségi szintre emeli. A precíziós filozófia változatlanul tekinthető: a szokások, személyes tapasztalatok, általános előírások és differenciálás nélkül alkalmazott megoldások helyett a döntéseket módszeresen, lehetőleg digitális formában gyűjtött adatokra kell építeni, az adatok segítségével minél nagyobb részletettséggel fel kell tárni a termelési feltételekben mutatkozó térbeli és időbeli különbségeket, menedzsment zónákat kell térinformatikai eszközökkel azonosítani, a gazdálkodás konkrét műveleteit ezeknek megfelelően kell optimalizálni, figyelembe véve a fenntarthatósági szempontokat is. Az első hullámban összeállt az a szabályozási kör, ami valamilyen probléma megfogalmazásával indul, majd az adatgyűjtés és a feldolgozás következik, végül meghozzák és végrehajtják a döntéseket, mérik az eredményeket.

Miben hoz újat a technológiai fejlődés általában, illetve konkrétan az új évszázad első évtizedében kibontakozó Big Data-jelenség? A jelen cikk terjedelme nem teszi lehetővé, hogy mindent bemutassunk, de lássuk a legfontosabbakat!

A mezőgazdaság adatosítása gyors léptekkel halad előre. Az új eszközökkel és technológiákkal a korábnál sokkal több és többféle adat gyűjthető a mezőgazdasági munkát befolyásoló tényezőkről, így a talaj összetételéről, a növények és az állatok állapotáról, az időjárási körülményekről (lásd például Borsiczky, 2015; Reisinger, 2015; Paller et al., 2014). A termőföldeken, állatokon vagy akár azok szervezetében elhelyezett miniatűr szenzoroknak megfelelő energiaellátásra és kommunikációs kapcsolatra van szükségük – ezekre is vannak már jó megoldások. Rádiós kommunikáció révén az adatok nagyon gyorsan modern adatközpontokba, vagyis a számítástechnikai felhőbe juttathatók, ahol nagy teljesítményű gépeken dolgoztatják fel azokat.

Az adatfeldolgozásban és a döntéstámogatásban a hagyományos statisztikai, illetve adatbányászati eljárások mellett növekvő szerepet játszik a gépi tanulás

és a mesterséges intelligencia. Az elmúlt években ezek új lendületet kaptak, az eredmények számos esetben kifejezetten látványosak. A mesterséges intelligencia fejlődése időben hullámzó trendet mutat, nekirugaszkodások után többször stagnálás vagy visszavonulás következett már, most azonban minden jel szerint egy határozott fellendülési periódusban vagyunk, amit a mezőgazdaságban is érzékeltetni lehet például olyan területeken, ahol alakfelismerésre, összetett és változékony szituációk felmérésére van szükség.

Az adatgyűjtés és -feldolgozás célja a gazdálkodási döntések támogatása. A számítógép döntési javaslatokat dolgozhat ki a döntéshozó ember számára, de az ember sok esetben akár ki is kapcsolható, vagyis a végrehajtás automatizálható. A mezőgazdaságban is megjelentek a robotok, illetve a robotszerűen működő, mobil kommunikációra képes automatizált gépek. Az automatizálási kísérletek olyan gazdálkodási műveletekre – például a metszésre vagy a gyümölcszedésre – is kiterjednek, amelyek mindezáig ellenálltak a gépesítésnek, mivel a gépek az emberek optikai felismerési és szenzomotoros képességeivel nem tudtak versenyezni; a gépekbe (vagy a felhőbe) épített, nagy tömegű és változatos adat gyors feldolgozására, komplex helyzetek felismerésére és értelmezésére alkalmas intelligencia azonban ma már képes versenyre kelni az emberekkel.

Az első precíziós hullámhoz képest fontos előrelépés az általános valós idejűség: az adatok gyűjtése, feldolgozása, a döntési javaslatok kidolgozása, sőt, mint láthattuk, végrehajtása időben nem válik el egymástól, a döntéshozó nem a korábbi, hanem a mindenkori aktuális helyzet alapján cselekedhet. Számos olyan mezőgazdasági gép, illetve több, egymással digitálisan kommunikáló eszközből álló mezőgazdasági rendszer létezik már, amelyek egyszerre, zárt körben végzik ezeket a műveleteket, sokszor emberi beavatkozás nélkül. Vezetési szempontból ennek igen nagy jelentősége van, ahogy azt más gazdasági ágakban is jól láthatjuk.

A Big Data-jelenség, a friss technológiák és eszközök új vállalkozási teret rajzolnak fel a mezőgazdaságban. A szektor kisebb-nagyobb cégei és más szervezetei itthon és külföldön ebben keresik a helyüket, és igyekeznek fenntartható és jövedelmező pozíciót elfoglalni. Egyes nagy cégek a teljes teret igyekeznek betölteni, vagyis belső fejlesztéseikkel, felvásárlásaikkal, szövetségi politikájukkal arra törekednek, hogy az adatgyűjtéstől a döntések végrehajtásáig minden tevékenységet fel tudjanak vállalni, teljes, integrált megoldásokkal tudjanak szolgálni. Mások, köztük kis- vagy közepes méretű vállalkozások, egyes tevékenységekre, technológiákra, termékekre, szakterületekre, művelési ágakra² szakosodnak.

² Ebben a cikkben növénytermesztési példákat használtunk, de a precíziós gazdálkodás modellje értelmezhető az állattenyésztésre is, ahol szintén folyamatban van a digitális transzformáció és az adatrobbanáshoz való alkalmazkodás.

Ebben a körben szép számmal akadnak új, innovatív technológiákat fejlesztő, a nemzetközi piacot megcélzó vállalkozások, úgynevezett *start-up* cégek is. A kockázati tőke áramlását bemutató elemzésekből láthatjuk, hogy a befektetők érdeklődése nő, a közelmúltban több nagy összegű finanszírozási megállapodás született.³

Az innovációk diffúziója szempontjából természetesen döntő szerepük van a mezőgazdasági vállalkozóknak, gazdálkodóknak. A mezőgazdasági szektor közismerten konzervatív, más iparágakban a fejlődés sokkal gyorsabb. E cikkben leírtuk, hogyan jelent meg, illetve hogyan torlódott egymásra több innovációs hullám. Vezetési, gazdálkodási szempontból a zöld forradalom fordista jellegű fordulatot hozott, napjainkban pedig az első és a második precíziós hullám feltételeinek és következményeinek alakulását figyelhetjük meg. A következmények várhatóan kiterjedtek lesznek, túllépik a szervezeti kereteket, társadalmi szinten is megjelennek majd olyan területeken, mint például a foglalkoztatás, az oktatás, a szakmák átalakulása. Követésük és értelmezésük kiterjedt és interdiszciplináris kutatómunkát követel majd, hiszen, ahogy e cikk elején leírtuk, a tét nagy.

IRODALOM

- Borsiczky I. et al. (2015): Study of the Use of N Sensor in Weed Covered Fields of Winter Wheat. *Herbologia*, 15, 1, 99–109. DOI 10.5644/Herb.15.1.10, <http://www.anubih.ba/images/publikacije/herbologia/herbologija%20vol%2015%20no%201/10%20Boriczky.pdf>
- Bögel Gy. (2015): *A Big Data ökoszisztémája*. Budapest: Typotex Kiadó
- Brase, T (2005): *Precision Agriculture*. Independence, Kentucky: Delmar Cengage Learning
- Hallegatte, S. et al. (2016): *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington: The World Bank, <http://documents.worldbank.org/curated/en/260011486755946625/Shock-waves-managing-the-impacts-of-climate-change-on-poverty>
- Hesser L. (2006): *The Man Who Fed the World: Nobel Peace Prize Laureate Norman Borlaug and His Battle to End World Hunger*. Dallas: Durban House
- Lencsés E. – Takács I. – Takács-György K. (2014): Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. *Sustainability*, 25 November, 8452–8465. DOI:10.3390/su6128452, <http://www.mdpi.com/2071-1050/6/12/8452/pdf>
- Lowenberg-DeBoer, J. (2015): The Precision Agriculture Revolution. *Foreign Affairs*, May-June, <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2015-04-20/precision-agriculture-revolution>
- Paller G. – Szármas P. – Élő G. (2014): Az AgroDat.hu szenzorhálózat kommunikációs/távközlési rendszerének tervezési tapasztalatai. *Híradástechnika*, HTE Infokom különszám, 58–63. http://www.hte.hu/documents/10192/1023270/HT_2014_1_11_Paller-Szarmas-Elo.pdf

³ Érdekes példák találhatóak például az AgFunder nevű szervezet évente kiadott *AgTech Investing Report* című szektorális jelentéseiben.

- Reichardt, M. et al. (2009): Dissemination of Precision Farming in Germany: Acceptance, Adoption, Obstacles, Knowledge Transfer and Training Activities. *Precision Agriculture*, 10, 525–545. <https://goo.gl/qeZhCZ>
- Reisinger P. (2015): Digitális növényvédelem. *Növényvédelem*, 51, 1, 45–47.
- Tamás J. (2001): *Precíziós mezőgazdaság*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Rt. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_tamas/adatok.html
- The Economist (2011): *How Much Is Enough?* A Special Report on Feeding the World. *The Economist*, 26 February, 5–9. <https://www.economist.com/node/18200702>
- United Nations (2015): *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Working Paper ESA/P/WP.241. https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf
- Westerman, G. – Bonnet, D. – McAfee, A. (2014): *Leading Digital*. Boston: Harvard Business Review Press
- Zhang, N. – Wang, M. – Wang, N. (2002): Precision agriculture – A Worldwide Overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 113–132. DOI: 10.1016/S0168-1699(02)00096-0