

GONDOLATOK „A REGENERATÍV MEZŐGAZDASÁG EURÓPÁBAN” STRATÉGIÁRÓL ÉS A CÉLKITŰZÉSEK MEGVALÓSÍTHATÓSÁGÁNAK FELTÉTELRENDSZERÉRŐL

Digitalizációs paradigmaváltás az agráriumban

THOUGHTS ON THE STRATEGY FOR REGENERATIVE AGRICULTURE IN EUROPE AND THE CONDITIONS FOR ACHIEVING THE OBJECTIVES

Digitization Paradigm Shift in Agriculture

Neményi Miklós

az MTA rendes tagja, professor emeritus, Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
nemenyi.miklos@sze.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmány általános kritikákat fogalmaz meg a *Regeneratív mezőgazdaság Európában* című ESAC-tanulmányról, és konkrét javaslatokat tesz a jövőt illetően. Az EASAC-tanulmány nem valósághűen állítja be a mezőgazdaság szerepét. Főleg a negatívumokat emeli ki, az elvárások pedig sem a jelenlegi, sem a jövőbeni várható lehetőségekkel nincsenek összhangban. A mezőgazdaság az üvegházhatást okozó gázok 11%-át bocsátja ki, de ennek fejében előállítja a csaknem nyolcmilliárd főnyi világnépesség élelmét. Ebből nem a szükséges mennyiség jut el a legkevésbé fejlett országokba: a világ népességének 10%-a éhezik. Különbséget kellene tenni az élelmiszer-termeléshez kapcsolódó ÜHG-emisszió, és az iparban, a közlekedésben és az áruszállításban számos esetben teljesen indokolatlanul felhasznált energiák környezetszennyező gáz kibocsátásának megítélése között. A legnagyobb hiba, hogy a szerzők és a bírálók nem ismerik a korszerű technológiákat, a kísérleti gazdaságokban már működő megoldásokat, amelyek a természetes, természetközeli és agrárökológiai rendszerek integrált menedzselésénél elengedhetetlenek. Ezek alkalmazása az elkövetkező években politikai akarat mellett széles körben megvalósulhat a fejlett országokban. Az EASAC-stratégia koncepciója nem alkalmas arra, hogy politikai döntéshozatal alapjául szolgáljon. Jelen tanulmány bemutatja azt a korszerű információs és kommunikációs technológiát (IKT), amely folyamatosan fejlesztve a monitoring, a szabályozás (ellenőrzés, beavatkozás), az előrejelzés és a logisztika feladatait egységes szemlélettel, a mesterséges intelligencia felhasználásával oldja meg. Az IoT (Internet of Things, a dolgok internete) révén a termelési egység és annak környezete együtt tud az ökológiai és az ökonomiai, valamint az egyéb társadalmi elvárásoknak megfelelni.

ABSTRACT

This study provides general criticisms of the EASAC study *Regenerative Agriculture in Europe*, and offers concrete suggestions for the future. The EASAC study does not set realistically out the role of agriculture. It mainly highlights the negatives, and the expectations are not in line with the current or future expected options. Agriculture emits 11 % of the greenhouse gases, but in return it produces food for almost 8 billion people worldwide. Not the necessary amount goes to the least developed countries: 10 % of the world's population is starving. A distinction should be made between the assessment of GHG emissions from food production and the emission of polluting gases, which in many cases are completely unduly used in industry, traffic, and cargo transport. The biggest mistake is that the authors and reviewers are unfamiliar with the state-of-the-art technologies and the solutions already in place in the pilot farms, which are essential for the integrated management of natural, semi-natural and agro-ecological systems. Their application in the coming years may be widespread in developed countries if there is political will. The concept of the EASAC strategy is not suitable as a basis for policy making. The current study presents the modern Information and Communication Technology, which is continuously developing and solves the tasks of monitoring, regulating (control, intervention), forecasting, and managing logistics with a unified approach, with use of artificial intelligence. Through the IoT (Internet of Things), the production unit and its environment together can meet ecological and economic as well as other societal expectations.

Kulcsszavak: IoT és farmméret, IoT és vízgazdálkodás, IoT és biodiverzitás, IoT és ökológiai gazdálkodás, IoT és a körforgásos gazdaság

Keywords: IoT and farm size, IoT and water management, IoT and biodiversity, IoT and organic farming, IoT and circular economy

BEVEZETÉS

Az agrártermelés a genetika, a környezet és a menedzsment (GxKxM) kölcsönhatásának integrációjára és optimalizálására törekszik (Hatfield–Walthall, 2015). Ezek a területek szorosan összefüggenek egymással, hatnak egymásra. A vegetáció során, illetve a termelési körülmények változásakor hol az egyik, hol a másik tényező szerepe erősödik. A fenntartható fejlődés, amelynek célja alapvetően a kedvezőtlen folyamatok megállítása e három tényező komplex elemzéséből származó döntések alapján valósulhat meg.

A menedzsmentnél, sőt ma már a biotechnológiánál is, a mesterséges intelligencia segít a döntéshozatalnál, akár úgy, hogy a humán részvételt a döntésnél ki is hagyja (M2M: számítógéptől a számítógépig a humán beavatkozás mellőzésével). A környezeti és gazdálkodási forgatókönyvek kombinációira adott válaszok potenciális utat kínálnak az intenzív fejlesztésekhez a GxKxM integrációjában.

Ugyanakkor, a kutatási módszerben, az adatok kezelésénél és feldolgozásánál paradigmaváltásnak lehetünk szemtanúi. Az IoT (Internet of Things: a dolgok internete) az internetet, a globális hálózatot használja az adatok továbbítására, a beérkező információk összevetésére a felhőalapú számítástechnika és a mesterséges intelligencia lehetőségeinek a kihasználásával.

A fentiek alapján az *első kritikám*: Az „EASAC-tanulmány” egyoldalú szemléletet tükröz: az agrártermelés sajátosságai társadalmi, erkölcsi és filozófiai értelemben nem vagy csak korlátozott mértékben jelennek meg. *A fenntartható agrárium összetettebb és tudásintenzívebb, mint valaha, sőt szociokulturális, ökológiai és gazdasági dimenziókat is lefed.* Az AKST (Agriculture Knowledge, Science and Technology, mezőgazdasági ismeret, tudomány és technológia) hatékony felhasználása szükséges a fejlesztési és fenntarthatósági célok megvalósítása érdekében a szereplők és partnerségek széles körében. Egyben a különböző mezőgazdasági formák közötti szinergiákat megvalósító együttműködés szükséges a mezőgazdaság és más ágazatok, a különböző tudományágak, valamint helyi és globális szervezetek között (De Lattre-Gasquet et al., 2009). A szükséges rendszer valós időben gyűjti az információkat, a nagy mennyiségű adatot folyamatosan dolgozza fel, javaslatokat állít össze a döntéshez, illetve egyre gyakrabban valós időben hoz önállóan döntést.

Második kritikai megjegyzésem: Az anyag *egyoldalúan* állítja be a mezőgazdaság szerepét, elsősorban a negatívumokat emeli ki, máskor az elvárások sem a jelenlegi, sem a középtávon (2030-ig) várható lehetőségekkel nincsenek összhangban.

A mezőgazdaság az üvegházhatást okozó *gázok* 11%-át bocsátja ki (Arcipowska et al., 2019), ugyanakkor a nyolcmilliárd fő élelmét meg kell termelni. Mivel alapvetően humán erkölcsi kérdésről van szó, elsősorban a kevésbé fontos tevékenységek megszüntetésével is csökkenthetjük az ÜHG-kibocsátást az iparban, a közlekedésben és az áruszállításban. A mezőgazdaság a melléktermékekből előállítható biogázzal ki tudná váltani a fosszilis energiaigényét (Neményi, 2017).

Harmadik kritikai megjegyzésem: Az „EU-tanulmány” nem veszi figyelembe az élelmezésbiztonság fontosságát, ugyanakkor, mindent meg kell tennünk, hogy az agrárium környezetszennyező hatásait is csökkentjük. Ki kell emelni a világ fejlett országainak erkölcsi felelősségét, mert az általuk okozott környezetszennyezés, de főleg a klímaváltozás következményeit a fejlődő és a legkevésbé fejlett országok viselik, állítja a közgazdasági Nobel-díjas William Nordhaus (2013).

Negyedik kritikai megjegyzés: A szerzők nem ismerik a korszerű megoldásokat, amelyek egy ilyen bonyolult természetes, természetközeli és agrárökológiai rendszer integrált menedzselésénél elengedhetetlenek. A stratégia jelenlegi formájában, koncepciójával nem alkalmas arra, hogy a politikai döntéshozás alapjául szolgáljon.

AZ AGRÁR IoT MINT ADATGYŰJTŐ ÉS FELDOLGOZÓ, VALAMINT DÖNTÉS-ELŐKÉSZÍTŐ, ILLETVE DÖNTÉSHOZÓ RENDSZER

Az előzmény: A mezőgazdaságban ökonómiai és ökológiai szempontból forradalmi változást jelentő precíziós gazdálkodás alapjait a GPS (Global Positioning System, globális helymeghatározó rendszer) navigációs rendszer alkalmazásának lehetősége alapozta meg. Differenciáljellel szubméteres pontosságú helymeghatározás valósulhat meg, sőt RTK (Real Time Kinematics, valós idejű mozgás helymeghatározás) korrekciós adatokkal cm pontosságú ($\pm 2-3$ cm) pozicionálás érhető el. A precíziós, elsősorban a növénytermesztésben használt technológia lehetőséget ad pontos digitális térképek készítésére (gyomok, kártevők, kórokozók, talajfizikai és -kémiai jellemzők, mikro és makro tápanyag-ellátottság, hozam, illetve várható hozam stb.), és ezek alapján a VRT (Variable Rate Technology, változtatható mértékű technológia) alkalmazásával helyspecifikus lehet a növénytelepítés, a mechanikai vagy vegyszeres gyomirtás, a tápanyagpótlás, beleértve a fejtrágyázást is.

A fenti rendszerre épül az IoT (Internet of Things, a dolgok internete), amely egyre szélesebb körben terjed el. Az ökológiai, azon belül a biodiverzitásra vonatkozó elvárások csak az eddigi kutatásoknál használt adatbázisok jelentős, több nagyságrenddel történő növelése révén elégíthetők ki térben és időben.

Az IoT egyik alapvető feladata a monitorozás (talaj, víz, levegő [mikroklima], növény és állat). Ezen információk alapján beavatkozó (szabályozó, vezérlő) funkciókat is elvégez: öntözésnél, műtrágyák és peszticidek kijuttatásánál, zárt térben történő termesztésnél a fényerő és a növények különböző életciklusaihoz tartozó fényösszetétel szabályozásánál, végül pedig az adatok hozzáférését felügyelő feladatoknál. Az IoT nyújtotta adatbázisok jelentősen növelik az előrejelzések pontosságát a változatos meteorológiai jellemzőknél, hozambecslésnél a növények növekedésének és fejlődésének leírásánál. Végül az IoT fontos szerepet játszik a logisztikai feladatoknál is. Az IoT és a *Big Data* elválaszthatatlanok egymástól, tulajdonképpen a *Big Data* előzte meg az IoT-t.

A *Big Data* nagy adatmennyiség az addig megszokotthoz viszonyítva, változatosak az adatok és gyors az adatfeldolgozás. Itt nemcsak egy adatbázisra, hanem adott forrásból vagy adott forrásokból érkező adatsorokra kell gondolni, amelyeket folyamatosan elemez a rendszer. Az IoT széles körben alkalmazható az agráriumban. Nagy előnye, hogy nemcsak a táblán keletkező információk közötti összefüggés tárható fel, hanem a tábla közvetlen és távoli környezetében jelentkező változások kiváltó okait és következményeit is elemezhetjük.

Az egyes dolgokat (tárgyokról, élőlényekről, rendszerekről: például a talajról, mikroklimáról stb. jövő adatokat) valós időben lehet azonosítani, továbbá az internethez lehet kapcsolni. A valós idő itt közvetlen összeköttetést jelent, vagyis azonnali feldolgozást és döntést.

A különböző IoT-rendszerekbe 2022 májusában már 12,2 milliárd „dolog” (ún. aktív végpont) került (URL1). Ez a szám folyamatosan nő. Ez a nagyságrend lehetővé teszi, hogy lokális (akár menedzserzóna szinten, de nagyobb mértékekben is, például: gazdaság, tájegység, régió stb.) szinten végzett elemzésekről beszélünk, beleértve a legelő és istállóban tartott állatokon vagy állatokban elhelyezett érzékelők adatait. Ennek a lehetőségnek az egyik a nagy előnye, hogy a növényvédelmi és járványügyi intézkedések hatékonysága jelentősen növelhető. Eddig egy tábláról megfelelő műszerezettség nélkül a vegetációs időben pár száz adat állt rendelkezésre, most már milliós nagyságrendű adatbázisokról beszélünk.

Az IoT által biztosított lehetőségekkel számos, a klímaváltozás, a technológiai beavatkozások stb. által előidézett evolúciós változás is érzékelhető. Másrészt, az IoT lehetőséget ad arra is, hogy például a biodiverzitást ne a tábla vagy gazdaság szintjén, hanem akár régiós szinten elemezzük, változását regisztráljuk. Az intézkedések következményeit akár tábla- vagy menedzserzóna szinten az IoT mint IKT (információs és kommunikációs technológia) segítségével tudjuk ellenőrizni, és levonni a tapasztalatokat. A multifunkcionalitás kapcsán lehetőség van a szükséges és lehetséges kompromisszumok feltárására a környezeti, a gazdasági és a társadalmi területeken egyaránt.

A mesterséges intelligenciás elemzésekre (Machine Learning, gépi tanulás, Deep Learning, mély gépi tanulás) kiképzett matematikusoknak és a kutatóknak azonos, vagy legalábbis hasonló gondolkodásmódot célszerű kialakítaniuk, hogy sikeres legyen az együttműködés (Nyéki et al., 2021).

Új módszert kell kidolgozni, hogy a gazdálkodó, az agrárökológus, de a fogyasztó is az IoT által szolgáltatott adatokból levont következtetéseket értelmezni tudja, megértse azok lényegét, véleményt nyilváníthasson a saját tapasztalatai alapján.

Az IoT nyújtotta lehetőségek jelentősen bővülnek az 5G (ötödik generációs mobilhálózat) egyre szélesebb körű elterjedésekor: gyorsul az agrárium digitalizációja. Ugyanakkor vizsgálni kell azokat a feltételezések szerinti kedvezőtlen hatásokat, amelyek az ötödik generációs mobilhálózatnál az élőlényeknél jelentkezhetnek. A mezőgazdaságban a beporzó rovarok érintettsége az egyik kiemelkedően fontos terület (Thielens et al., 2020).

AZ IoT ÉS A FARMMÉRET

Ma még kétféle farmról beszélhetünk. Az egyik lokalizált, biodiverz és kis méretű vállalkozás a jövedelmezőség határán. A másik hatékonyabb *high tech*, nagy méretű farm, amely méretének és gépesítésének megfelelően gazdaságosabb vállalkozás.

A fenti megállapítás gazdaságossági oldalról egyre kevésbé állja meg a helyét. A *small-smart* gépek (például az egysoros szántóföldi vető robotok) rugalmasan alkalmazkodnak a táblaméretekhez a VRA (Variable Rate Application, változó mértékű alkalmazás) révén, amely elsősorban a kijuttatásnál jelent előnyt, mert figyelembe vehető a tábla heterogenitása az agrárökológiai feltételek folyamatos (real time) biztosításával. A Fendt Mars *small-smart* szántóföldi robotcsoport tekinthető az első olyan átfogó megoldásnak, amikor a gépfejlesztők olyan rendszerben gondolkodnak, amely kis területen (5–10 hektáron) is, vagy kis területekre bontott gazdaságokban is a termelők tevékenységét gazdaságossá tudja tenni a biodiverzitás növelésével és a környezetszennyezés csökkentésével. Hiszek abban, hogy az ilyen irányú tevékenység nemcsak a központi szabályozás segítségével, hanem a társadalom megváltozott szemléletének köszönhetően is egyre jövedelmezőbb lesz.

Nem lehet eleget hangsúlyozni, hogy a különböző termesztési technológiák analízise, a döntés előkészítése vagy akár döntéshozatal mellett az IoT hozzájárulhat a környezetszennyező „modern ember” szemléletének és termelői szokásainak megváltoztatásához. Ugyanakkor tudomásul kell venni, hogy a pozitív változtatás, akár a szemléletben, akár a technológiában új ismeretek meglétét igényli. Minél több helyen lehet az IoT nyújtotta információkhoz, a szenzorált változásokhoz hozzáférni, annál nagyobb annak az esélye, hogy az emberek a környezetkímélő mezőgazdasági tevékenységnél, az egészséges környezetünk kialakításánál is együttműködőek legyenek.

AZ IoT ÉS A VÍZGAZDÁLKODÁS

A 2050-re előre jelzett népesség étel-miszer-ellátásának egyik alapvető feltétele a víz biztosítása lesz a növények számára. A szükséges vízmennyiség optimalizálásához rendelkezésre álló modellek pontatlanok. A monitorozás intenzitását és hatékonyságát indokolt növelni az eddigi tapasztalatok felhasználásával. Vagyis, a vizsgált területekről és annak közvetlen és távoli környezetéről érkező adatok mennyiségét meg kell sokszorozni a telepített szenzor csoportok, szántóföldi robotok, drónok és műholdak adataira támaszkodva, az adatok valós idejű feldolgozásánál pedig a mesterséges intelligencia lehetőségeit kell kihasználni (Ambrus et al., 2022).

A fenntartható vízért tett jelentős erőfeszítések az új technológiákra irányulnak a tisztítás és újrahasznosítás fejlesztése terén (Salam, 2020). Az IoT lehetőséget ad a szennyvízben, a csapadékvízben, valamint az egyéb területen megjelenő szennyező anyagok emberi és környezeti következményeinek kimutatására és kezelésére.

A csatorna- és csapadékvíz-érzékelőket használó IoT hálózatba történő kapcsolása tájak monitorozását, vízminőség-értékelést, kezelést, így fenntartható gazdálkodást valósít meg. Ezek a megoldások növelik a technológia inputener-

gia-igényét, ezzel befolyásolják a termelési tevékenység energiamérlegét is (Neményi–Milics, 2011; Jordan, 2016). Az IoT hozzájárul a víz-élelmiszer-energia komplex termelési rendszer optimalizálásához.

AZ IoT ÉS A BIODIVERZITÁS

Úgy tűnik, hogy Afrikában és Dél-Amerikában előbbre tartanak a veszélyeztetett fajok védelme, veszélyeztetettségük IoT-re alapozott monitorozása terén, mint Európában. Vonatkozik ez az óceánok partjainál a veszélyeztetett vízi fajok megfigyelésére is (Elbasiouny–Elbehiry, 2019). Az IoT-technológia és azon belül a mélytanuló algoritmusok fejlődése segíti a szakértőket abban, hogy nyomon kövessék, megértsék az egyes fajok teljes mozgását a természetes környezetükben, továbbá összefüggéseket keressenek a biodiverzitás és a klímaváltozás között. Az afrikai, ázsiai és dél-amerikai tapasztalatok alapján Európára is ki kell dolgozni egy hatékony rendszert, amely az orvvadászok, az illegális fakitermelők stb. tevékenységét is nyomon tudja követni.

A „Providence” (URL2) megfigyelő rendszer nyomon követi az Amazonas esőerdeiben a biológiai sokféleség csökkenését. Az egész dzsungelben autonóm csomópontokból álló vezeték nélküli szenzorhálózatot telepítettek az esőerdő lombkorona alatti élővilágának folyamatos figyelésére. Ez a rendszer akusztikus érzékelőket, időjárás-figyelő érzékelőket, valamint vizuális és hőképfalkotási technológiákat tartalmaz.

AZ IoT ÉS AZ ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁS

Több átfogó tanulmány is arról számol be, hogy az ökológiai gazdálkodásnál a termék tömegességére vonatkoztatva nagyobb az ökológiai lábnyom, mint a hagyományos technológiáknál. Az ökológiai gazdálkodás globális szinten várható természecsökkenésének mérsékléséhez az eddigieknél sokkal részletesebb és megalapozottabb vizsgálatokra van szükség, amelyek az eddigi adatbázisokat nagyságrendekkel növelik. A korrekt következtetések levonásának alapvető feltétele az IoT-technológia használata.

AZ IoT ÉS A KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG

A körforgásos gazdálkodás kiszélesedésének az alapja az IoT. Az IoT révén a különböző iparágak IKT-rendszerei összekapcsolhatók, a fejlesztések pedig azonos szemlélettel tervezhetők, figyelembe véve a lokális jellegzetességeket. A ter-

mék mint szolgáltatásmodell (Product-as-a-Service) lehetővé teszi, hogy a termék mint intelligens eszköz saját műszaki állapotváltozását nyomon tudja követni, jelzi a meghibásodást, az életidő lejártakor az újrahasznosítás lehetőségeiről is tájékoztat (Rejeb et al., 2022).

ZÁRSZÓ

A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának elnöke, Balázs Ervin bölcsen cselekedett, amikor a témával foglalkozó akadémikusokat felkérte, hogy írják le a véleményüket. Jelen tanulmány csak kiragadott témákat tudott felvillantani. Nem szól például arról, hogy „kié az adat?”, az IoT kiberbiztonságáról stb. A vélemények különböző témák mentén kerülnek kifejtésre, ugyanakkor mindegyik hozzájárul ahhoz, hogy meginduljon a párbeszéd az ökológusok és az agrárökológusok között. Ha konszenzus nem is, de legalább a hasonló gondolkodás elkezdhet kialakulni abból a célból, hogy „Karinthy után szabadon” a saját igazunk helyett az igazságot keressük.

IRODALOM

- Ambrus B. – Teschner G. – Kovács A. J. et al. (2022): *Development of Small Smart Data Logger Robots Embedded in IoT System for Crop Production*. International Scientific Conference „Agricultural Mechanization and Technology in Europe and Perspectives” May 27–28, 2022, Tbilisi, Georgia, Proceedings. 50–55.
- Arcipowska, A. – Mangan, E. – Lyu, Y. et al. (2019): *5 Questions about Agricultural Emissions, Answered*. World Resources Institute, 29 July 2019. <https://www.wri.org/blog/2019/07/5-questions-about-agricultural-emissions-answered>
- De Lattre-Gasquet, M. – Kahiluoto, H. – Rötter, R. P. et al. (2009): Looking into the Future for Knowledge, Science and Technology and AKST. In: McIntyre, B. – Herren, H. – Wakhungu, J. et al. (eds.): *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology*. Vol. IV. *North America and Europe*. IAASTD, https://www.researchgate.net/publication/243971510_Looking_into_the_Future_for_Knowledge_Science_and_Technology_and_AKST
- Elbasiouny, H. Y. – Elbehiry, F. (2019): Application of Internet of Things in Marine Biodiversity Conservation. *Envirocities eMagazine*, 23, 38–42. https://www.researchgate.net/publication/334274174_Application_of_Internet_of_Things_in_Marine_Biodiversity_Conservation
- Hatfield, J. L. – Walthall, C. L. (2015): Meeting Global Food Needs: Realizing the Potential via Genetics × Environment × Management Interactions. *Agronomy Journal*, 107, 4, 1215–1226. DOI: 10.2134/agronj15.0076, <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj15.0076>
- Jordan, C. F. (2016): The Farm as a Thermodynamic System: Implications of the Maximum Power Principle. *BioPhysical Economics and Resource Quality*, 1, 9, DOI: 10.1007/s41247-016-0010-z, https://www.researchgate.net/publication/308181112_The_Farm_as_a_Thermodynamic_System_Implications_of_the_Maximum_Power_Principle
- Neményi M. (2017): Thoughts and Questions about the Sustainability of Agriculture in the Modern Digital Age: Theoretical and Practical Approach. In: Nyéki A. – Kovács A. J. – Milics G.

- (ed.): *Towards Sustainable Agricultural and biosystems engineering*. Universitas Győr Non-profit Kft. 13–42. <https://bit.ly/3pc3KjZ>
- Neményi M. – Milics G. (2011): *Thermodynamic Approach of Optimization of Biomass Production*. (*Pollution and Water Resources – Columbia University Seminar Series* 40) 369–377.
- Nordhaus, W. (2013): *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. Yale University Press
- Nyéki A. (2021): Field Monitoring Laboratory. In: *Digital Excellence in Agriculture. Good practices in the field of digital agriculture*. *FAO Stocktaking Report*. 138. <https://www.researchgate.net/project/Field-Monitoring-Laboratory>
- Nyéki A. – Kerepesi C. – Daróczy B. et al. (2021): Application of Spatio-temporal Data in Site-specific Maize Yield Prediction with Machine Learning Methods. *Precision Agriculture*, 22, 1397–1415. DOI: 10.1007/s11119-021-09833-8, <https://eprints.sztaki.hu/10198/>
- Rejeb, A. – Suhaiza, Z. – Rejeb, K. et al. (2022): The Internet of Things and the Circular Economy: A Systematic Literature Review and Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 350, 131439. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131439, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622010617>
- Salam, A. (2020): Internet of Things for Water Sustainability. (Chapter 4) In: Salam, A.: *Internet of Things for Sustainable Community Development*. Springer, DOI: 10.1007/978-3-030-35291-2_4
- Thielens, A. – Greco, M. K. – Verloock, L. et al. (2020): Radio-frequency Electromagnetic Field Exposure of Western Honey Bees. *Scientific Reports*, Jan 16 10, 1, 461. DOI: 10.1038/s41598-019-56948-0, <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56948-0>
- URL1: <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>
- URL2: <https://www.iothub.com.au/news/using-iot-to-monitor-biodiversity-in-the-amazon-444617>