

A Mezőgazdaság 4.0 jelenségének vizsgálata és lehetséges trendjei

The overview of the concept of agriculture 4.0 and its possible ways of innovation

Dajka Máté Ferenc – Oláh Izabella

Összefoglalás

A Mezőgazdaság 4.0 egy az ipari fejlődés történetéből átvett kifejezés, amely arra utal, hogy a fejlődéstörténetben korábbi szakaszaiban mindig egy-két jelentős technológiai innováció állt a középpontban, amely hosszútávon meghatározta a szektor fejlődését. A jelen mezőgazdaságának esetében ezt a technológiai fejlődést a digitalizáció és az adatalapú gazdálkodás megjelenése jelenti. A mezőgazdasági fejlődés egyes szakaszai egymásra épülnek, előbbi elterjedése nélkül nem beszélhetünk az azt követő megjelenéséről sem: azaz a számítógépes rendszerek és a precíziós gazdálkodás nélkül, az adatalapú gazdálkodás megjelenése sem lehetséges. A mindennapi gazdálkodás során használt adatok különböző csoportokba oszthatóak, azonban ezek egy, integrált rendszerben való tárolása, illetve megfelelő módszerekkel történő feldolgozása megkönnyíti a gazdálkodást, a piaci versenyben előnyözt juttatja a gazdálkodót. Az adatalapú gazdálkodást a korábbi innovációk terjedésével összehasonlítva az látszik, hogy egy új technológiai fejlődési ciklus korai szakaszában vagyunk. A 4.0 szakaszban a rendszerek fő funkciója a döntéstámogatás, de várhatóan a következő szinten döntéshozatalban is nagyobb funkciójuk lesz majd.

Kulcsszavak: Mezőgazdaság 4.0, digitális gazdálkodás, adatalapú döntéshozatal, precíziós gazdálkodás

JEL: Q10

Abstract

Agriculture 4.0 is a term borrowed from the history of industrial development, which refers to the fact that in the earlier stages of the history, every time a few significant technological innovations were at the center of the process, which determined the long-term development of the sector. In the case of today's agriculture, this technological development is represented by digitization and the appearance of data-based decision-making management. Some stages of agricultural development are based on each other, without the spread of the former, we cannot talk about the appearance of the subsequent one either: without computer systems and precision farming, the appearance of data-based farming is also impossible. The data used in everyday farming can be divided into different groups but storing them in an integrated system and processing them with suitable methods makes farming easier and gives the farmer an advantage in market. Comparing data-based management with the spread of previous innovations, a conclusion can be drawn: we are in the early stages of a new technological development cycle. At the stage 4.0, the main function of these systems is supporting decision making, but it is expected that they will play a greater role in decision-making at the next level.

Keywords: Agriculture 4.0, digital farming, data-driven decision-making, precision farming

JEL: Q10

Bevezetés

Ha az élelmiszerellátás kérdését vizsgáljuk, szinte kizárólag olyan véleményeket találunk, amelyek annak fontosságát, kiemelt, kitüntetett mivoltát, alapvető stratégiai jelentőségét hangsúlyozzák. Egyetértés látszik tehát abban, hogy az élelmiszerellátást biztosító mezőgazdasági termelésnek, illetve ennek a területnek a fejlesztésének és fejlődésének jelenleg és a jövőben is érdemes figyelmet szentelnünk.

Az utóbbi évtizedekben a digitalizáció az élet minden területén jelentős változásokat hozott. Nem meglepő tehát, hogy a mezőgazdálkodásban is megjelentek, azok az eszközök, amelyek használata során olyan adatbázisok keletkeznek, amelyek elemzésével a gazdálkodás folyamatait optimalizálni lehet.

A mezőgazdaságban végbemenő innovációk kapcsán, az utóbbi években számos tanulmány készült, amelyek technológiai, gazdasági, politikai, társadalmi és környezeti szempontból elemezték a jelenséget. Ezek a dimenziók egy sor kihívást érintenek, amelyek további tanulmányozása és elemzése szükséges ahhoz, hogy a mezőgazdaság soron következő technológiai forradalma minél gördülékenyebben mehessen végbe (da Silveira et al, 2021).

A mezőgazdasági termelés maximalizálását a jövőben olyan eszközök segíthetik vagy segítik már most is mint például a mesterséges intelligencia (artificial intelligence - AI), a Big Data, a „Dolgok Internetje” (Internet of Things (IoT)), „Gépi Tanulás” (Machine Learning - ML) a drónok és a génszerkesztés. A mezőgazdaság digitalizációjának folyamatát sokszor úgy jellemzik, hogy „elkerülhetetlen” és annak szükségességét a rohamosan növekvő népességgel igazolják (Rose et al, 2021).

A 2021-27 közötti időszakra elfogadott Közös Agrárpolitikában az Európai Unió a kiemelt feladatok között kezeli a precíziós mezőgazdasági termelés fejlesztését. Magyarország a Digitális Jólét program keretében készítette el Magyarország Digitális Agrár Stratégiáját. Mint azt a dokumentum is megfogalmazza a stratégia végrehajtásával a fő cél az, hogy az információk gyűjtésével, feldolgozásával és elemzésével, valamint a technológiai műveletek automatizálásával és robotizálásával növekedjen Magyarország mezőgazdasági jövedelmezősége, mindez a természeti erőforrások hatékony felhasználásával (DAS, 2019). A digitalizációt, mint a versenyképesség eszközét az ágazat minden szereplőjének a rendelkezésére kell bocsátani.

A legalapvetőbb kihívást a népességnövekedés jelenti, emellett az olyan kérdésekre is választ kell találni, mint az előnytelen éghajlatváltozás, az igények átalakulása (pl.: répacukor iránti kereslet csökkenése, fehérje iránti kereslet növekedése), valamint a mezőgazdaság környezeti terhelésének kérdése. Az átalakulás középpontjában az új technológiák megjelenése áll, a továbbiakban ezekkel fogok foglalkozni.

Kutatási célok

A technológiai innovációk taglalásánál gyakran elmarad annak a vizsgálata, hogy hogyan fogja ez segíteni a leendő felhasználókat – jelen esetben a mezőgazdasági termelőket – a hatékonyabb és eredményesebb munkavégzésben. A mezőgazdaság számos kihívással kell szembenézzen az elkövetkezendő időszakban: munkaerőhiány, éghajlat változás, művelhető termőterület csökkenése, károsanyag kibocsátás csökkentése. A digitalizáció, a Mezőgazdaság 4.0, a mesterséges intelligencia segíthet a gazdáknak abban, hogy ezekre a kihívásokra hatékonyabb választ adhassanak. Az alábbi

cikkben ennek a mikéntjére keresem a válaszokat. A cikk elsődleges kutatási célkitűzései a következők:

1. a Mezőgazdaság 4.0 bemutatása és annak vizsgálata, hogyan befolyásolja ez a modern gazdálkodás folyamatait;
2. a modern mezőgazdaság trendjeinek vizsgálata az új technológiai innovációk tükrében
3. a mesterséges intelligencia mezőgazdaságban betöltött szerepének a tanulmányozása és annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy milyen előnyökkel jár a mezőgazdasági termelés számára.

Mezőgazdaság 4.0 és digitalizáció a mezőgazdaságban

Napjainkban a tudományos szakirodalomban egyre gyakrabban találkozunk az Ipar 4.0 fogalmával. Az iparban végbement innovatív folyamatokhoz hasonló változások az agráriumban is bekövetkeztek, ezekre a változásokra reflektál a Mezőgazdaság 4.0 kifejezés, de gyakran előkerülnek még olyan kifejezések is, mint a smartfarming, smart agriculture, digitális gazdálkodás, okos gazdálkodás vagy adatalapú gazdálkodás. A dolgozat következő szakaszában ezeknek a fogalmaknak az értelmezésével foglalkozom.

Az Ipar 4.0 olyan működési struktúrát és ellátási láncokat irányoz elő, ahol a termékek, az erőforrások és a gépek összekapcsolódnak az adatelemzések és összehangolt folyamatok elérése, valamint a döntéstámogatás érdekében. A 21. század sokrétű kihívásaira hivatott megoldást találni a mezőgazdaság jelenleg is zajló, 4.0-ás átalakulása. A mezőgazdaságban zajló átalakulások – az Ipar 4.0 koncepciójához hasonlóan – túlmutatnak a precíziós gazdálkodáson, emiatt ezeknek a változásoknak a megjelölésére a Mezőgazdaság 4.0 kifejezést érdemes használni (Kong et al, 2019; Szőke-Kovács, 2020).

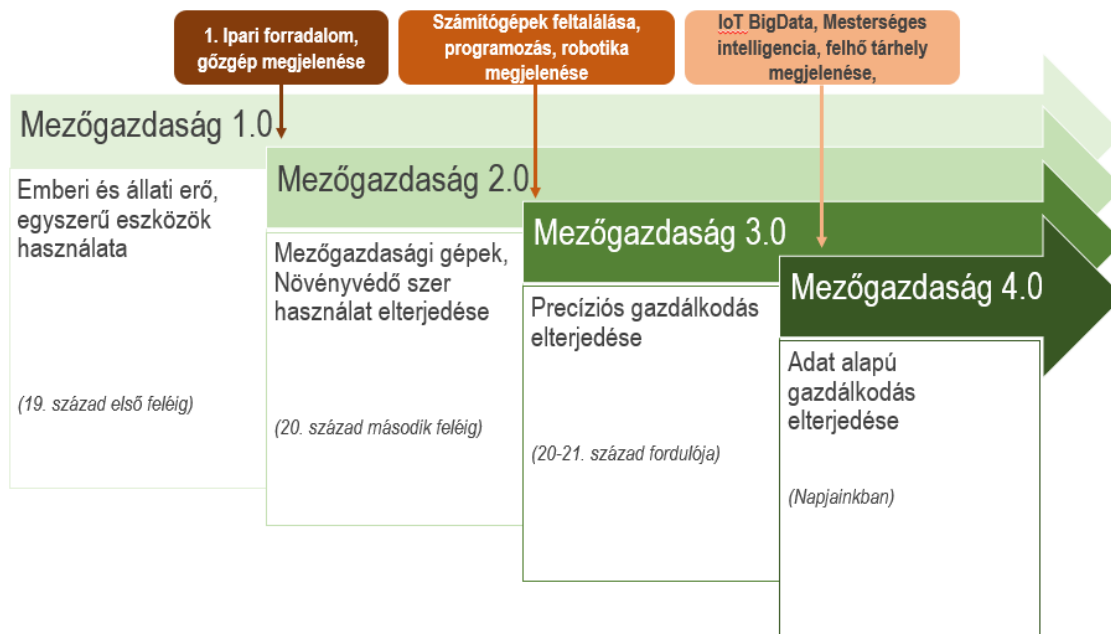
Ahogy korábban említettem, a 4.0 kifejezés a tudományos szakirodalomban az iparban végbement átalakulásokra vonatkozott eredetileg. Az elnevezés logikája szerint a 18-19. századi első ipari forradalom jelentette az Ipar 1.0-át, az első gőzgépek vagy más vízhajtású gépek megjelenésével. Ezt követte a 19-20. század fordulóján zajlott második ipari forradalom, azaz Ipar 2.0, az összeszerelő sorok és az elektromossággal irányított gépek elterjedésével. Az Ipar 3.0 megjelölés az 1960-70-es évektől zajló információs technológiák, valamint az első programozható mikrochipek és az automatizált gyártás megjelenésére vonatkozott. A jelenlegi ipar 4.0-nak „alapja a digitalizáció és az adat, a számítógép csupán eszköz” (Zambon et al, 2019; Nagy, 2017:10 in Szőke-Kovács, 2020, 291.o.). Az ipari forradalom negyedik szakaszának lényege tehát az adatok összekapcsolása, folyamatos megosztása és elemzése, valamint az elemzések alapján hozott döntések a vállalatirányításban.

Az iparból kölcsönzött analógia mentén a mezőgazdaság fejlődésére vonatkozóan a következő szakaszokat különítjük el. A mezőgazdaság ilyen módon meghatározott fázisai elsősorban a nyugat-európai mezőgazdaságra vonatkoznak, az egyes időszakok eleje és vége nem köthető egy meghatározott időszakhoz, átfedik egymást, a technológiák évtizedekig egymás mellett léteznek. A 19. században az iparosítás a mezőgazdasági fejlődést is új alapokra helyezte: megjelentek a gőzgépek, villamosenergia, gépesítés kezdetei – bár ekkor még alapvetően az állati munkaerőre támaszkodott az ágazat. Ennek hatására lehetőség nyílt nagyobb területeket megművelni, többet termelni, több állatot tartani, valamint az új szállítási módok kifejlődésével nagyobb mennyiségű terményt nagyobb távolságokra lehetett szállítani. Ezt a szakaszt jelöljük Mezőgazdaság 1.0-val. A Mezőgazdaság 2.0-át az 1950-es évektől számítjuk: akkorra megjelenik az ágazatban használt eszközök tömeggyártása, a gépek, már nemcsak a telephelyeken, hanem a földeken is átveszik az izommunka helyét. A gépesítésnek két következménye volt. Az egyik az, hogy már nem volt szükség állati munkára, emiatt

a növénytermesztő gazdálkodásokban nem volt szükség állattartásra sem, következésképpen a mezőgazdasági üzemek elkezdhettek specializálódni. A másik, hogy a gépek elterjedésével tovább csökkent a mezőgazdaság munkaerő igénye, amellet, hogy az ágazat egyre nagyobb hozamokat realizált (Zambon et al, 2019; Szőke-Kovács, 2020). Egy másik jelentős változás volt ebben az időszakban a növényvédő szer és műtrágya használat elterjedése, amely jelentős mértékben megnövelte a termésátlagokat (De Clercq et al, 2018). Erre az időszakra tehető egy új probléma megjelenése is: a mezőgazdaság soha korábban nem látott mértékben kezdte el megterhelni a környezetet (Szőke-Kovács, 2020).

1980-tól a számítógépek, mikroelektronikai eszközök, majd az internet megjelenésével lépett az ágazat az újabb fejlődési szakaszába, ezt az időszakot jelöli a Mezőgazdaság 3.0 kifejezés. A korszakot jellemzi, hogy a számítógépek előbb csak a telephelyeken, majd később a mezőgazdasági eszközökben is megjelentek. A GPS rendszer elterjedésével megjelent az automata kormányzás, sorvezető, digitális adatfeldolgozás is. Az új fejlesztések hatására jóval hatékonyabbá vált a termelés, a hatékonyságnövelés jegyében bizonyos esetekben csökkent a kijuttatott növényvédő szer mennyisége, pontosabbá vált a környezeti terhelés mérhetősége, emiatt az előírások és szabályozások is szigorúbbak lettek. Ebben az időszakban jelent meg a precíziós gazdálkodás (Zambon et al, 2019, Szőke-Kovács, 2020).

A Mezőgazdaság 4.0 megjelenése a 21. század elejére tehető. Erre az időszakra tovább fejlődtek az információs technológiák, a szenzorok olcsóbbá és fejlettebbé váltak, az internethálózatok fejlődésével egyre nagyobb lefedettségű és egyre nagyobb adatforgalmat lebonyolítani képes hálózatok alakultak ki. A korszak legfontosabb vívmánya az egyes eszközök informatikai összekapcsoltsága. A mobil, ugyanakkor egymással kommunikáló, együttműködő gépek használatával az okos technológiák a földeken dolgozó traktorokban, kombájnokban és egyéb eszközökben, pontosabbá és hatékonyabbá téve ezzel a termelést. A korszak fontos jellemzője az adatok egyre nagyobb szerepe a mezőgazdasági folyamatok, műveletek tervezésében, időzítésében, koordinálásában és végrehajtásában. A rendszerbe kapcsolt eszközök mindegyike adatokat gyűjt, amelyek elemzése elősegíti a döntéshozatalt. A digitális technológia további terjedésével a döntéshozatali folyamatban és körülményeiben is jelentős változások várhatóak (Szőke-Kovács, 2020).



1. ábra. A mezőgazdaság fejlődési szakaszai

Forrás: saját szerkesztés, 2022

A jelenség meghatározása több tanulmány is kísérletet tesz. Vannak olyan meghatározások, amelyek a különféle legmodernebb, már működő vagy fejlesztés alatt álló technológiák mezőgazdaságban történő felhasználásával azonosítják: a robotika, a nanotechnológia, a szintetikus fehérje, a celluláris mezőgazdaság, a génszerkesztés, a mesterséges intelligencia, a blokklánc technológia és a gépi tanulás alkalmazása a gazdálkodásban (Klerkx-Rose, 2020).

A Mezőgazdaság 4.0 rendelkezik azzal a lehetőséggel, hogy javítsa a precíziós gazdálkodást, csökkentse a különböző kihívásokra adott reakcióidőt, biztosítsa a valós idejű adatokkal ellátottságot és lehetővé tegye, hogy a működés során fellépő bizonytalanságokra minél hatékonyabb választ lehessen adni, mindezt az IoT eszközök, szenzorok és távfelügyeleti eszközök segítségével (Kong et al, 2019).

Más meghatározások a gazdaságon kívüli és belüli feladatok összehangolását emelik ki. A Mezőgazdaság 4.0 a feladatok kombinált belső és külső interakcióját jelenti, digitális információkat (helyre, időjárásra, viselkedésre, növény-egészségügyi állapotra, fogyasztásra, energiafelhasználásra, árakra és gazdasági információkra stb.) kínálva minden mezőgazdasági ágazatban és folyamatban (Zambon et al, 2019; Klerkx et al, 2019).

A fentiek alapján megállapítható az is, hogy a Mezőgazdaság 4.0 a gazdaságban és a gazdaságon kívüli irányítási feladatok (a tágabb értékláncban és élelmiszerrendszerben) különböző típusú adatokra összpontosítanak, szenzorok, gépek, drónok és műholdak segítségével állatok, talaj, víz, növények és emberek megfigyelésére.

Mezőgazdaság 4.0 jelenségét fontos elválasztani a precíziós gazdálkodás fogalmától. A precíziós gazdálkodás fogalmának meghatározására több kísérlet is volt. Az általam leginkább helyesnek vélt a következőképpen hangzik: „a precíziós gazdálkodás olyan műszaki, informatikai, információs technológiai és természetstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek hatékonyabbá teszik a szántóföldi növénytermesztést. Mindezt úgy, hogy közben a természetvédelmi és fenntarthatósági

elvárásokat is egyre magasabb szinten teljesítik.” (Tóth, 2018: 170) in Szőke-Kovács, 2020, 293.o.). A precíziós gazdálkodás fogalma az ezredforduló környékén kezdett meghonosodni a szakirodalomban, Az ezt fedő technikai eszközök és eljárások azonban jelentős mértékben megváltoztak. A precíziós gazdálkodás használatakor célszerű a Mezőgazdaság 3.0 szakaszának fejlesztéseire utalni. A Mezőgazdaság 3.0 elsősorban a hatékonyságnövelésről szól: a hozamok növekedését, sokszor az inputanyagok mennyiségének a növekedésével. Ezzel szemben a Mezőgazdaság 4.0 az adatokról szól: különböző forrásokból származó adatok, azok összekapcsolása, feldolgozása, majd ezek függvényében történő javaslattételről, döntéshozatalról. A Mezőgazdaság 4.0 tulajdonképpen a 3.0 szakasz gépeinek hálózatba szervezését, valamint az így keletkező nagy mennyiségű adatok intelligens feldolgozását jelenti (Szőke-Kovács, 2020; Porter-Heppelmann, 2014).

A mezőgazdaság fejlődési szakaszainak vizsgálatakor joggal merül fel annak a kérdése, hogy vajon milyen változásokat hoz majd a következő lépcsőfok, a Mezőgazdaság 5.0? A robotikai és a Big-data alapú döntéshozatal további fejlődése mellett, várható még a mesterséges intelligencia bevonás a döntéshozatalba (Zambon et al, 2019).

A fenti elmélet alapján jól látszik az egyes szakaszok egymásra épülése: a megfelelő színvonalú mezőgazdasági gépek elterjedése nélkül nem lehetséges a precíziós mezőgazdasági eszközök bevezetése, illetve az elmélet szerint precíziós eszközök nélkül nem beszélhetünk adat alapú gazdálkodásról. Ez az állítás ugyanakkor vitatható, hiszen lehetőség van az egyéb formájú (pl. manuális) adatgyűjtésre, bár ez kétségkívül megkérdőjelezi a folyamat hatékonyságát.

A Mezőgazdaság 4.0 tehát egy olyan rendszert feltételez, amelyben a mindennapi munkavégzéshez szükséges alapvető döntéseket a gazdálkodó hozza a rendelkezésre álló adatok és más mezőgazdasági döntéstámogató szoftverek segítségével.

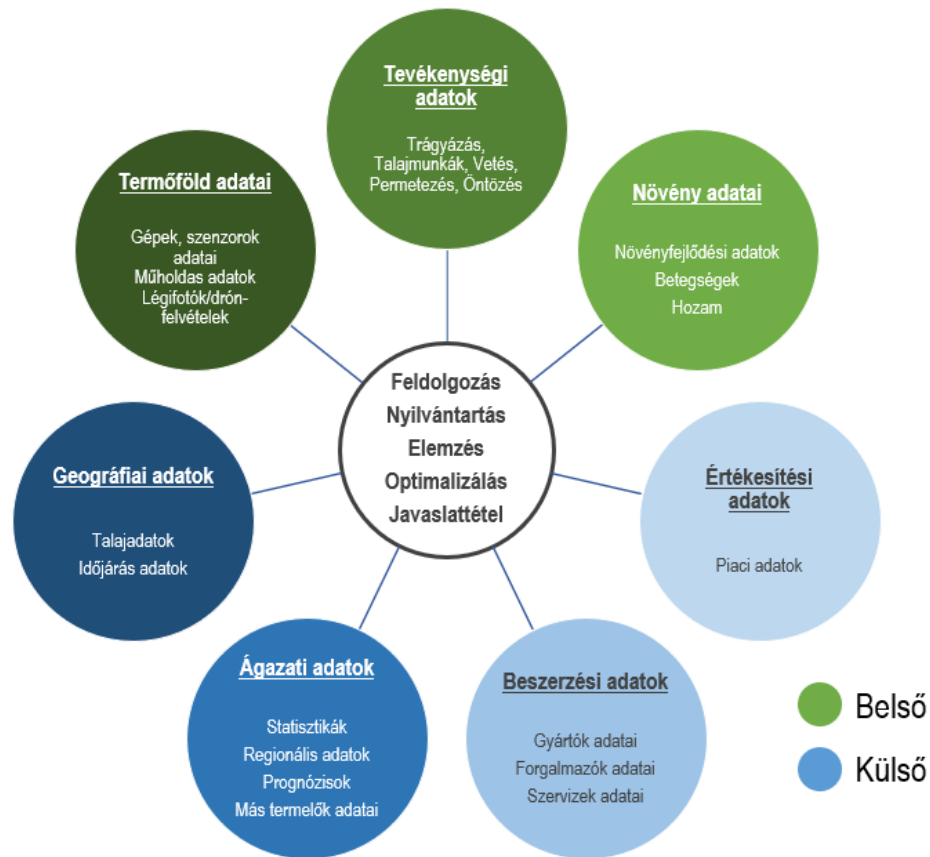
Digitalizáció, adatgyűjtés és adatfeldolgozás

A digitalizáció fogalmának a meghatározását az agrárium esetében a következőképpen lehet meghatározni: a digitalizálás a mérési eredmények, képek, tárgyak, eszközök, növények, állatok eljárások számszerűsítését, valamilyen módon számítógéppel való feldolgozhatóvá tételét jelenti (Erős, 2019). A digitalizáció számos változás lehetőségét nyitja meg a mezőgazdálkodásban.

A digitalizáció lehetővé teszi a termelők számára, hogy jobban összekapcsolt, összehangolt, és optimalizált gazdálkodást valósítsanak meg. Ahhoz, hogy ez létrejöhessen, a következő szempontok megvalósulása elengedhetetlen.

Egy gazdálkodás életében az adatok különböző forrásokból érkehetnek. Ezek a források két részre oszthatók: külső és belső rendszerből érkező adatokra. (Grieve et al, 2019; Szőke-Kovács, 2020). Az egyik csoportot alkotják a különböző technológiai megoldások által gyűjtött adatok: érzékelő és észlelő rendszerek, a robotika által létrehozott, felhőben tárolt adatmennyiség, amelyet a mesterséges intelligencia használ. Ezzel szemben a másik oldalon helyezkednek el az olyan információk, amelyek az adott földterülettel kapcsolatos kihívásokra vonatkoznak: a terménygazdálkodás, a betakarítás, a gazdaságon belüli logisztika. Ez a csoportosítás növénytermesztő, állattenyésztő vagy vegyes gazdálkodásokra egyaránt alkalmazható.

Hogy melyek is ezek az adatforrások egy növénytermesztéssel foglalkozó gazdaság esetében, az a következő ábrán jól szemléltethető:



2. ábra. Egy növénytermesztéssel foglalkozó vállalkozás lehetséges adatforrásai

Forrás: Szőke-Kovács, 2020

A fenti ábrán felsorolt adatok korábban is a növénytermesztő rendelkezésére álltak és jó eséllyel nyilvántartást is vezetett ezekről analóg vagy digitális formában. Ezek kiegészültek olyan, szintén belső adatokkal, mint a könyvelés vagy HR nyilvántartás. Egy adatalapú gazdálkodásban a működést az tudja igazán hatékonyabbá tenni, amikor ezek az adatok valamilyen szoftveres megoldás segítségével összekapcsolhatóak (Szőke-Kovács, 2020).

Az ipari termelés esetében a különböző integrált vállalatirányítási rendszerek (Enterprise Resource Planning, azaz ERP) hatékonyan támogatják egy vállalat munkafolyamatainak végrehajtását és menedzselését. Egy ilyen integrált rendszer bevezetésével javul a szervezetben belüli információáramlás, a belső integráció és a vállalat különböző részei közötti együttműködés (Rózsa, 2008).

Az iparral ellentétben a mezőgazdaság esetében számos tényező független az emberi tevékenységtől, nem megjósolható a bekövetkezésük, a gazdálkodóknak nincs rá közvetlen befolyásuk. Ilyen például az időjárás, az új kártevők/kórokozók megjelenése (Oláh, 2022). Ezek miatt az okok miatt a mezőgazdaságban speciális megoldásoknak, külön ennek a szektornak a problémáira megoldást nyújtó rendszerek fejlesztésére, azaz farmmenedzser szoftverek fejlesztésére van szükség.

A digitális mezőgazdaság trendjei

A modern mezőgazdálkodás számos alkalmazást, programot használhat, amely segíti a vezérlést, a vetést, a kijuttatást, valamint információkat nyújtanak a tápanyagellátottságra és a betegség-előrejelzésre. A döntéstámogatást segíthetik a különböző terméselemzések és hektáralapú kimutatások. A nagy mennyiségben, digitális formában tárolt adatok felhasználása, kombinálása és elemzése segíthet abban, hogy a mezőgazdasági termelőegységek javítani tudjanak a fenntarthatóságukon és termelékenységükön. Ehhez azonban szükség van a gazdálkodás során keletkező adatmennyiség megfelelő feldolgozására.

A digitális gazdálkodásra specializálódott megoldások kidolgozói napjainkra olyan rendszereket fejlesztettek ki, amelyek magukba foglalják a releváns paraméterek érzékelését, az adatgyűjtést, az adatfigyelést és adatelemzést. A digitális technológiák széles körben elérhetőek, azonban eltérő annak a mértéke, hogy mennyire használják őket. Ennek egyik oka, hogy használatukhoz beruházásra van szükség mind anyagiakban – például új eszközök vásárlása, mind szellemi értelemben – például a szoftverek használatához szükséges tudás megszerzése. Ebben fontos a fejlesztők és a kutatók megfelelő együttműködése.

Ahogy az több tanulmány (Adrian et al, 2005; Pfeiffer et al, 2021) is alátámasztotta, az életkor, a nem, az iskolai végzettség egyaránt meghatározó szerepet tölt be a digitális technológiák használatának elsajátításában. Emellett jelentős befolyásoló erővel bírnak az olyan tényezők, mint a technológia elfogadottsága, elterjedtsége, illetve az, hogy a felhasználók mennyire ítélik meg könnyűnek az új innováció használatát.

Egy svájci mezőgazdasági szakiskolában készített felmérés azt vizsgálta, hogy milyen a farmmendezer szoftverek elfogadottsága a leendő gazdálkodók körében. A kutatás eredményei szerint az összes résztvevő valamilyen digitális megoldásban látta a gazdasága jövőjét. Akik pedig a képzésük során találkoztak ilyen szoftverekkel, szignifikánsan magasabb volt azoknak az aránya, akik kevésbé ítélték meg nehéznek az ilyen szoftverek használatát (Ammann et al, 2022). A kutatás fő tanulsága tehát az, hogy fontos, hogy az ilyen szoftverek megismerése az oktatás részét képezze, mert ez a későbbiekben könnyítheti az elsajátításukat is.

A digitalizáció a modern gazdaság számos területét gyökeresen átalakította, sokszor rohamléptékű fejlesztéseket beindítva. A digitális eszközök használata a mezőgazdasági döntéshozatal során, olyan versenyelőnyt jelenthet a gazdálkodók számára, amely nélkül a sikeres működés és a fennmaradás egyaránt kétségessé válik a jövőben (Oláh, 2019).

A Mezőgazdaság 4.0 olyan átalakulásokat hozhat, amelyeknek számos negatív hatása is lehet. Ilyen például a tradicionális gazdálkodási modellek felbomlása, a fizikai munka leértékelődése, valamint azoknak a mezőgazdasági dolgozóknak a marginalizálódása, akik nem képesek elsajátítani a digitális eszközök használatát. Ezek a folyamatok ahhoz vezethetnek, hogy a gazdálkodók további tömegei hagyják el a szektort. További problémát jelenthet a jövőben az adatok tulajdonlásának kérdése. Az egyébként is nagy piaci erővel bíró mezőgazdasági gépgyártó cégek számára további piaci erőt biztosíthat az, hogy a felhasználói adatok birtokában akkor és ott tudnak új termékeket és szolgáltatásokat kínálni, amikor a gazdálkodónak arra a legnagyobb szüksége van (Rosea et al, 2020). Ennek hatására kiszorulnak azok a kisebb piaci szereplők, akik ilyen információkkal nem rendelkeznek.

A mezőgazdaság negyedik forradalma során fontos figyelembe venni ezeket a kockázatokat és veszélyeket és biztosítani azt, hogy a fejlődés előnyeiből ne csak kizárólagosan a fejlett országok részesüljenek (Hinson et al, 2019).

Mesterséges Intelligencia a mezőgazdaságban

A mesterséges intelligencia a számítástechnika tudományos felhasználásának az egyik legdinamikusabban fejlődő ágazata, amelynek a felhasználhatóságát minden iparágban egyaránt vizsgálják (Bannerjee et al, 2018; Smith, 2018). Interdiszciplináris tudományterületként célja, hogy reprodukálja az emberi intelligenciát olyan robotokban, amelyek képesek a megismerésre, a tanulásra és a problémamegoldásra. A mesterséges intelligencia a betáplált adatok alapján önmagukat irányítani képes algoritmikus rendszerek összessége (Javaid et al, 2023). A mesterséges intelligencia használata óriási változásokat fog okozni az agrárium olyan területein, mint az időjárás előrejelzés, a gépek autonóm irányítása, a differenciált vetőmag kijuttatása, a precíziós növényvédőszer és műtrágya kijuttatása, betegség előrejelzés vagy egyéb terményproblémák beazonosítása, talaj- és öntözés menedzsment, erőforrás pazarlás azonosítása, termésbecslés, drónképek elemzése, a beteg állatok azonosítása, tápanyagok automatikus adagolása és további még meg nem ismert területeken (Javaid et al, 2023; Jha, K. et al, 2019; Varga V, 2021). Az IoT eszközök használata azonban megköveteli a technológiai összetettség, a felhasználóbarátság és a rendszer hatékonyságának alapos mérlegelését. Ezenkívül fontos megérteni a gazdálkodók sajátos igényeit és céljait annak érdekében, hogy azonosítsák és kezeljék azokat az akadályokat, amelyek korlátozzák az IoT-technológiában rejlő teljes potenciált a mezőgazdaságban (Boursianis et al, 2020).

Mindez segíthet a hatékonyabb döntéshozatalban, termés növelésében, a gazdálkodás nyereségesebbé tételében, valamint a környezeti terhelés csökkentésében.

Egy másik, 2019-es tanulmány (Grieve et al, 2019) az agráriumban alkalmazott mesterséges intelligenciát úgy határozta meg, mint olyan intelligens mezőgazdasági rendszerek, amely mesterséges intelligenciával dolgoznak fel változó forrásokból származó adatokat, mint például a kártevők, kórokozók és a különböző gyomnövények. A gazdálkodás hatékonyságának biztosításához olyan smart technológiák alkalmazására van szükség, amely a különböző érzékelő rendszerek és a robotika fejlesztéseit kombinálja helyi vagy felhő alapú mesterséges intelligenciával.

A szakirodalom (Porter-Heppelmann, 2014) smart-farmingnak nevezi azt a megoldást, amikor a különböző gazdálkodást támogató digitális megoldások integrációja eljutott, hogy különböző rendszerek kommunikálnak egymással.

A mesterséges intelligencia felhasználhatóságának a kérdését több tanulmány (Kong et al, 2019; Zhai et al, 2020) is vizsgálta, ezek egyaránt felhívták a mezőgazdasági alkalmazhatóság kettős kihívására. Az első a mezőgazdasági tervezés komplexitásának problematikája: a feladatok tervezésekor számos tényező figyelembevétele szükséges (az érintett mezőgazdasági gépek száma, ezeknek a gépeknek a képessége, a feladatok száma stb). A másik a mezőgazdasági tevékenységek időszaki jellegéből fakadt. Egy mezőgazdasági év 8-12 hónapig tartó időszaka alatt bizonyos tevékenységeknek (vetés, műtrágyázás, aratás) megvan a maguk meghatározott ideje. Bizonyos termények esetében még mindig elengedhetetlen a kétféle munka, amely jelentős tervezést igényel. Ezeket a munkákat nem lehet máskor megcsinálni, egy-két nap csúszás pedig jelentős anyagi károkat okozhat.

Egy 2020-ban készült tanulmány az AgriSupport II rendszerének bevezetését vizsgálta, amelynek célja, hogy a legújabb fejlesztéseket adaptálja a termelés folyamatába, azáltal, hogy döntéstámogatást nyújt a gazdálkodói feladatok operatív tervezésében, a működési költségek részletezésével, illetve elemzések biztosításával az erőforrások felhasználására és a jövedelmezőségre vonatkozóan (Zhai et al, 2020).

A döntési folyamat támogatásához az AgriSupport II rendszer egy tervező algoritmus modellt használt. Ez a tervező algoritmus javaslatokat adott arra vonatkozóan, hogy melyik munkaegység alkalmas az adott feladatok ellátására. Ennek működéséhez a rendszernek meghatározott informá-

ciókra volt szüksége. A rendszer javaslatokat tett a tervezésre, a technikai megvalósításra, a szükséges erőforrásokra, az egyes feladatok prioritására és arra, hogy az adott tevékenységet mikor kell elvégezni. A szoftver egy spanyolországi gazdaságban tesztelték, ahol többféle növény nagy területen történő termesztése mellett kísérleti termesztés is folyt. A vizsgálat eredményei alapján az látszott, hogy az AgriSupport II alkalmas volt arra, hogy javaslatokat adjon a gazdálkodók számára a mezőgazdasági munkák kiosztására vonatkozóan. A javaslatok követésének segítségével a gazdálkodóknak lehetősége nyílt arra, hogy a feladatok kiosztását a lehető legalacsonyabb költségekkel és leghatékonyabban végezzék el (Zhai et al, 2020).

Egy másik tanulmány a cukornád aratás operatív tervezési folyamatait vizsgálta: különféle algoritmusok hatékonyságát tesztelte, amelyek segítségével adat vezérelt folyamat optimalizálást lehet létrehozni. A modell figyelembe vett olyan tényezőket, mint az időjárás, az optimális aratási idő és a rendelkezésre álló munkaerő. A 2019-es tanulmány egyik konklúziója az volt, hogy még viszonylagos alacsony elemszám (21 terület és 4 brigád) és jelentős CPU/RAM kapacitás mellett is a kalkuláció ideje kifejezetten jelentős volt: 3 óra és 4 nap között mozgott, attól függően, hogy milyen megbízhatóság lett beállítva (Kong et al, 2019). A kutatást érdemes lehet megismételni modernebb, nagyobb kapacitású hardverrel, de egyelőre nem találtam eredményeket erre vonatkozóan.

A korábban bemutatott tanulmányok esetében fontos kiemelni, hogy a szoftvert nem pusztán támogatást nyújtott a döntéshozatalhoz, hanem konkrét döntéseket hozott meg a gazdálkodási folyamattal kapcsolatban. Ennek alapján azt állítom, hogy ez a rendszer kilép a Mezőgazdaság 4.0 keretei közül és felsejlik a technológiai fejlődés következő szintje: a döntést a számítógép hozza az ember csupán ellenőrzi.

Anyag és módszer

A kutatás során forrásfeldolgozást használtam és arra törekedtem, hogy áttekintsem, illetve egy feltáró munka keretében ismertessem a témában megjelent releváns hazai és nemzetközi szakirodalmat. Jelen tanulmány összefüggésrendszerben értelmezi és dolgozza fel az eddig rendelkezésre álló ismereteket.

Ez a munka kiinduló pontja a későbbi, nagy adatbázisokon alapuló kutatásoknak, valamint megalapozza a jövő publikációinak keretrendszerét.

Eredmények

Az ipar termelésben alkalmazott vállalat irányítási rendszerek mintájára a mezőgazdaságban is megjelent az igény arra, hogy az információk egy integrált rendszerben álljanak rendelkezésre ezzel segítve a döntéshozatali folyamatokat. Az iparban használt megoldásokat egy zárt rendszerben alkalmazzák, ezzel szemben a mezőgazdaságban olyan megoldásokra van szükség, amelyek egy nyílt, folyamatosan változó rendszer problémáira képesek megoldást nyújtani. A mezőgazdaság 4.0 előfeltétele az, hogy rendelkezésre álljanak a megfelelő technológiai előfeltételek (Mezőgazdaság 3.0). Az adatalapú döntéshozatal pedig számos területen (operatív tervezés, hatékonyabb erőforrás allokáció, betegség előrejelzés, talaj- és öntözés menedzsment, termésbecslés stb.) hatékonyabbá teszi a termelést.

Míg a 3.0 szakasz középpontjában a számítógépnek gazdálkodásba történő bevonása adta, addig a Mezőgazdaság 4.0 esetében az innováció alapja a digitalizáció és az adat, a számítógép csupán eszköz. A döntéseket az ember hozza és a számítógép ehhez nyújt támogatást. Figyelembe véve az infokommunikációs technológiák területén végbe menő trendeket a Mezőgazdaság 4.0-át követő

lépcsőfok az lesz, amikor a rendelkezésre álló Big Data elemzések alapján, az erre kifejlesztett algoritmusok, már nem csak elemzéseket mutatnak be, hanem az összefüggések alapján konkrét javaslatot is tesznek arra, hogy melyik feladat elvégzésére mikor és milyen eszközökkel van szükség. Ezáltal a mesterséges intelligencia használata óriási változásokat fog okozni a mezőgazdaságban.

Köveztetések és javaslatok

A digitalizáció mára a modern gazdálkodás elengedhetetlen részét képezi. A felhasználók, azaz a gazdák folyamatosan vezetnek be, veszik át a különböző innovációkat a mindennapi gazdálkodás folyamatába.

A Mezőgazdaság 4.0 keretein belül a rendelkezésre álló digitalizált adatokon alapuló döntéstámogatási rendszerek segítik gazdálkodás munkafolyamatát. A döntéseket tehát továbbra is az ember hozza, a számítógép pedig ehhez nyújt támogatást.

Az információs technológiák fejlődése mindig is irányt mutatott más gazdasági szektorok fejlődésének. A közösségi média platformokon megjelenő hírek, a keresőkben megjelenő személyre szabott hirdetések vagy akár streaming szolgáltatók által kínált médiatartalmak esetében egyaránt elmondható, hogy egy erre kifejlesztett algoritmus, egy mesterséges intelligencia, a rendelkezésre álló big data alapján kínál tartalmakat. Ezek hatékonyságáról nap mint nap meggyőződhetünk.

A big data adatbázisok a mezőgazdaság esetében is már vagy rendelkezésre állnak vagy az adatgyűjtés már folyik és csak idő kérdése, hogy mikor fog rendelkezésre állni az az algoritmus, amely ezek alapján hozza majd meg a gazdálkodással kapcsolatos döntéseket. Az adatelemzéseken alapuló döntési algoritmusok, mesterséges intelligencia jelenlétével, pedig elkezdhetünk beszélni az ötödik lépcsőfokról, a Mezőgazdaság 5.0 jelenségéről. Ebben a szakaszban a számítógép feladata, hogy a döntésekre legalább is javaslatot tegyen és az emberé, hogy ezt ellenőrizze.

A fenti állítást megerősíti Saiz-Rubio – Rovira-Más, illetve Zambon munkája, amely szerint a Mezőgazdaság 5.0 magába foglalja a robotok és mesterséges intelligencia egyes formáinak használatát azáltal, hogy a precíziós gazdálkodás mellett emberi beavatkozást nem igénylő műveleteket és autonóm döntéstámogató rendszereket von be a termelési folyamatba (Zambon et al, 2019; Saiz-Rubio – Rovira-Más, 2020)

Hivatkozott források

Adrian, A.M. – Norwood, S. H. – Mask, P. L. (2005): Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48, 256–271. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.04.004>

Ammann, J. – Walter, A. – El Benni, N. (2022): Adoption and perception of farm management information systems by future Swiss farm managers – An online study. *Journal of Rural Studies*, 89, 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.12.008>

Bannerjee, G. – Sarkar, U. – Das, S. – Ghosh, I. (2018): Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*, 7(3), 1-6.

https://www.researchgate.net/profile/Gouravmoy-Banerjee/publication/326057794_Artificial_Intelligence_in_Agriculture_A_Literature_Survey/links/5b35ab970f7e9b0df5d83ec6/Artificial-Intelligence-in-Agriculture-A-Literature-Survey.pdf

A letöltés ideje: 2023.10.16

Boursianis, A. D. – Papadopoulou, M. S. – Diamantoulakis P. – Liopa-Tsakalidi, A. – Barouchas, P. – Salahas, G. – Karagiannidis, G. – Wan, S. – Goudos, S. K. (2020): Internet of Things (IoT)

- and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: a comprehensive review. *Internet of Things*. 12. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100187>
- De Clercq, M. – Vats, A. – Biel, A. (2018): Agriculture 4.0: The future of farming technology. *Proceedings of the world government summit*, Dubai, UAE, 11-13.
https://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2019/12/OliverWyman-Report_English-LOW.pdf
- Digitális Jólét Program (2019): Magyarország Digitális Agrár Stratégiája 2019-2022.
<https://digitalisjoletprogram.hu/files/24/2e/242e263bd2b441f6f30cf400e06e1e4a.pdf>
A letöltés ideje: 2022.03.12
- Erős, A. (2019): Mi is a digitalizáció? Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Fiatal gazdálkodó, Megjelent: 2019.07.02
<https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/fiatal-gazdalkodo/99798-mi-is-az-a-digitalizacio>
A letöltés ideje: 2022.03.12
- Fodor, M. (2021): Mérőföldkő a precíziós gazdálkodásban. *Agrárágazat* Vol. 22/10., 68-70. p.
- Grieve, B. D. - Duckett, T. - Collison, M. - Boyd, L. - West, J. - Yin, H. - Arvin, F. - Pearson, S. (2019): The challenges posed by global broadacre crops in delivering smart agrirobotic solutions: A fundamental rethink is required. *Global Food Security*, 23, 116–124.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.04.011>
- Hinson, R. – Lensink, R. – Mueller, A. (2019): Transforming agribusiness in developing countries: SDGs and the role of FinTech. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 41, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.07.002>
- Javaid, M. – Haleem, A. – Khan, I. H. – Suman, R. (2023): Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*. 2(1), 15-30.
<https://doi.org/10.1016/j.aac.2022.10.001>
- Jha, K. – Doshi, A. – Patel, P. – Shah, M. (2019): A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2, 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2019.05.004>
- Klerkx, L. – Jakku, E. – Labarthe, P. (2019): A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: new contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91:1, 1-16. 90. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Klerkx, L. – Rose. D. (2020): Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*. 24. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>
- Kong, Q. – Kuriyan, K. – Shah, N. – Guo, M. (2019): Development of a responsive optimisation framework for decision-making in precision agriculture. *Computers & Chemical Engineering*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106585>
- Oláh, I. (2019): Nemzeti Agrárgazdasági Kamara Digitális Agrár Akadémia programja
<https://www.nak.hu/kiadvanyok/digitalis-agrarakademia-2019/3-digitalis-farm-menedzsment>
A letöltés ideje: 2022.03.12
- Oláh, I. (2022): Digital solution in agriculture. Elhangzott: International Conference On Technology Changes Future Sustainable Development Goals, 2022 Sakarya session 2022.01.06
- Pfeiffer, J. – Gabriel, A. – Gandorfer, M. (2021): Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Human Values*. 107–128. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10145-2>
- Porter, M.E. – Heppelmann, J.E. (2014): Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. *Harvard Business manager*. 12, 1-28.
<https://docplayer.org/12324512-Wie-smarte-produkte-den-wettbewerb-veraendern.html>
A letöltés ideje: 2022.03.17
- Rose, D. C. - Wheeler, R. - Winter, M. - Lobley, M. - Chivers, C. (2021): Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104933>

Rózsa, T. (2008): Kis- és Középvállalkozások számítógépes információs rendszereinek funkcionális, hatékonysági és gazdasági elemzése, doktori értekezés, Debrecen

<http://hdl.handle.net/2437/57522>

A letöltés ideje: 2023.10.10

da Silveira, F. – Lermen, F. H. – Amaral, F. G. (2021): An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*. 189. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>

Saiz-Rubio, V. – Rovira-Más, F. (2020): From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, 10(207) <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>

Smith, M. (2018): Getting value from artificial intelligence in agriculture. *Animal Production Science*. 60, 46–54. <https://doi.org/10.1071/AN18522>

Szőke, V. – Kovács, L. (2020): Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek, kihívások. *Gazdálkodás*. 64(4), 289-304.

https://www.researchgate.net/publication/344284006_Mezogazdasag_40_-_relevancia_lehetosegek_kihivasok

A letöltés ideje: 2023.10.10

Varga, V. (2021): Mezőgazdaság 4.0 és a digitalizálás alkalmazása. *Agrárágazat*, 22(10), 72-74. p.

Zambon, I. - Cecchini, M. - Egidi, G. - Saporito, M. G. - Colantoni, A. (2019): Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes*, 7, 1-36.

<https://doi.org/10.3390/pr7010036>

Szerző(k)/ Author(s)

Dajka Máté Ferenc

ORCID [0009-0005-3608-5442](https://orcid.org/0009-0005-3608-5442)

doktorandusz hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gazdaság- és Regionális Tudományok Doktori Iskola

e-mail: dajka.mate@gmail.com

Oláh Izabella

ORCID [0000-0002-3073-2064](https://orcid.org/0000-0002-3073-2064)

PhD

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, Vidék- és Területfejlesztési Tanszék

e-mail: olah.izabella@uni-mate.hu

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

[CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

