

Agrárinformatika alkalmazása precíziós szántóföldi technológia modernizálásában

Dr. Bártfai Zoltán – Bognár István – Dr. Faust Dezső – Lágymányosi Attila – Szabó József – Dr. Kurják Zoltán
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet

A mezőgazdaság műszaki fejlesztése a szántóföldi növénytermesztésben napjainkban két fő területet érint: egyrészt nagyobb teljesítményű erő- és munkagépek kialakításával elősegíteni a termelési volumen növelését az egyre hektikusabb környezeti körülmények között, másrészt az élet minden területére kiterjedő digitalizáció eredményeinek adaptálásával hatékonyabb termelési szerkezet és abba illeszkedő gépek, technikai berendezések létrehozása. Természetszerűleg a konstrukciós alternatívák sok esetben összeérnek. A gépek növekedésének a fizikai méretek szabnak határt. A technikai rendszerek fejlesztésében így egyre inkább meghatározó tényező az információ- és kommunikációtechnológia alkalmazása. A korszerű mezőgazdasági gépek komplex mechatronikai rendszerek, amelyek mechanikus, elektronikai és informatikai egységekből állnak. Új gépekre épülő beruházás esetén a precíziós technológiába való illeszkedés jól tervezhető. A korábbi technikai színvonalat képviselő mezőgazdasági gépek vonatkozásában aktuális kérdés az átalakítással történő korszerűsítés lehetősége, a műszakilag jól bevált konstrukciós alapok és az újszerű funkcionális megoldások egyesítése.

A korszerű mezőgazdasági gépüzemeltetés meghatározó tényezői

A vállalkozások értékteremtő folyamatai az emberi aktivitáshoz kötődnek. Az eredményt, illetve valamilyen produktumot, hatást létrehozó aktivitást az emberi motiváció és cél indítja el. A termelőtevékenység során az ember gépet, eszközt használ a céljainak megvalósításához. Az aktivitás általános rendszerteknikai (ontológia) modellje az alapvető rendszeralkotókat és azok kölcsönkapcsolatait foglalja magában. Az általános modellt az 1. ábra szemlélteti.

Az értékképző termelő, illetve az értékfenntartó folyamatok (pl.: műszaki kiszolgálás) az ember, gép, munkatárgy hármas révén valósulnak meg, amelyek között a kölcsönkapcsolat fizikai és/vagy infókommunikációs.

A modellben szereplő további kölcsönkapcsolatok a szervezeti jellegre utalnak, és ezek kétirányú jel-, illetve információkommunikációt képviselnek. Egy mezőgazdasági vállalkozásban a helyi adottságoktól is függően nagyon sokféle és nagyszámú aktivitástípus fordul elő. E komplexitást adekvátnan leképező agrárinformatikai rendszernek a kialakítását az aktivitás általános rendszerteknikai (ontológia) modellje jelentősen segíteni tudja.

Mezőgazdaságunkban alapvetően gépesített termelés valósul meg. A gépek a gazdálkodás egyik meghatározó, egyben legdinamikusabban változó erőforrását képezik. A gépesített technológiai folyamatok az érték-előállítás, illetve értékmegőrzés elemi rendszerei. Általános megközelítésben

bármilyen legyártott gép az életciklusa alatt csak kétféle folyamat típusban szerepelhet. Ezek egyike, amikor az ember a gépet a funkciójának megfelelően használja. A gép-használati folyamat általános jellemzője, hogy az ember a gép (eszköz) funkcióját használva célszerű változást hoz létre a munka tárgyán. A használati folyamatokban a gép szerkezeti állapota megváltozik. A változások egy meghatározott szintje valamilyen korrekció, illetve helyreállítási, összefoglalóan műszaki kiszolgáló folyamatot generál. Ebben maga a gép válik a munka tárgyává.

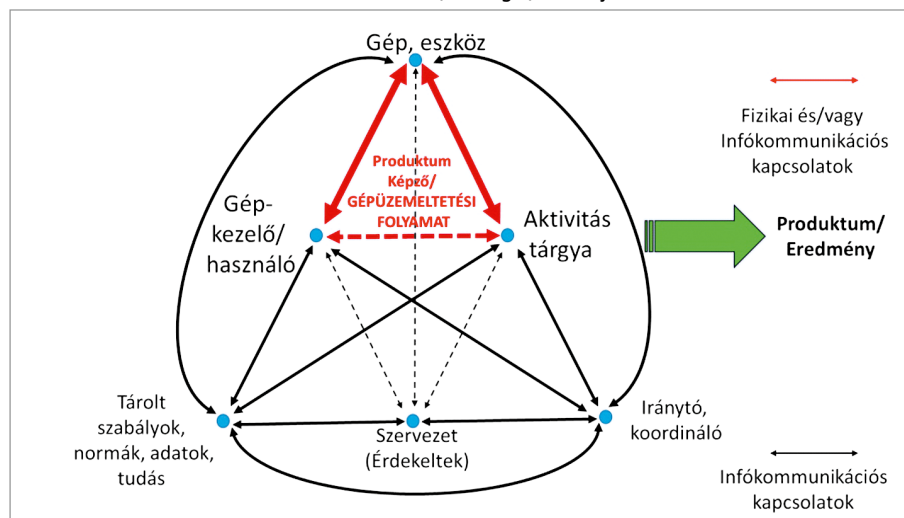
Egy vállalkozás több géppel végzi a tevékenységét. A folyamatok tervezése, koordinálása mindkét folyamat típusnál irányítást igényel. A gépek üzemeltetési rendszere a használati és a műszaki kiszolgálási folyamatokat és ezek irányítását foglalja magában. Magasabb szinten a rendszerüzemeltetés egészének irányítása szükséges. A hatékony együttműködést a kommunikációs eszközök segítik. A gépüzemeltetési rendszer általános modellje fontos koncepcionális struktúrát és általános fogalomrendszert határoz meg, ami a tervezést, az irányítást és az informatikai fejlesztést egyaránt szolgálja (2. ábra).

A gépüzemeltetési rendszer állandó és a működés során keletkező változó adatai, információi az informatikai rendszer fontos részét kell hogy képezzék. Az ember és a gép „A” jelű kapcsolatához számos infókommunikációs folyamat tartozhat, amit összefoglalóan a 3. ábra és a hozzátartozó felsorolás mutat be.

A példa azt is érzékeltetni kívánja, hogy a mai technikai és technológiai lehetőségek mellett, az informatikában egyre nagyobb szerepe van az interaktív megoldásoknak.

1. Az ember parancsot, üzenetet küld a gépnek.
2. Az ember üzenetet fogad a gép/folyamat állapotairól.
3. Az ember kér és fogad információt a számítógéptől.
4. A gép/folyamat kér és fogad információt a számítógéptől.
5. Az ember/kezelő közvetlenül beavatkozik a folyamatba.
6. Az ember/kezelő közvetlenül megfigyeli a gép/folyamat állapotát.

1. ábra Az aktivitás általános rendszerteknikai (ontológia) modellje



Infokommunikáció a mezőgazdasági gépkapcsolatokban

A gép (aggregát) és a munkatárgy relációjához is tartozhatnak informatikai vonatkozású jellemzők. A korszerű gépekbe beépülő intelligens érzékelő és jelfeldolgozó megoldások olyan adatokhoz juttathatják a felhasználókat, amilyenek megszerzésére korábban nem volt lehetőség. Például néhány szemenként vető gép már rendelkezik olyan érzékelő jelrögzítő rendszerrel, amely soronként nem csak a vetés folyamatosságát ellenőrzi, hanem egy táblán elvégzett munka végén egy hisztogram formájában a tőtávolság-egyenlőtlenségről is tájékoztatást nyújt.

A vetőaggregát beágyazott intelligenciája által szolgáltatott hisztogramot és a kivetett kukoricafajta hozamgörbéjét, azaz a kétféle tudást összekapcsolhatjuk (4. ábra).

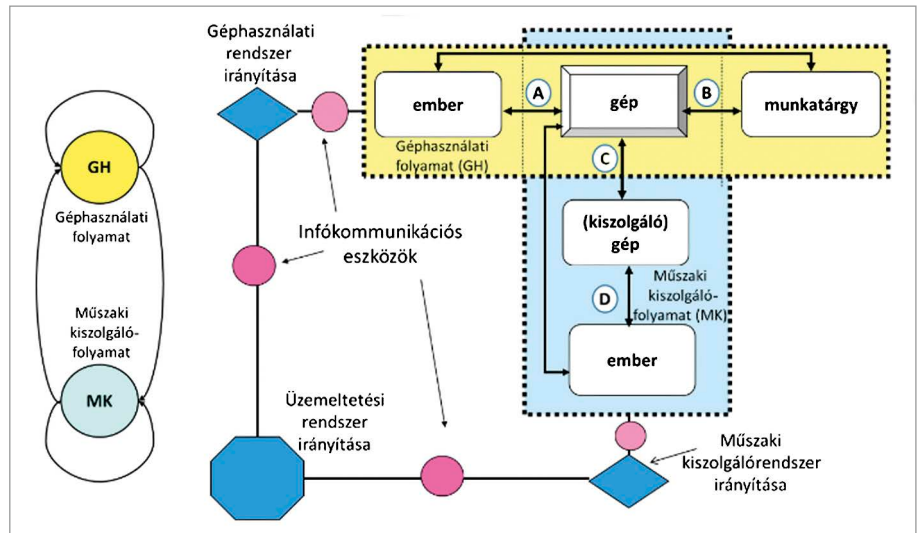
A 4. ábra jelöléseit felhasználva, a teljes valószínűségi tétel összefüggését alkalmazva újabb tudáshoz, nevezetesen a tőtávolság-egyenlőtlenségből származó relatív termésvesztés értékéhez juthatunk.

$$P(H_R) = \sum_{i=1}^n P\left(\frac{H_R}{B_n}\right) P(B_n)$$

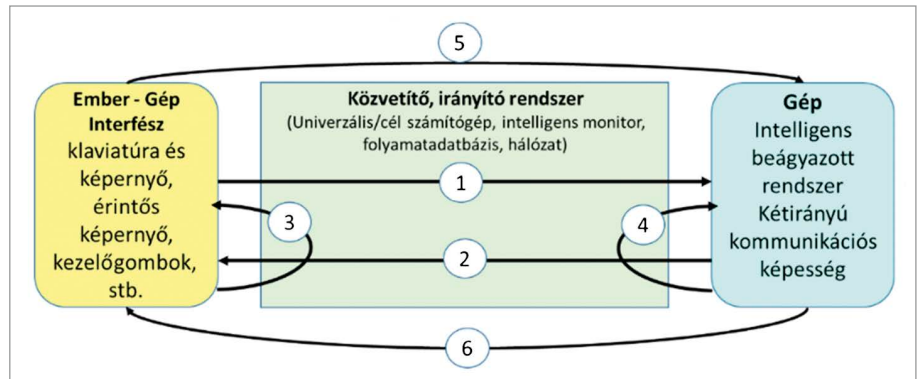
A gépjárművezetési rendszer általános modelljében (2. ábra) szereplő „C” és „D” jelű relációjához is fontos informatikai vonatkozások köthetők. A műszaki diagnosztika egyik alapfunkciója, hogy a vizsgált gép aktuális műszaki állapotáról a felhasználók számára információkat szolgáltatson. Ez a különböző szintű hardver- és szoftverrendszerek hálózatai együttműködése révén valósul meg. Erre mutat példát az 5. ábra.

A vizsgált gép eszközhálózata (CAN BUS, ISOBUS) szabványos hálózati átjárón (gateway), egységen keresztül kapcsolódik a diagnosztikai alkalmazói szoftvert, illetve szakértői rendszert tartalmazó számítógéphez. A számítógép vezeték nélküli hálózaton keresztül a gyártó vagy az integrátor rendszeréhez is kapcsolódhat, ahonnan szükség szerint támogatást kaphat. A vizsgálatok eredményei ezen a hálózaton keresztül jutnak el a központi rendszerbe, ami hozzájárul a géptípusra vonatkozó információk és tudásanyag bővítéséhez. A rendszer hatékony működésének alapvető feltétele a hálózati rendszerek, a szoftver- és adatbázisrendszerek konfliktusmentes együttműködése. Ezt segíti a szabványosítás.

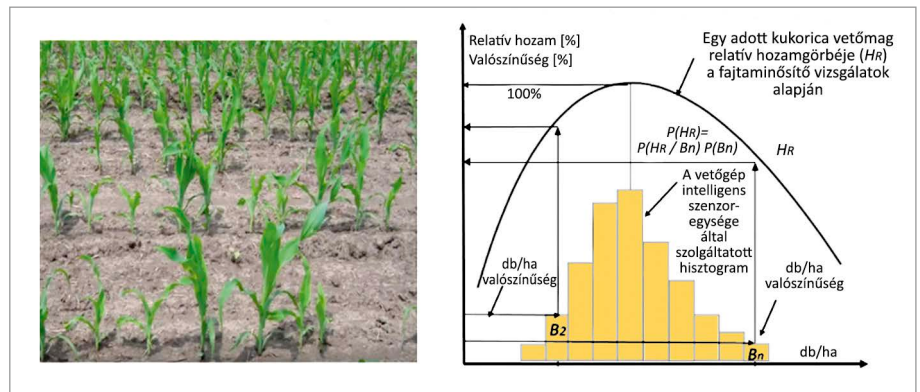
Az ISOBUS a mezőgazdasági ágazat számára kialakított kommunikációs protokoll, mely a traktorok és munkagépek közötti kommunikáció szabványosságát hivatott biztosítani. A traktorok és munkagépek kompatibilitásával az adatok begyűjtése is köz-



2. ábra A gépjárművezetési rendszer általános (ontológia) modellje



3. ábra Ember-Gép infokommunikációs folyamatai



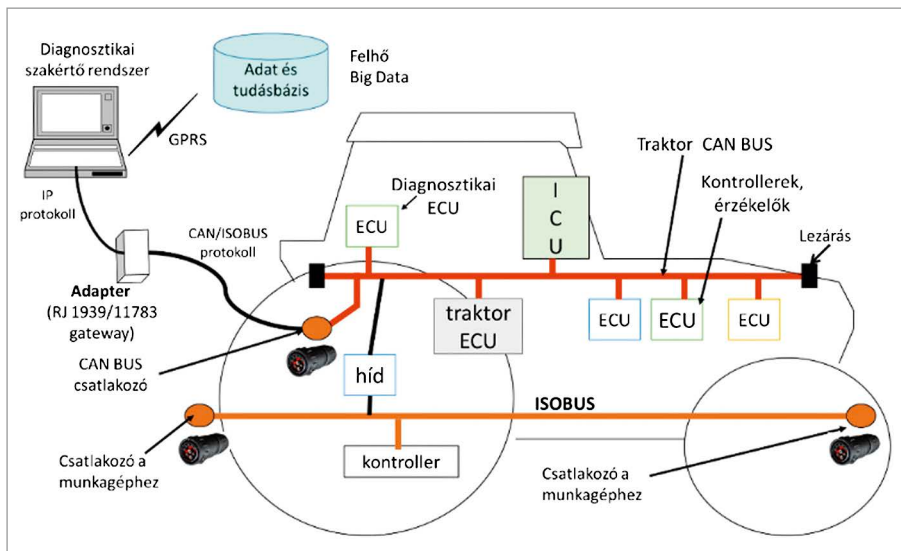
4. ábra A relatív hozamvesztés meghatározásának vázlata a növény hozamgörbéjének és a gép vetéspontosságának felhasználásával

pontosított, nem szükséges a továbbiakban külön terminál minden munkagéphez, egy terminál alkalmazható különféle gépekhez.

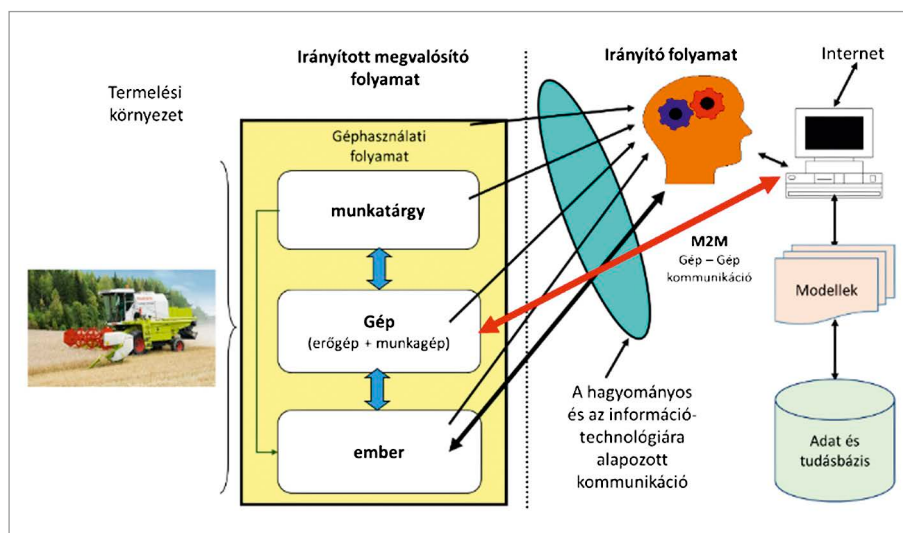
A mérnökinformatikai fejlesztésekhez használt beágyazott mérési, adatgyűjtési rendszerek támogatják a CAN alapú kommunikációt, ezért ISOBUS-hálózathoz jól illeszthetők. A valós idejű elemzéshez, utófeldolgozáshoz és adatnaplózáshoz kialakított rendszerekre és az ISOBUS adatforgalmára alapozva lehetőség nyílik a jelenlegi technológia továbbfejlesztésére.

A CAN-kompatibilis fejlesztőeszközökkel az üzenetazonosítók és a hozzájuk tartozó adatmező tartalmának megjelentése és naplózása nem jelenthet gondot, egy általános CAN-hálózaton azonban ezek felépítését a gyártók határozzák meg, ezért a kinyerhető adatok csak nehezen értelmezhetők.

A géphasználati folyamat irányítása kétirányú információáramlás alapján valósul meg. A rendszer informatikai alkotóit és azok kapcsolódását a 6. ábra mutatja. A termelés irányítója, koordinátora a gép-

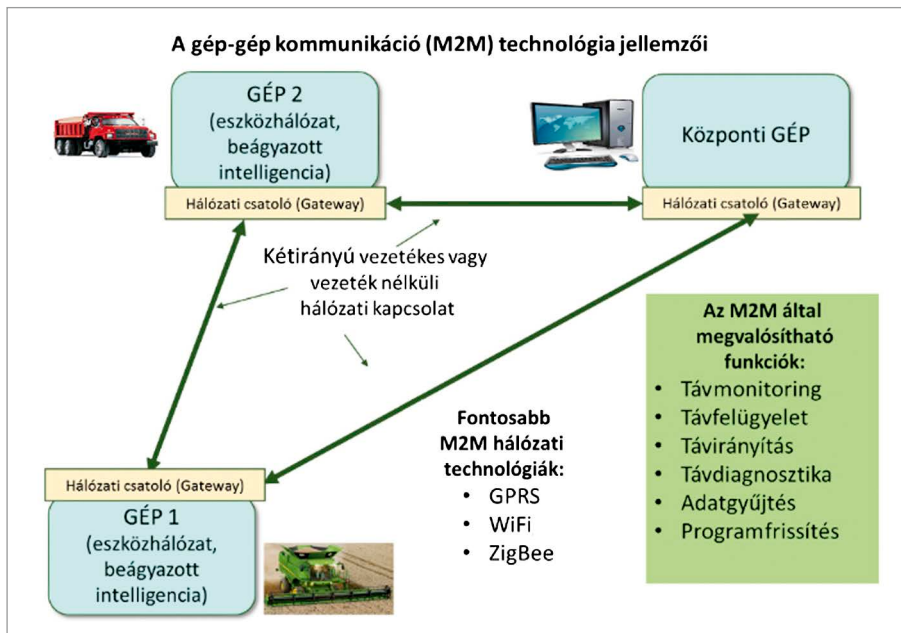


5. ábra A műszaki diagnosztikát szolgáló rendszerek hálózati együttműködése



6. ábra A géphasználati folyamat irányítás rendszerének alkotói és informatikai kapcsolódásuk

7. ábra A gép-gép kommunikációtechnológia (M2M) fontosabb jellemzői



kezelőről, a gépről és a munka tárgyáról rendelkezésre álló adatok alapján juttat el információkat a megvalósító folyamatot végző személyhez.

Mára elterjedt információ- és kommunikációtechnológiai megoldás a gép-gép kommunikációs kapcsolat (M2M Machine to Machine). A beágyazott intelligenciával és külső hálózaton keresztüli kommunikációs képességgel rendelkező gépek jelentős előrelépést hoztak a rendszerüzemeltetésben. Az M2M technológia legfontosabb jellemzőit a 7. ábra foglalja össze. A mobil gépek esetében az összeköttetést a mobil telefonhálózat adatkommunikációs szolgáltatása, a GPRS biztosítja. Az M2M a gépüzemeltetési rendszer hatékonyabb irányításához nagymértékben hozzájárul.

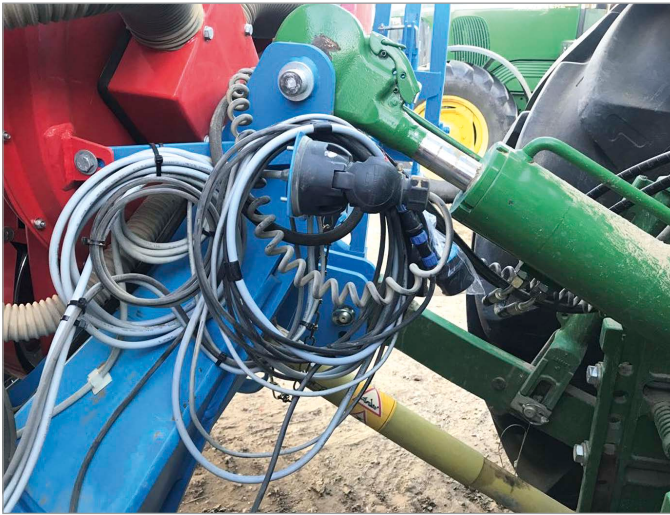
Szakaszvezérlés megvalósítása hagyományos munkagépen

Az informatika a mezőgazdaságban is rohamos léptekben fejlődött az elmúlt évtizedben. Ma a precíziós mezőgazdaság kifejezés gyűjti össze az agráriumban alkalmazható modern technológiákat. A precíziós gazdálkodás két fontos műszaki alappillére:

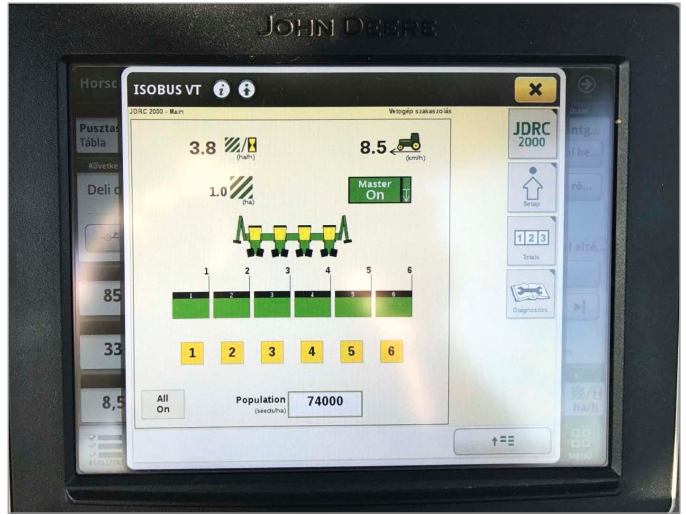
- nagy pontosságú helymeghatározás (GNSS, RTK),
- ISOBUS-rendszeren keresztül a traktor és a munkagép informatikai rendszere szabványos felületen tud egymással kommunikálni.

A fenti infokommunikációs technológiák adják a precíziós gépműködtetés alapjait. A mezőgazdaságban alkalmazott precíziós technológiák a növénytermesztésben hely-, míg az állattartásban egyedspecifikus beavatkozást jelentenek. A precíziós gépkezelés egyik kulcsfontosságú és jelentős megtakarítást eredményező megoldása a szakaszvezérlés. Szakaszvezérlés esetén a munkaszélesség szakaszokra van osztva. A traktor a már megművelt területeket és a táblahatárokat figyelembe véve irányítja a munkagép működési szakaszait. Például 6 soros vetőgép esetén adott munkahelyzetben nem mind a 6 sort kapcsolja ki, hanem csak a feleslegessé vált 1-2 sort. Így elkerülhetővé válik az átfedés, de a maradék hasznos területekre kijutnak a magok. Ehhez szükség van a gépcsoport nagy pontosságú helymeghatározására (ez ma Magyarországon 2,5 cm-t jelent) és ISOBUS-rendszerű munkagépre.

A technológia fejlődésének egyik akadálya a szükséges géppark beszerzése. A korszerű infokommunikációs rendszerrel felszerelt gépek bekerülési értéke magas, az egyes gépek között kompatibilitási problémák lehetnek. Jellemzően 300 hektárnál



8. ábra A gépkapcsolat kialakítása ISOBUS-csatlakozóval



9. ábra Az ISOBUS-terminálon megjelenik a hagyományos munkagép

nagyobb gazdaságok rendelkeznek olyan anyagi lehetőségekkel, hogy ezek a beruházások reálisan felmerüljenek. Másik probléma a kisebb gazdaságokkal, hogy apró, szabálytalan alakú táblákon sokkal több a munkamenetek közötti átfedés, amely főleg a lapos szögű oldalalak művelésénél, illetve az utolsó sornál jelentkezik. Kis táblák esetén ezek a helyzetek sűrűbben előfordulnak, mint nagyüzemi körülmények között.

Anyag és módszer

A precíziós gépkezelés területén végzett kutatómunkánkban azt vizsgáltuk, hogyan építhető ki egy korszerűtlennek tekinthető munkagépen utólagosan ISOBUS-hálózat, és hogyan illeszthető az egy korszerű, mikrokontroller-hálózattal ellátott traktorhoz, amelynek eredményeként olyan aggregátot kapunk, amely precíziós szántóföldi működés megvalósítására képes.

A szakaszvezérlés kialakításához a kísérleteinket egy John Deere 6R sorozatú traktort alkalmaztunk, amely technikailag megfelel a kísérleti erőgép-munkagép rendszer (mezőgazdasági aggregát) létrehozására. A szakaszvezérlést a John Deere Rate Controller 2000 vezérlő beépítése valósítja meg, melyet a traktor ISOBUS-csatlakozón keresztül ér el. A hagyományos vetőgép szakaszai elektronikus vezérelhetők. A Rate Controller látja el azt a feladatot, hogy az ISOBUS-on érkező utasítások alapján a szakaszokat ki-be kapcsolja. A traktor képes azonosítani a vetőgépet, és ismeri annak paramétereit (típus, szakaszok darabszáma, fizikai méretek).

Az 8. ábra a traktor ISOBUS-csatlakozóját mutatja (jobb oldal), melyhez kapcsolódik a „felokosított” munkagép csatlakozója. A csatlakozón keresztül a traktor és a munkagép vezérlő számítógépe közvetlen adatkapcsolatban van. A traktoron lévő vezérlő

az aktuális földrajzi koordináták alapján tud utasításokat küldeni a szakaszok be- vagy kikapcsolására. A Rate Controller 2000 jelenlegi bekötése mellett az információ áramlása egyirányú, a traktor küld parancsokat a munkagépnek.

A 9. ábra a traktor virtuális termináljának képét mutatja. A vezérlő ismeri a gép paramétereit, melyeket megoszt az ISOBUS-csatlakozón keresztül. A képen jól látható, hogy a JDRC2000 nevű vezérlő 6 szakaszt, sort tud vezérelni. Szintén látható a kijuttatási magszám. Jelenleg ezt nem tudja a vezérlő állítani, az adatok a dokumentációba kerülnek.

A vezérlőt csatlakoztatni kell az ISOBUS-hálózathoz. Az ISOBUS a CAN-hálózat változata, a tápfeszültséget biztosító vezeték mellett 2 darab jelvezeték és a földelés található. A vezérlőt egyesével kell bekötni a szakaszokhoz. Cikkünkben egy 6 soros vetőgép szerepel, de a vezérlő ennél több szakaszt is tud kezelni. A vezérlő csak ki-be kapcsolásra képes, változó mennyiségű kijuttatáshoz nem megfelelő. Szakaszvezérlést több munkafolyamathoz is meg tud valósítani (p. vegyszer kijuttatása vetés közben).

A 10. ábra a Rate Controller csatlakozóját mutatja. Ez egyrészt tartalmazza az ISOBUS-csatlakozóhoz menő jelvezetéseket, valamint az egyes szakaszokhoz menő vezérlő kimeneteket. A bekötés a Rate Controller dokumentációja, és mérések alapján valósult meg. Bekötés után a traktor érzékeli a munkagépet, a munkagép szakaszait. A traktor az ISOBUS-csatlakozón keresztül a rögzített művelési adatok felhasználásával képes a szakaszok vezérlésére, ezzel csökkentve az átfedést, input anyag felhasználást.

Eredmények és értékelésük

A 6 soros vetőgép szakaszvezérlés nélkül mindig több vetőmagot használt

fel, mint amennyi a terület és a magszám szorzata alapján szükséges lenne. A több vetőmag nem jelentett többletterményt. Külön munkaráfördítást jelent az átfedések megszüntetése annak érdekében, hogy a növények a növekedésükhöz ideális területtel rendelkezzenek. Szakaszvezérlés megvalósítása után pontosan a szükséges vetőmagmennyiség juttatható ki, amely a terület és a magszám szorzata alapján megállapítható. Ezzel inputanyag-megtakarítás érhető el.

Szakaszvezérlés nélkül a szükségesnél több mag kerül elvetésre, ami sűrűbb növényzetet eredményez. Ha a növényeket bent hagyjuk, akkor egymástól veszik el a tápanyagot, tehát több magból kevesebb termés állítható elő. Ha a felesleges növényeket eltávolítjuk, az pluszmunkát jelent, tehát a nagyobb inputanyag-felhasználás mellett felesleges munkaerő- és energiabefektetéssel kell számolnunk.

A 11. ábra szemlélteti a szakaszvezérlést a gyakorlatban. A képen középen látható a traktor a munkagéppel. Rózsaszín folyamatos vonal jelzi az előre felvett táblahatárt. Kék festés mutatja, hogy már merre járt a gép. Jól láthatók a munkagép mögött a kis apró átfedések, amik most már csak sor szinten jelentkezők. Amint a teljes sor átfedésre kerülne a vezérlő lekapcsolja az adott sort. Az ábra alsó állapotosorában látható, hogy a traktor az alábbi rendszereket használja:

- dokumentáció,
- automata kormányzás,
- fordulóautomatika,
- szakaszvezérlés.

A szakaszvezérlés mellett a precíziós mezőgazdaság nagy előnye a változó mennyiségű kijuttatás lehetősége. Egy előre megadott lefedési térkép alapján a vezér-



10. ábra A Rate Controller csatlakozója



11. ábra Szakaszevezérlés munka közben

lés mindig a pontos koordinátaához tartozó mennyiséget vezérli ki. A szakaszevezérléshez elegendő a táblahatárt megadni. Az elvégzett munka (lefedett területek) és a határ alapján kerülnek lekapcsolásra a felesleges sorok. A változó mennyiségű kijuttatáshoz ezeken felül még egy lefedési térképre is szükség van.

Vezérlés oldalon a traktor rendelkezik ezzel a képességgel is, azonban a vetőgép jelenleg nem. Ehhez olyan vetőgépre van szükség, amelyen a kijuttatott mennyiséget is elektronikusan lehet állítani. Jelenleg a megadott magszám csupán dokumentációs célokat szolgál. Az elvégzett munka a megadott megszámmal lesz rögzítve, azonban ez nem feltétlenül azonos a vetőgépen beállított magszámmal.

A bemutatott vezérlőrendszer segítségével hagyományos vetőgépet kis költséggel lehet bevonni a precíziós gazdálkodásba. Szakaszevezérlés felhasználásával kevesebb

munka- és inputanyag-felhasználással érhető el ugyanaz a terménymennyiség, -mennyiség.

Summary

The technical development of agriculture in the field of crop production today concerns two main areas: on the one hand, to facilitate the increase of production volume in increasingly hectic environmental conditions by developing more powerful power and working machines, and on the other hand, to create a more efficient production structure and the creation of machines and technical equipment to fit into it by adapting the results of digitalisation, which covers all areas of life. Productively, the design alternatives often converge. The growth of machines is limited by their physical dimensions. The use of information and communication technology is thus becoming an increasingly decisive factor in the development of technical systems.

Modern agricultural machines are complex mechatronic systems consisting of mechanical, electronic and IT units. In the case of investment in new machinery, integration into precision technology can be well planned. For agricultural machinery of a previous technical standard, the possibility of upgrading by conversion, combining technically proven design principles with innovative functional solutions, is a topical issue.

Lektorálta: Dr. Tóth László prof. emeritus

Források

- [1] Z. Bártfai – Z. Blahunka – I. Bognár (2018): Implementing section control system for traditional seeders, IV. Országos tritikálé nap: „fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása”, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, ISBN 978-963-269-807-6 (on-line)
- [2] N. Göncz – A. Lágymányosi – I. Szabó – T. Tímár (2018): Establishing isobus network on a traditional tractor with the purpose of controlling precision machinery, IV. Országos tritikálé nap: „fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása”, Szent István Egyetemi Kiadó, ISBN 978-963-269-807-6 (on-line)
- [3] Bártfai Z. – Blahunka Z. – Bognár I. – Faust D. (2018): Robotok a mezőgazdaságban, Mezőgazdasági Technika (0026-1890): 59 10 pp 2-7
- [4] Z. Bártfai – Z. Blahunka – L. Kátai – I. Szabó (2019): Synergy of robotics and ict in the smart farming, Hungarian Agricultural Engineering (0864-7410 2415-9751): 36 pp 22-28
- [5] Bognár I. – Bártfai Z. – Blahunka Z. (2019): Synergy between traditional implement and precision agriculture, SYNERGY – Engineering, Agriculture and Green Industry Innovation, ABSTRACTS, ISBN: 978-963-269-854-0, Gödöllő, Szent István Egyetem Gépipszmérnöki Kar, p. 85. 1 p.

12. ábra Szakaszevezérlés eredménye

