

A gabona betakarítás és szállítás szimulációs modellje

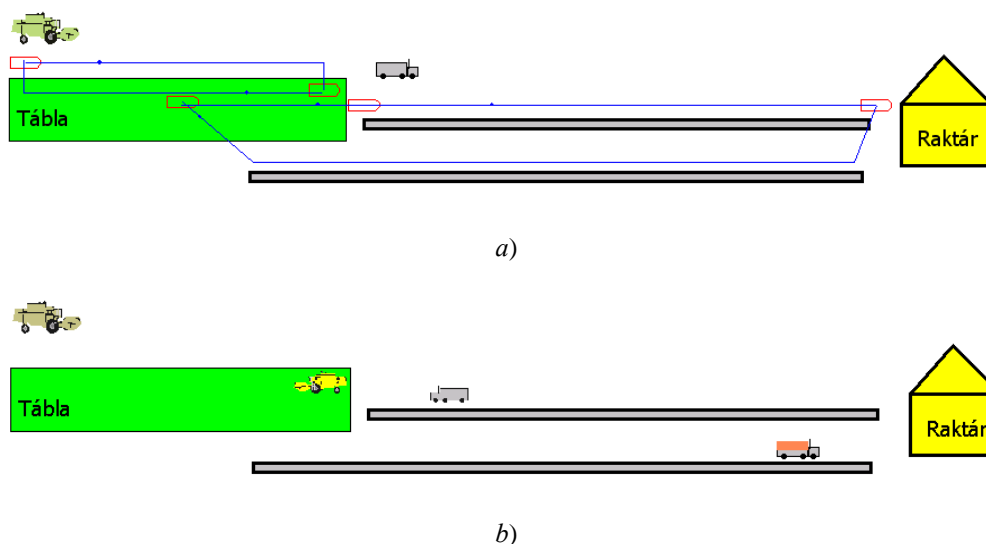
2. rész

Dr. Benkő János, egyetemi tanár
SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet

A tanulmány első részében bemutattuk a gabona betakarítást és szállítás szimulációs modelljét, illetve a modell szegmenseit, amely akár a szimuláció motorjának is tekinthető. A fejlesztésnek ezt a részét **strukturális modellezésnek** nevezzük, hiszen ez alapozza és valósítja meg azt az alapvető logikát, amit a modellezéssel el akarunk érni. Amíg a motor működéséhez hajtóanyagra van szükség, addig a modell működése inputadatokat igényel. A modell hajtóanyag ellátását úgy biztosítjuk, hogy megadjuk a vizsgált konfigurációhoz tartozó inputadatokat. Tesszük ezt azért, hogy a futás (működés) végén megjelenjenek az outputadatok, az eredmények. Megismételve ezt az eljárást a rendszer különböző konfigurációira és működési politikáira, az eredmények összevetése után kiválaszthatjuk a legígéretesebb változatot vagy változatokat. Az ilyen változtatások hatásainak vizsgálatát **kvantitatív modellezésnek** nevezzük, amely legalább annyira fontos, mint a strukturális modellezés. Kevésbé fontos, de hasznos eleme a szimulációnak a vizuális hatást növelő animáció. Az animáció haszna egyebek mellett, hogy a laikusok számára is látványossá teszi a folyamatfejlesztési elképzeléseket.

A betakarítási folyamat animációja

A gabona betakarítási modell utolsó, kiegészítő eleme a **betakarítógép mozgása** nevű szegmens, amely a betakarítógép animációs mozgását modellezi. (A szegmens részletes bemutatásától eltekintettünk.) Erre a szegmensre csak azért van szükség, hogy a modellben az erőforrásként definiált aratócséplőgép mozgását animálni lehessen a szimulációban. A probléma forrása, hogy az aratócséplőgép egy mozgó erőforrás, és az Arena közvetlen nem támogatja az erőforrások mozgását.



2/1. ábra: A betakarítási folyamat animációjának terve (a) és pillanatfelvétele (b) a futás alatt

Az animációhoz először az entitásszerkesztő eszköztárban rendelkezésre álló eszközök segítségével megszerkesztettük a betakarítógépet és a járműveket szimbolizáló képeket, és ezeket hozzárendeltük a betakarítógép, illetve a járműentitáshoz, majd az entitás transzfer eszközökkel kijelöltük a szállítójárművek és a gabonakombájn útvonalait (2/1/a ábra). Az elmondottak szerint szerkesztett animáció egy pillanatfelvétele a 2/1/b. ábrán látható.

A modell változói és statisztikái

A kvantitatív modellezés egyik alapvető kérdése, hogy az input mennyiségeket determinisztikus, vagy valamilyen valószínűségi eloszlást követő random változóként definiáljuk. Az esetek többségében egyértelműen eldönthető, hogy valami determinisztikus-e vagy sem, pl. vágóasztal szélessége, a magtartály kapacitása. Más esetekben azonban nem ilyen egyszerű a döntés, pl. a termésmennyiség, vagy a szállítójárművek haladási sebessége. A modellben ezért a bemeneti változók egy részét random változóként is megadhatjuk.

Adatfájl: Eredeti Arena adatok

Az aratócséplőgép adatai	A tábla adatai	A szállítás adatai
Áteresztőképesség (kg/s) <input type="text" value="18.7"/>	Termésátlag (t/ha) <input type="text" value="7"/>	Szállítójármű sebesség közúton (km/h) <input type="text" value="50"/>
Vágószerkezet típusa <input type="text" value="Vágóasztal"/>	Tábla hossza (m) <input type="text" value="500"/>	Szállítójármű sebesség táblán (km/h) <input type="text" value="10"/>
Vágóasztal szélesség (m) <input type="text" value="7.6"/>	Főtermék/melléktermék arány <input type="text" value="1.28"/>	Szállítójármű kapacitás (t) <input type="text" value="12"/>
Sortávolság (cm) <input type="text" value="45"/>		Szállítójármű üritési idő (min) <input type="text" value="3"/>
Sorok száma <input type="text" value="6"/>		Szállítójárművek száma <input type="text" value="4"/>
Magtartály kapacitása (t) <input type="text" value="8"/>		Tábla-raktár távolság (km) <input type="text" value="30"/>
Üritési kapacitása (t/min) <input type="text" value="4"/>		
Üritési mód <input type="text" value="Menetközben"/>		
Fordulási idő a tábla végén (min) <input type="text" value="2"/>		

2/2. ábra: A modell input adatainak bevitelére szolgáló űrlap

A modellben a betakarítógéphez, a táblához és a járművekhez tartozó inputváltozókat (bemeneteket) a tanulmány első részében, az 1/2. táblázatban foglaltuk össze. Ezek az adatok a modell indítása után a 2/2. ábrán látható űrlapon adhatók és jeleníthetők meg. Az űrlapon lehetőség van az inputadatok bevitelére, karbantartására és mentésére is.

Az inputadatok változtatásával különböző működési feltételekre vonatkozó eredményeket nyerhetünk. Például vizsgálhatjuk, hogy a szállítójárművek számának növelése vagy csökkentése, hogyan hat a gabonakombájn teljes munkaidőre vonatkoztatott tömegteljesítményére, területteljesítményére vagy teljesítmény kihasználási tényezőjére, illetve a szállítójárművek teljesítmény kihasználási tényezőjére. Elemezhetjük, miként hat a tábla hosszúsága, az álló helyzetben történő vagy a menet közbeni magtartály ürités, a termésmennyiség változékonysága, stb. a kihasználási időkre.

A betakarítógépek munkaidő kihasználását lényegesen befolyásolják az állásidők, amelyek egy része a meghibásodások okozta időkiesésre vezethető vissza. Ezek elemzése érdekében a modellben változtatható a meghibásodások előfordulási gyakorisága és a hibaelhárítás időtartama is.

A tanulmány első részében, a modell logika felépítésekor definiált output és az egyéb célokat szolgáló számított változók egyrészt az aratócséplőgép és a szállítójárművek mozgását (sebesség, idő, út), teljesítményét (betakarított, üritett, vagy szállított mennyiségek), másrészt az erőforrások működését jellemző események (működés, ürités, fordulás, várakozás, stb.) időtartamait reprezentáló adatok.

A modell **Statistic** adatmoduljában háromféle (*Time-Persistent*, *Frequency* és *Output*), összesen 23 db saját statisztikát definiáltunk (2/3. ábra). Ezek a statisztikák a modellezés célkitűzésekor megfogalmazott kérdésekre adnak válaszokat. Az időben folytonos, *Time-Persistent* típusú statisztikák: a „Betakaritogep atlagsebesseg a produktiv idore km per ora”, „Betakari-

topeg atlagos gepterheles az alapidore kg per sec”, „Szallitojarmu atlagsebesseg km per ora”, „Szallitojarmu atlagos varakozasi ido ora”, „Betakaritogep atlagos varakozasi ido sec”, „Betakaritogep atlagsebesseg az alapidore km per ora”, „Szallitojarmu fordulasi ido ora”. E statisztikák kimenetei 95%-os megbízhatósági szinten tartalmazzák a modell futása alatt megfigyelt átlagos, a minimális és maximális értékeket.

Statistic - Advanced Process						
	Name	Type	Expression	Report Label	Frequency Type	Resource Name
1	Betakaritogep tometteljesitmeny tonna per ora	Output	Betakaritott mennyiség/TFIN	Betakaritogep tometteljesitmeny tonna per ora	Value	
2	Betakaritogep teruletjeljesitmeny ha per ora	Output	Osszes ut * B /10 / TFIN	Betakaritogep teruletjeljesitmeny ha per ora	Value	
3	Betakaritott mennyiség tonna	Output	Osszes ut * B /10 * Hozam	Betakaritott mennyiség tonna	Value	
4	Betakaritogep osszes munkaido ora	Output	TFIN	Betakaritogep osszes munkaido ora	Value	
5	Betakaritott terület ha	Output	Osszes ut * B /10	Betakaritott terület ha	Value	
6	Betakaritogep osszes ut km	Output	Osszes ut	Betakaritogep osszes ut km	Value	
7	Betakaritogep alapido ora	Output	Osszes mukodesi ido	Betakaritogep alapido ora	Value	
8	Szallitojarmu fordulok szama	Output	Jarmurakomanyok szama	Szallitojarmu fordulok szama	Value	
9	Betakaritogep osszes fordulasi ido ora	Output	Osszes fordulasi ido/60	Betakaritogep osszes fordulasi ido ora	Value	
10	Betakaritogep osszes irtesi ido jarmure ora	Output	Osszes irtesi ido jarmure / 60	Betakaritogep osszes irtesi ido jarmure ora	Value	
11	Betakaritogep osszes irtes jarmure tonna	Output	Osszes irtes jarmure	Betakaritogep osszes irtes jarmure tonna	Value	
12	Betakaritogep allapotai	Frequency		Betakaritogep allapotai	State	Kombajn
13	Szallitojarmu osszes elszallított mennyiség tonna	Output	Elszallított mennyiség	Szallitojarmu osszes elszallított mennyiség tonna	Value	
14	Betakaritogep produktív ido ora	Output	Produktív ido	Betakaritogep produktív ido ora	Value	
15	Betakaritogep osszes varakozasi ido ora	Output	Osszes varakozasi ido	Betakaritogep osszes varakozasi ido ora	Value	
16	Betakaritogep teljesitmeny kiharozalasi tenyezo a teljes	Output	Betakaritott mennyiség * (1+Mellektermek per Foternek) /TFIN / 3.6 / Ateresztokepesseg	Betakaritogep teljesitmeny kiharozalasi tenyezo a teljes	Value	
17	Betakaritogep fordulok szama	Output	Fordulo	Betakaritogep fordulok szama	Value	
18	Betakaritogep atlagsebesseg a produktiv idore km per ora	Time-Persistent	Atlagsebeseg	Betakaritogep atlagsebesseg a produktiv idore km per ora	Value	
19	Betakaritogep atlagos gepterheles az alapidore kg per sec	Time-Persistent	Gepterheles/3.6	Betakaritogep atlagos gepterheles az alapidore kg per sec	Value	
20	Szallitojarmu atlagsebesseg km per ora	Time-Persistent	Jarmu atlagsebesseg	Szallitojarmu atlagsebesseg km per ora	Value	
21	Szallitojarmu produktív ido ora per jarmu	Output	Jarmu produktív ido/MR(Jarmu)	Szallitojarmu produktív ido ora per jarmu	Value	
22	Szallitojarmu atlagos varakozasi ido ora	Time-Persistent	J_varakozas	Szallitojarmu atlagos varakozasi ido ora	Value	
23	Szallitojarmu osszes varakozasi ido ora per jarmu	Output	Osszes J_varakozas/MR(Jarmu)	Szallitojarmu osszes varakozasi ido ora per jarmu	Value	

2/3. ábra: A modell statisztikái

A modul *Frequency* (gyakorisági) típusú statisztikái („*Betakaritogep allapotai*” és a „*Szallitojarmu allapotai*” nevű statisztikák) a betakarítási és a szállítási folyamatok állapotainak a valószínűségét mérik. A betakarítógépnél gyakorlatilag a „*Mukodik*” (*Busy*), a „*Varakozik*” (*Idle*), a „*Fordul*” és az „*Urit*” állapotok gyakoriságát. A szállítójármű lehetséges állapotai: „*Szallit*”, „*Uresen_mozog*”, „*Rakodik*”, „*Varakozik*”.

Az *Output* (kimeneti) típusú statisztikák a betakarítógép és a szállítójárművek teljesítményét, mozgását, a működés időelemeit (működik, fordul, ürít, várakozik, stb.) jellemző adatok, amelyek jelentésére vagy tartalmára a megnevezésükből következtethetünk (2/3. ábra).

A szimuláció kimenetei

A 24 óra hosszúságú szimulációs futás felhasználó által definiált statisztikáit a 2/4., 2/5. és 2/6. ábrák szemléltetik. Az egymenetes gabona betakarítás modelljének működését jellemző eredményekből hasznos, a gyakorlat szempontjából fontos következtetések vonhatók le.

Az ún. *Time Persistent* szekcióban (2/4. ábra) a „*Betakaritogep atlagos gepterheles az alapidore kg per sec*” átlagos értéke 18,7 kg/s, ami értelemszerűen megegyezik a John Deere 9780 CTS típusú aratócséplőgépj átérésztokepessegével, mivel a modellben az állandó gépterhelést a haladási sebesség változtatása biztosítja. Az alapidőre (7,1 km/h) és a produktív időre

(4,54 km/h) számított átlagsebességeket összehasonlítva következtethetünk a cséplőszerkezet működését blokkoló események (megtartály telítődés, fordulás, meghibásodás, ürítés, stb.) időtartamára. A szekció további adatai a szállítójárművek átlagos várakozási idejéről, átlagsebességéről és fordulási idejéről közölnek információkat.

15:46:14

Category Overview

május 2, 2013

Gabonakombájn állandó terheléssel

Replications: 1 Time Units: Hours

User Specified

Time Persistent

Time Persistent	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Betakaritogep atlagos gepterheles az alapidore kg per sec	18.7000	(Insufficient)	0.00	18.7000
Betakaritogep atlagos varakozasi ido sec	0.2597	(Insufficient)	0.00	522.62
Betakaritogep atlagsebesség a produktiv idore km per ora	4.5382	(Insufficient)	0.00	4.8209
Betakaritogep atlagsebesség az alapidore km per ora	7.1041	(Insufficient)	0.00	7.1041
Szallitójarmu atlagos varakozasi ido ora	0.05512396	(Insufficient)	0.00	1.2102
Szallitójarmu atlagsebesség km per ora	36.8132	(Insufficient)	0.00	48.8595
Szallitójarmu fordulasi ido ora	1.4854	(Insufficient)	0.00	2.1641

2/4. ábra: A modell *Time Persistent* statisztikái

Az *Output* szekcióban (2/5. ábra) az aratócséplőgép és a szállítójárművek működésére vonatkozó időelemek jelennek meg. A „Betakaritogep osszes munkaido ora” megegyezik a szimulációs idővel (24 óra). Az összes munkaidőhöz viszonyítva az alapidő 61,58 %, a produktív idő 90,75 %. Az előbbi lényegesen jobb érték az 1. táblázatban közölt, méréssel meghatározott eredménynél. A szimulációval számított alapidő kedvezőbb alakulása az állandó dobterhelésnek, illetve a sebességszabályozásnak köszönhető. Az input adatok által meghatározott feltételek (termésátlag, táblahosszúság, stb.) esetén a betakarítógép teljes munkaidőre számított kihasználási tényezője 61,66%, területteljesítménye 3,33 ha/h, tömegteljesítménye 23,3 t/h, összes várakozási ideje 2,2 h. A riportban információk található az alapidő alatt végzett, a munka folyamatosságát biztosító melléktevékenységek mennyiségéről és ezek időtartamáról, például a fordulások számáról, az összes fordulási időről, az ürítések számáról és az összes ürítési időről.

Az *Output* szekció második felében olvasható adatok a szállítójárművek működéséről adnak képet, a fordulók számáról, az összes elszállított gabona mennyiségről, az egy járműre eső rakott menetidőről, rakott útról, a várakozási időről, és a járművek produktív idejéről.

A *Frequencies* (gyakorisági) statisztikák (2/6. ábra) a betakarítógép fordul, működik és várakozik állapotairól, a megfigyelések számáról és az állapotok átlagos időtartamáról, valamint ezek egymáshoz viszonyított arányáról tájékoztatnak. Hasonló statisztikákat olvashatunk a szállítójárművekről, amelyek lehetséges állapotai: szállít, üresen mozog, ürít és várakozik.

Egy szimulációs futáshoz tartozó eredmények önmagukban is értékelhetőek és hasznos információkat tartalmaznak. További lehetőséggel kecsegtet azonban, a különböző input adatokhoz tartozó futások eredményeinek az összehasonlítása.

Output

Output	Value
Betakarítógép alapido ora	14.7802
Betakarítógép fordulok száma	210.00
Betakarítógép összes fordulási idő ora	7.0000
Betakarítógép összes munkaidő ora	24.0000
Betakarítógép összes írtes járműre tonna	552.00
Betakarítógép összes írtesi idő járműre ora	2.3000
Betakarítógép összes út km	105.00
Betakarítógép összes várakozási idő ora	2.2015
Betakarítógép produktív idő ora	21.7802
Betakarítógép teljesítmény kihasználási tényező a teljes munkaidőben	0.6166
Betakarítógép termelési idő ora	23.9818
Betakarítógép területteljesítmény ha per ora	3.3250
Betakarítógép tonneteljesítmény tonna per ora	23.3033
Betakarítógép írtések száma	92.0000
Betakarított mennyiség tonna	558.60
Betakarított terület ha	79.8000
Szállítójármű fordulok száma	46.0000
Szállítójármű összes elszállított mennyiség tonna	552.00
Szállítójármű összes rakott mennyiség ora per jármű	9.2000
Szállítójármű összes rakott út km per jármű	463.74
Szállítójármű összes úres mennyiség ora per jármű	8.9744
Szállítójármű összes úres út km per jármű	433.74
Szállítójármű összes várakozási idő ora per jármű	0.7948
Szállítójármű produktív idő ora per jármű	23.4810

2/5. ábra: A modell *Output* statisztikái

15:49:00

Frequencies

május 02, 2013

Gabonakombájn állandó terheléssel

Replications: 1

Replication 1

Start Time: 0,00 Stop Time: 24,00 Time Units: Hours

Betakarítógép állapotai	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
Fordul	210	0.03303484	28.91	28,91
Mukodik	251	0.05920784	61.92	61,92
Varakozik	40	0.05503791	9.17	9,17
Szállítójármű állapotai	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
Szállít	54	0.0968	21.77	21,77
Úresen_mozog	54	0.0926	20.84	20,84
Úrit	45	0.04849701	9.09	9,09
Varakozik	47	0.2466	48.29	48,29

2/6. ábra: A modell *Frequencies* statisztikái

Például, ha szeretnénk meghatározni egy adott betakarítási szituációhoz (terméshozam, táblaméret, járműkapacitás, szállítási távolság, stb.) az optimális járműszámot, akkor nem kell

mást tenni, mint különböző járműszámokkal futtatni a modellt, majd a betakarítógépre és a szállítójárművekre kapott statisztikákat összehasonlítani. Világos, hogy a járműszám növelés javítja a betakarítógép kihasználását, a járműveket pedig rontja. A járműszám csökkentés hatása pedig fordított előjelű. Ezek a tendenciák könnyen beláthatók, amit azonban nem tudunk ilyen egyszerű gondolatmenettel megválaszolni, az a változások nagysága. Ezeket a választásokat a szimuláció számszerű eredményeiből tudjuk kiolvasni. A futási eredmények ismeretében, kompromisszumot kötve, egyszerűen dönthetünk a járművek optimális számáról. A teljesség igénye nélkül elmondható, hogy a modell alkalmas a táblaméret, a vágóasztal szélesség, magtartály kapacitás, a járműkapacitás, stb. optimumának a meghatározása is.

Irodalom:

1. Arena Professional Reference Guide, Rockwell Software Inc., 2000.
2. Benkő J.: A termény betakarítás és szállítás modellezése az Arena szimulátorral. Logisztikai évkönyv 2006 (Szerk.: Szegedi Z.), Magyar Logisztikai Egyesület, Budapest, 2006. 125-133 p.
3. Benkő J.: Logisztikai folyamatok szimulációja. LOKA, Gödöllő, 2012.
4. Benkő J.: Mezőgazdasági betakarítási folyamatok szimulációja. Mezőgazdasági Technika, LIV. évf., 2013. július, 2-5 p.
5. Jován D.-Soós P.-Sörös I.: Arató-cséplő gépek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1980.
6. Kelton, W. D., R. P. Sadowski, and D. T. Sturrock.: Simulation with Arena. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
7. Komlódi I.: John Deere 9780 CTS arató-cséplő gép. Mezőgazdasági gépvizsgálati értesítő, FVM Műszaki Intézet, Teszt Nr. 71/2001, Gödöllő, 2001.

Summary

Modelling of the harvesting machines playing an important role in the agricultural production processes is not supported by simulation languages with high-level, special modules. The reason of this, that the harvesting machines are mobile resources, because of this they work totally differently from the resources of the industrial production. This study using Arena product of Rockwell Software and presents the construction of model logic that simulates the activities of the combine harvester and the attached transport vehicles, shows its function and the expected outputs of the simulation running.