

Modellezési lehetőségek logisztikai anyagáramlási rendszerek energetikai szempontjainak figyelembe vételével

Bohács Gábor, Gáspár Dániel, Győrvári Zsolt

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3., (e-mail:
gabor.bohacs@logisztika.bme.hu).

Absztrakt: A jól működő belső logisztikai rendszerek a korszerű ipari termelésnek elengedhetetlen részét képezik. Ezek anyagáramlási folyamatai nagy termelőüzem esetén igen bonyolultak is lehetnek, irányításuk komplex feladat. Az üzem alaptevékenységének biztosításához kiemelten fontos az anyagmozgatási folyamatok határideinek tartása, viszont a rendszer hosszú távú energiamérlege hasonló fontossággal bír. Ez a cikk a rövid és hosszú távú aspektusokat kívánja egyesíteni egyetlen irányítási struktúrában az anyagáramlási rendszerek két jellegzetes példáján keresztül.

1. BEVEZETÉS

A logisztikai anyagáramlási rendszerek az ipari termelés elengedhetetlen, kulcsfontosságú folyamatait jelentik. Az Ipar 4.0 megoldások bevezetésével egyre nagyobb és komplexebb rendszerek jelennek meg, melyek az eddigiekhez képest új kihívásokat jelentenek (Bohács és tsai., 2018). Mivel itt az egyik fontos kihívást a termelési program állandó és gyors változása jelenti ez az anyagáramlási rendszerek irányítása számára is nagyobb követelményeket állít, hiszen a változó igények összetettebb, erősebben változó anyagáramlási folyamatokban jelennek meg.

Olyan irányításra van tehát szükség, mely az ingadozások ellenére gyorsan és hatékonyan képes az igényeknek megfelelni. Ez első közelítésben nagy kapacitású rendszereket jelent, vagyis nagy mennyiségű árut gyorsan képes a különböző anyagáramlási viszonylatokban továbbítani. Ez azonban azzal a hátránnyal járhat, hogy a beépítésre kerülő megoldás túlméretezett, nagy energiaigényű rendszer lesz. Hosszú távon azonban a rendszerek energiaigényét egyre inkább csökkenteni kell, a világ környezetvédelmi és a vállalat gazdasági fenntarthatóságából megfogalmazott igényeknek megfelelően.

A fenti ellentmondás látszólag feloldhatatlan, viszont ha arra gondolunk, hogy egy komplex üzemi belső anyagáramlási rendszerben többféle anyagmozgató eszközzel is eljuthat a rendeltetési helyére, akkor látható a megoldás. A több lehetséges anyagmozgatási folyamat közül vannak olyanok melyek gyorsabb, de nagyobb fajlagos energiaigényű megoldást kínálnak a feladatra, és vannak lassabb energiatakarékosabb megoldások is. Ezeknek a folyamatoknak a megfelelő kombinációjával az időkritikus anyagigényeknek és az alacsony energiafelhasználás igényének egyaránt meg lehet felelni.

Tekintsünk egy példát a fentiekre. Ha egy üzemben olyan vontatótargoncás szerelvényekkel rendelkezünk, melyek a rájuk kapcsolt pótkocsikon szállítják az egységrakományokat (lásd 1. ábra) akkor ezzel a megoldással alacsony fajlagos energiaigény érhető el ahhoz képest, mintha csak a vontató saját rakfelületét használnánk. Ebben az esetben az anyag jóval gyorsabban de nagyobb fajlagos (egy egységrakomány egy méterre vetített) energiaigénnyel jutna el a rendeltetési helyére.



1. ábra. Vontatótargonca alkalmazása üzemi belső anyagmozgatási feladatokra (Rother, 2011)

Egy ilyen rendszerben a már korábban leírt kettős megfelelés csak megfelelő anyagmozgató rendszer irányítással oldható meg.

A fent leírt problémán kívül vannak az anyagáramlási rendszerekben más energia aspektusú problémák is. Itt említjük meg az akkumulátoros anyagmozgató gépek (jellemzően targoncák, vezető nélküli targoncák) üzemeltetésének jellemző problémáját, azaz, hogyan őrizhető meg hosszú távon a gépek akkumulátorának töltöttsége az Ipar 4.0 rendszerek változó anyagmozgatási igényei mellett.

Cikkünk a fenti problémákra fókuszálva, olyan elméleti modelleket alapoz meg és mutat be példákon keresztül, melyek választ adnak az anyagáramlási rendszerek energetikai problémáira.

Ez a cikk az MTA SZTAKI és a BME közös konzorciumban végzett INEXT (Kutatások az ipari digitalizáció által nyújtott potenciál minőségi kiaknázására) kutatási projektjének része. Maga a projekt a matematikai és mesterséges intelligencia módszerek felfedező jellegű kutatását, valamint az eredményeknek a robotikában, a gyártó és logisztikai rendszerek tervezésében és irányításában, illetve az energetikai rendszerek menedzselésében való alkalmazását célozza meg.

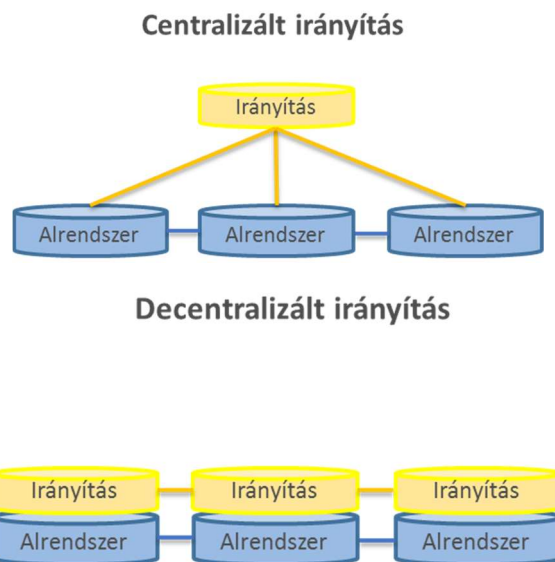
2. CENTRALIZÁLT ÉS DECENTRALIZÁLT ANYAGÁRAMLÁSI RENDSZER IRÁNYÍTÁS

Az anyagáramlási rendszerekben a folyamatirányítási kérdések és ezek megoldása a fontossági sorrend magas rangú helyén állnak. Alapvetően két sémát különböztethetünk meg az egyik a centralizált a másik pedig a decentralizált anyagáramlási irányítás. Mindkettő feladata az információáramlás és az anyagáramlás szinkronizálásán keresztül koordinálni az anyagáramot a termelési célok elérése érdekében, a megfelelő anyagnak, megfelelő időben és a megfelelő helyen történő biztosításával a kívánt mennyiségben és minőségben valamint költséggel. Az irányítási struktúrát elsősorban az anyagmozgatási folyamatok típusa és száma határozza meg. A centralizált azaz a központi folyamatirányítás esetén megállapítható, hogy a döntéshez minden információ egy helyen áll rendelkezésre, ezzel szemben a decentralizált, azaz elosztott séma esetén pedig, az információk külön-külön szeparálva képezik irányítási döntések alapját (2. ábra).

A technika fejlődése során első először az automatikus identifikációs technikák megjelenésével a centralizált irányítás irányába haladt az automatizálási világ. Ami azt jelentette, hogy az identifikációs pontokról egy központi adatfeldolgozó helyre a rendszer begyűjtötte az információt, ezt követően döntés született, majd a csomópontok visszakapták azt az eredményt, ami számukra releváns volt. Időben ezt követte az a trend, amikor az anyagáramlási hálózatok mérete növekedésnek indult, de a kiszolgáló kommunikációs hálózatok sebességének korlátossága okán, a centralizált adatfeldolgozás elkezdett áttolódni a végpontokra. Ezt nagyban segítette az RFID technológia rohamos fejlődése is, mivel a munkadarabbal együtt képes volt a rendszer bárhol

kiolvasható és módosítható további információkat küldeni. Így ez azt eredményezte, hogy a decentralizált irányba tolódott az anyagáramlás irányítási folyamat sémája. Ennek a megoldásnak a teljes rendszer áttekinthetőségének hiányában jelentkezett illetve a rendszerszintű optimalizálhatósági lehetőséget is nagyban csökkentette. A következő fejlődési időszakban a kommunikációs hálózatok gyorsulása hozott eredményt, ekkor újra lehetővé vált a központi helyen történt a döntéshozatal. A nagysebességű hálózatok tették lehetővé a kiberfizikai rendszerek és a big data technológiák alkalmazását, mely a digitális iker, illetve a szimuláció alapú anyagáramlás irányítás megjelenéséhez vezetett. Jelenleg ezek jelentik a legkorszerűbb megoldási irányt.

Ezzel párhuzamosan vannak viszont vannak és erősödnek olyan trendek is, melyek a decentralis megoldások irányába hatnak. Ezek alapjául az egyes eszközökbe épített intelligencia szint növelés szolgál. Ide sorolhatók az IOT eszközök növekvő alkalmazása, illetve az ágens alapú technológiák.



2. ábra. Centralizált és decentralizált anyagáramlás irányítás

A fenti két irányítás közül a centralizált rendszerek esetén a szimulációk irányítási szerepe is szóba jöhet. Ezt azért fontos megemlíteni, mivel ez jelenti az egyik legújabb megoldást, illetve az adaptív szimulációk révén az Ipar 4.0 gyorsan változó igényeire is megfelelő választ ad, rekonfigurálódó rendszerek esetén is. A szimulációk anyagáramlás irányítási célú alkalmazására átfogó képet kaphatunk Rahman cikkéből (Rahman, 2013). Itt csak annyit emelnénk ki, hogy a szimulációk lehetővé teszik, hogy az irányítás predikciót végezzen a folyamat jövőbeni alakulására, és ezt figyelembe véve avatkozzon be.

A szimulációk alkalmazása során fontos, hogy a valós rendszert a modell a lehető legjobban megközelítse. Az Ipar 4.0-ban a már említett, gyorsan változó rendszerstruktúrának kell megfelelni, miközben a változtatásokat a modellnek, önállóan, adaptív módon kell végeznie, különben a rendszerjellemzők el fognak térni a szimulációban és a

valóságban. A fenti igényeknek megfelelő adaptív szimulációkat egy korábbi cikkben tekintettük át (Bohács & Rinkács., 2018).

3. JELLEGZETES ENERGETIKAI DÖNTÉSI PROBLÉMÁK LOGISZTIKAI ANYAGÁRAMLÁSI RENDSZEREKBE

Cikkünk fókuszában az anyagáramlási rendszerek modellezésének energetikai aspektusa áll. Egy üzem anyagmozgatási rendszerében az energetika statikus és dinamikus problémaként is jelentkezik.

Statikus szempontból elsőként a logisztikai infrastruktúrát érintő energiahatékony megoldások alkalmazását emeljük ki. Ezek az irányítás szempontjából már adottságok, így ezzel nem foglalkozunk részletesebben csak felsorolás szinten Freis és társai (Freis és tsai., 2016) cikke alapján. A logisztikai rendszer energiahatékony működését infrastruktúra oldalról az alábbi megoldások támogatják:

- Hőszigetelés alkalmazása a gépek fűtési-/hűtési igényének csökkentésére.
- Ablakok és tetővilágítók megfelelő tájolása és kialakítása a mesterséges világítási igény csökkentésére.
- Hővesztiséget minimalizáló rakodórampák kialakítása.
- Természetes szellőzés alkalmazása ahol erre van lehetőség.
- Intelligens, folyamatokkal illetve mozgásérzékeléssel összehangolt világítás.
- Szekcionált, az igényekhez illeszthető fűtés / hűtés.
- Energiatakarékos anyagmozgatási rendszerkomponensek alkalmazása.

Szintén a statikus energetikai döntések közé tartozik a megújuló energiák felhasználása. Ezen a területen példaként az alábbi lehetőségeket emeljük ki:

- Napelemes rendszerek kiépítése az üzem funkcióját nem akadályozó felületeken.
- Hulladékhő újrahasznosító rendszerek kialakítása. A hulladékhő keletkezése általában az üzem alapfunkcióval kapcsolatos, az energia főleg innen származik, de például logisztikai területek fűtésére is felhasználható.

A dinamikus energetikai döntések szoros összefüggésben vannak magukkal a logisztikai folyamatokkal és rendszerkomponensekkel is. Ezek az alábbi két fő problémakörbe csoportosíthatók:

1. Az anyagáramlási rendszer energiafogyasztása hosszú távon csak a szükséges mértéket érje el. Ez azt jelenti, hogy a komponensek terén igényvezérelt megoldások arányát növelni szükséges. Ennek a

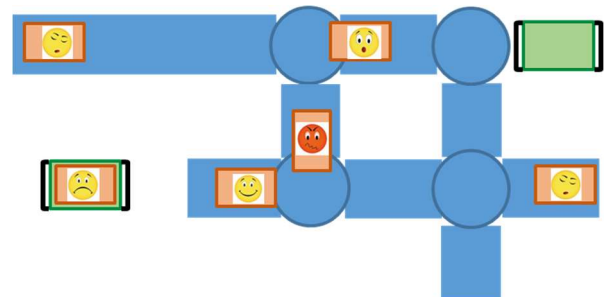
problémának a kezelésére a 4. fejezetben mutatunk be egy részletes példát.

2. Az energia a megfelelő mennyiségben rendelkezésre álljon a megfelelő helyen és időben. Ez (elsősorban akkumulátoros berendezések esetén releváns)

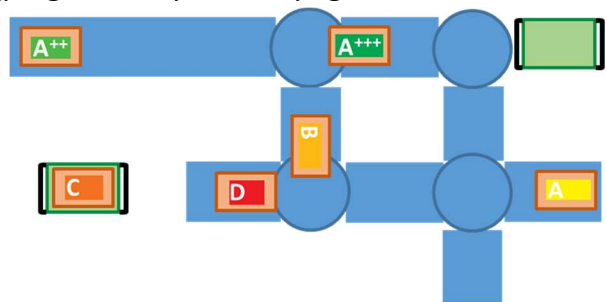
4. ANYAGÁRAMLÁS IRÁNYÍTÁSI KONCEPCIÓ PÉLDA TÖBB KÜLÖNBÖZŐ ANYAGMOZGATÓ GÉPET TARTALMAZÓ RENDSZERBEN

A következő példa egy olyan rendszert mutat be, melyben különböző anyagmozgatási viszonylatokban áramlanak egységgrakományok. Az egyes csomópontok között a terhek görgőpályán, vezető nélküli targonca (AGV: Automatic Guided Vehicle) segítségével, illetve ezek kombinációjával mozgathatók.

A rendszerben áramló egységgrakományokat két szempontból is jellemezhetjük. A 3. ábra azt szimbolizálja, hogy mivel minden mozgatót egységgrakomány számára meghatároztak egy beérkezési határidőt, az aktuális állapotukból és a még hátralévő útból kiindulva, ezek különböző mértékben „elégedettek” saját helyzetükkel. Egyidejűleg a teljes rendszerre is számítható az aktuális, rendszerszintű, átlagos késés nagysága is. Ha a késést mint paramétert vesszük az irányítás alapjául, a cél ennek mérséklése lenne, mely megfelel a termelésütemezés által megszabott határidők pontos tartásának.



3. ábra. Különböző késéssel rendelkező egységgrakományok az anyagáramlási rendszerben



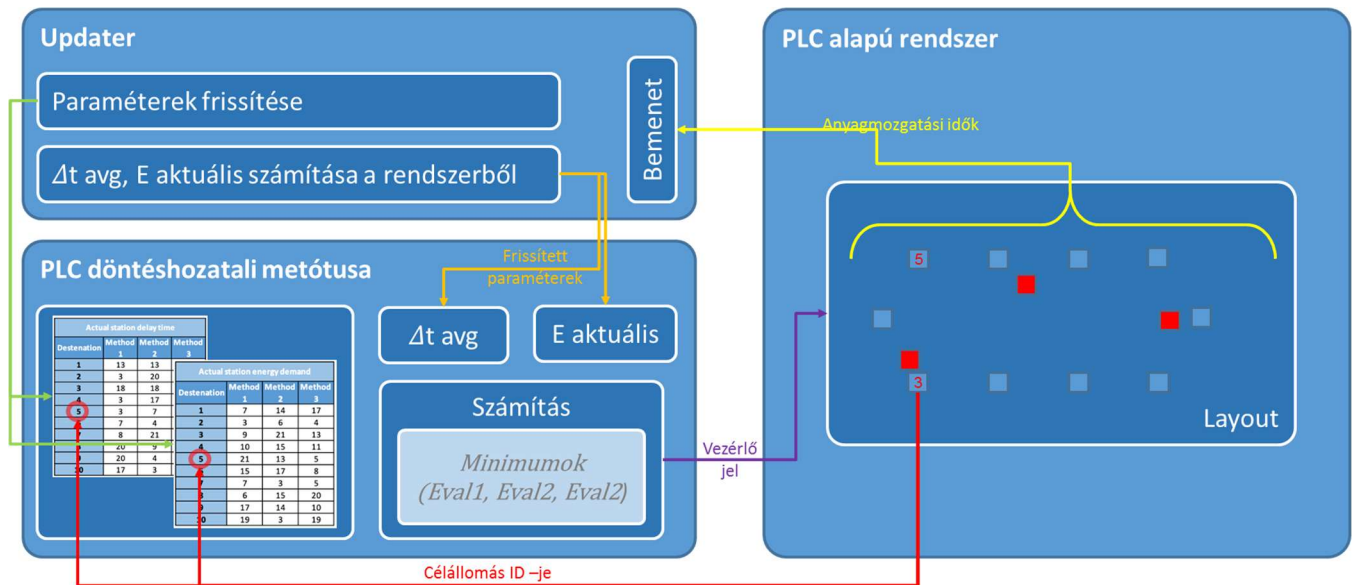
4. ábra. Különböző energiafogyasztással rendelkező egységgrakományok az anyagáramlási rendszerben

A 4. ábrán ugyanezek az áramló egységgrakományok láthatók csak más aspektusból. Minden teherhez hozzárendelhető ugyanis az energiafogyasztás, melyet annak érdekében kell a rendszerbe bevinni, hogy a rendeltetési helyére mozgassuk. Ez

természetesen függ az összes érintett anyagmozgató berendezéstől.

Jogosan merülhet fel a kérdés: hogyan lehet ezt a két koncepciót összeegyeztetni. Melyik a fontosabb? Rövid időtávot tekintve a pontosság jelenti az elsődleges szempontot, viszont ezt nem kell prioritásként tekinteni az

energiafogyasztáshoz képest. Hasonló elveket alkalmaznak a repülésben is: ott sem törekednek minden áron a teljes pontosságra, hiszen az így jelentkező üzemeltetési többlet meghaladná a kártérítések mértékét. Anyagáramlási rendszerekben ez úgy kezelhető, hogy a célpozícióban egy puffer idő bekalkulálásával kell a határidőket tervezni.



5. ábra. Késést és energiafelhasználást együtt kezelő modell struktúrája

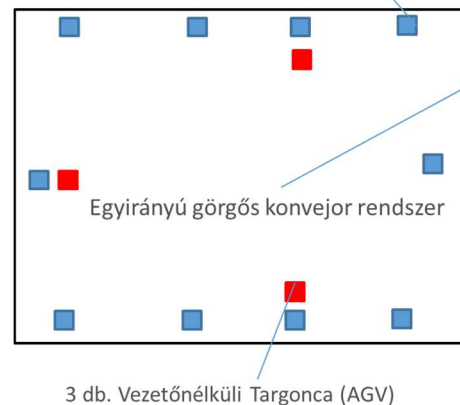
Szintén elvetettük, hogy az átlagos aktuális késést és az átlagos aktuális energiafogyasztást lineárisan kombináló célfüggvényt számolva hozzon a rendszer döntést. Ennek oka, hogy olyan modellt kívántunk létrehozni, mely az aktuális rendszerállapot függvényében módosítja a decentralis beavatkozások jellegét a rendszer egyes elágazási pontjain.. Mivel a rendszerállapot centrális információt biztosít a döntéshez, így ez a megközelítés egyesíti magában a centrális és decentralis irányítás előnyeit.

A modell struktúrája az 5. ábrán látható. A jobb oldalon lévő anyagáramlási rendszert a bal oldalon lent szereplő PLC egységek vezérlik, miután megkapják az egységgrakományoktól a kívánt célpozíciót. A PLC a döntést bár decentralisan végzi, centrálisan az „Updater” egységből kapja az átlagos késés és aktuális energiaszint információkat, mint rendszerjellemzőket.

Nézzünk a működésre egy konkrét példát. A 6. ábrán látható anyagáramlási rendszerben az egységgrakományok 3 módon juthatnak el a 10 munkaállomás között:

- Anyagmozgatás kizárólag a lassú de kis energiafogyasztású görgőspályán,
- Előrehaladás a görgőspályán a következő vezető nélküli targoncaig, majd a célig haladás AGV segítségével.
- Várakozás a kiindulási helyen AGV-re, majd közvetlenül továbbítás a célig.

10 db. munkaállomás görgőspályás, valamint AGV csatlakozással



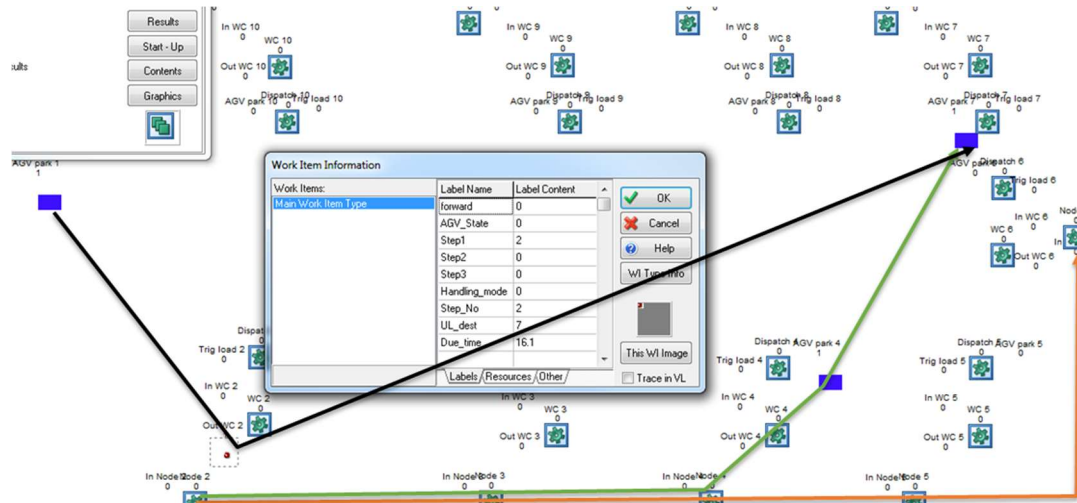
6. ábra. A példa anyagáramlási rendszer struktúrája

Az irányítás alapelve a már korábban leírt idő és energia alapú szemlélet figyelembe vételével a következő. Amennyiben a rendszerben aktuálisan, az átlagos késés szint alacsony akkor a csomópontok az alacsonyenergiafogyasztású, de lassú szállítópálya rendszert fogja preferálni. Ha a késések elkezdnek növekedni a rendszer egyre többször fogja a kisegítő funkciót ellátó vezető nélküli targoncákat használni.

A modell analízisére számítógépes szimulációt készítettünk Simul8 szoftver segítségével. Tegyük fel, hogy a rendszerben az aktuális átlagos késés 2 perc, az energiafogyasztást jellemző fajlagos érték pedig $P_{akt} = 120 \text{ J / perc}$. A vizsgált egységirakomány készen áll a 2. munkaállomáson ($t_{sim}=5$ perc szimulációs időpontban, a munka a 7. munkaállomáson

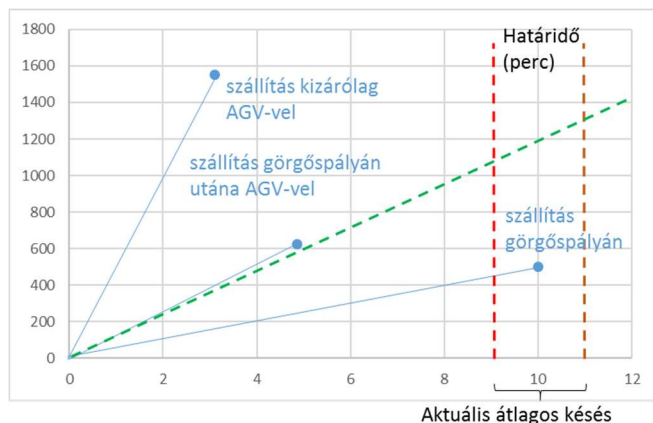
folytatódik, az anyagmozgatáshoz $16,1-5 = 11,1$ perc (t_{hat}) áll rendelkezésre.

Az egységirakománynak a 7. állomásra juttatása háromféle módon történhet (lásd 7. ábra).



7. ábra. Változatok az egységirakomány mozgatására a 2. munkaállomástól a 7.-ig

- Anyagmozgatás görgőspályán végig az 7. állomásig (piros vonal).
- Előrehaladás a görgőspályán a 4. csomópontig majd átrakás után mozgatás a már ott várakozó AGV-vel a 7. csomópontig.
- Várakozás a kiindulási helyen a legközelebbi szabad AGV-re majd közvetlenül továbbítás a 7. csomópontig.



8. ábra. A példa anyagáramlási rendszer struktúrája

A három közül az aktuális rendszerállapotot figyelembe véve a modellben egy grafikus módszer illetve egyenletek segítségével lehet meghatározni a legjobb folyamatot a

lehetséges változatok közül. A 8. ábrán ennek megoldása látható. Az ábrán kék pont jelöli az egyes anyagmozgatási folyamat által okozott hatást a késésre és az energiafogyasztásra, amennyiben az adott módon történne a mozgatás. Az ábrán látható, hogy mindhárom módon teljesíteni lehet a határidőt, hiszen mindhárom kék pont a barna színű szaggatott vonaltól balra esik. Energiafogyasztást tekintve természetesen a már korábban megállapított sorrend érvényes, vagyis a görgőspálya a legkedvezőbb, a leginkább energiaigényes pedig a külön AGVs szállítása.

A diagramban ezután meg kell határozni az átlagos késéssel csökkentett határidő vonalának (piros szaggatott) és a zöld szaggatott metszéspontját. Utóbbi az origón áthaladó, az aktuális energiafogyasztást jellemző vonal.

A következőkben határozzuk meg az egyes szállítási lehetőségeket jellemző kék pontok és az aktuális rendszerállapotot jellemző, piros és zöld szaggatott vonal metszéspontok távolságait a diagramban. Erre az (1) – (3) egyenletek szolgálnak.

$$Eval_{szp} = \sqrt{(E_{szp} - (P_{akt}(T_{hat} - \Delta t_{akt}))^2 + (P_{akt}(t_{szp} - (T_{hat} - \Delta t_{akt})))^2} = 602 \text{ J (1)}$$

$$Eval_{szp+AGV} = \sqrt{(E_{szp+AGV} - (P_{akt}(T_{hat} - \Delta t_{akt}))^2 + (P_{akt}(t_{szp+AGV} - (T_{hat} - \Delta t_{akt})))^2} = 692 \text{ J (2)}$$

$$Eval_{AGV} = \sqrt{(E_{AGV} - (P_{akt}(T_{hat} - \Delta t_{akt}))^2 + (P_{akt}(t_{AGV} - (T_{hat} - \Delta t_{akt})))^2} = 853 \text{ J (3)}$$

ahol:

E_{szp} : energiafogyasztás szállítópálya használata esetén az adott relációra

$E_{szp+AGV}$: energiafogyasztás szállítópályáról AGV-re történő átrakás esetén az adott relációra

E_{AGV} : energiafogyasztás kizárólag vezető nélküli targonca használata esetén az adott relációra

P_{akt} : aktuális előírányzott fajlagos energiafogyasztás

T_{hat} : az anyagmozgatási feladat végzéséhez tartozó határidő

Δt_{akt} : aktuális, kumulált késés értéke a rendszerben

t_{szp} : az anyagmozgatási időszükséglete szállítópálya használata esetén az adott relációra

$t_{szp+AGV}$: az anyagmozgatási időszükséglete szállítópályáról AGV-re történő átrakás esetén az adott relációra

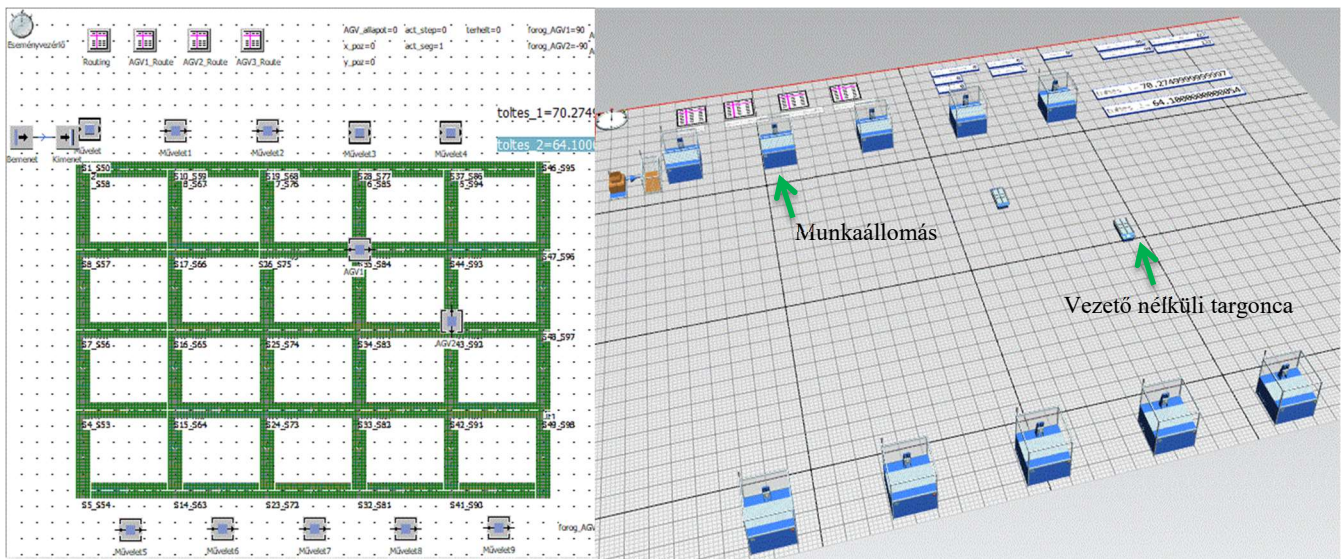
t_{AGV} : az anyagmozgatási időszükséglete kizárólag vezető nélküli targonca használata esetén az adott relációra

A három érték összehasonlítása során a szállítópályás megoldás jelentette a legkedvezőbb esetet, ezért ez került kiválasztásra ebben az esetben. A 8. ábrán látható, hogy a vezető nélküli targoncás anyagmozgatás kiválasztásához a rendszerben jóval nagyobb aktuális késés, illetve alacsonyabb

határidő esetén került volna sor, vagyis abban az esetben az irányítás gyorsabb szállítási módok alkalmazásával próbálná csökkenteni a kedvezőtlen késés értéket.

5. ANYAGÁRAMLÁS IRÁNYÍTÁSI KONCEPCIÓ PÉLDA AKKUMULÁTOROS ENERGIAFORRÁSÚ ANYAGMOZGATÓ GÉPEKET TARTALMAZÓ RENDSZERBEN

Abban az esetben, ha akkumulátoros anyagmozgató gépek dolgoznak a logisztikai anyagáramlási rendszerben, akkor az energiatakarékos, határidőt betartó rendszerirányítás mellett egy újabb szempont is megjelenik, mégpedig a gépek energiamérlege. Ez azt jelenti a következő példában bemutatott vezető nélküli targoncákat alkalmazó rendszer esetén a gépek időszakos töltése alatt hosszú távon kumulálva annyi energiát kell bevinni, amennyi az időszakban a gépek energiafogyasztását fedezi. Az alábbiakban bemutatott példában (lásd 9. ábra) a rendszerben két vezető nélküli targonca látja el az anyagmozgatási feladatokat, melyek a 10 munkaállomás között jöhetnek létre. Az általános megoldás érdekében minden gép lehet kiinduló és szállítási végpont is. Az AGV-k nem tetszőlegesen, szabadon generált pályán mozognak, hanem egy rácsos szerkezetű úthálózaton.



9. ábra. Példa több munkaállomás kiszolgálására vezető nélküli targoncákkal

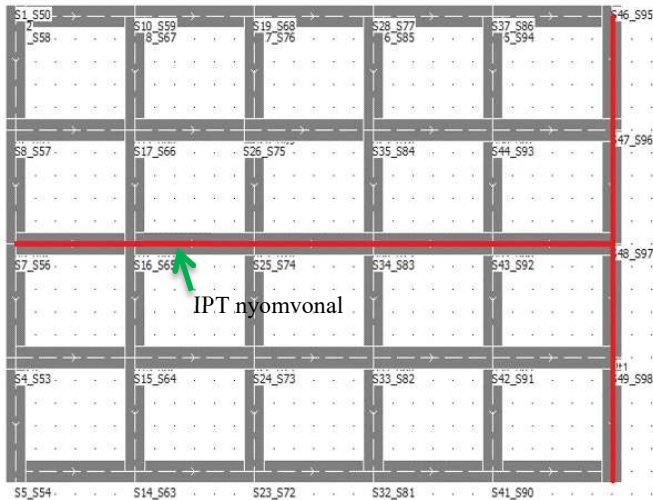
Az AGV-k energiaellátása egy fix indukciós nyomvonal (IPT = Inductive Power Transfer) segítségével történik. A rendszer működése bővebben egy korábbi publikációkban (Bohács és tsai., 2019) olvasható. Ez lehetővé teszi, hogy az AGV viszonylag sok helyen képes legyen töltést végezni, akár a nyomvonal felett haladva mozgás közben is. Az IPT nyomvonala a layouton belül T alakban van kialakítva, ez a 10. ábrán látható.

Az AGV számára itt a lehetséges útvonalak száma igen nagy lévén egy 6x5-ös cellarácsról van szó. Annak érdekében, hogy

a lehetséges változatok száma korlátos legyen egy döntéstámogatás számára, az alábbi korlátozásokkal élünk:

- A döntés az előző példával egyezően decentralisan történik, viszont itt célszerű ezt az AGV-ken elvégezni, mivel más anyagmozgató gép nincs a rendszerben.
- A vezető nélküli targonca alapvetően két különböző úton közlekedhet:

- Lehető legrövidebb út, megállás nélkül, miközben nem részesíti előnyben a töltést lehetővé tévő szakaszokat.
 - Legrövidebb út közbeni megállással az IPT hálózat egy pontján, a határidő megsértése nélkül. Ez a változat az IPT-s nyomvonalak kedvező súlyozásával a megállón kívüli további szabad IPT pályadarabok is az út részévé válnak.
- Kritikusan alacsony töltöttség esetén a töltés felülírja a határidők minden áron történő betartását.



10. ábra. Az IPT töltéssel rendelkező nyomvonalak elrendezése

Ezt a példát összehasonlítva a 4. fejezetben leírttal számos hasonlóság fedezhető fel. Egyrészt mindkét modell kiemelten kezeli a határidők betartását, ezt ötvözi az energetikai megfontolásokkal. Míg az IPT-s példa azonban a kialakuló energiahiány kívánja kiküszöbölni, addig a 4. fejezet példája a hosszútávon jelentkező energiaköltségekre gyakorol kedvező hatást.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben új típusú modell alkalmazhatóságát mutattuk be logisztikai anyagáramlási rendszerekben. Bár az ezirányú

kutatások csak néhány hónapja kezdődtek, a koncepció ígéretes megoldást jelent az irányítási problémákra, így a kutatást tovább folytatjuk. A következő időszak fő célkitűzése, hogy a módszert finomítsuk, eredményeit konkrét rendszerekre adaptálva elemezzük, illetve hogy az új módszerrel elérhető eredményeket más eljárásokkal hasonlítsuk össze.

REFERENCES

- Bohács, G., & Rinkács, A. (2017). Development of an ontology-driven, component based framework for the implementation of adaptiveness in a Jellyfish-type simulation model. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 361–374. doi:10.3233/ais-170437
- Bohács, G., Gáspár, D., & Kánya, D. (2018). CONCEPTION AN INTELLIGENT NODE ARCHITECTURE FOR INTRALOGISTICS. *Acta Logistica*, 5(2), 31–37. doi:10.22306/al.v5i2.82
- Bohács, G., Györfváy, Z., & Kluth, A. (2019). EVALUATION OF IPT SYSTEMS APPLICATION USING SIMULATION. *Acta Logistica*, 6(3), 67–75. doi:10.22306/al.v6i3.118
- Freis, J., Vohlidka, P., & Günthner, W. (2016). Low-Carbon Warehousing: Examining Impacts of Building and Intra-Logistics Design Options on Energy Demand and the CO2 Emissions of Logistics Centers. *Sustainability*, 8(5), 448. doi:10.3390/su8050448.
- Rahman, A. A. A., & Seliger, G. (2013). Integrated Control System Simulation for Supporting Changes of Routing Strategy in an Automated Material Flow System. *Procedia CIRP*, 7, 407–412. doi:10.1016/j.procir.2013.06.007
- Rother, T. (2011). Per Milkrun und Routenzugsystem Leerfahrten deutlich verringern. <https://www.mm-logistik.vogel.de/per-milkrun-und-routenzugsystem-leerfahrten-deutlich-verringern-a-342910/>