

Egy szolgáltatási logisztikai folyamat szimulációs vizsgálata



Dr. Gubán Miklós

főiskolai tanár, tudományos és nemzetközi dékánhelyettes, Budapesti Gazdasági Egyetem Gazdálkodási Kar Zalaegerszeg
Email: guban.miklos@uni-bge.hu

Arató Ádám

egyetemi hallgató, Budapesti Gazdasági Egyetem Gazdálkodási Kar Zalaegerszeg
Email: kaji92@live.com

Papp Bence

egyetemi hallgató Budapesti Gazdasági Egyetem Gazdálkodási Kar Zalaegerszeg
Email: bence_papp@hotmail.hu

Röviden a szerzőkről

Dr. Gubán Miklós 1980-ban okl. matematikusként végzett, ezután hét évig rendszerprogramozóként dolgozott. 1987-ben a PSzF Salgótarjáni Intézetébe került át. Eleinte a szoftvercsoportot vezette, majd a Matematika – Statisztika Tanszék oktatója, 1996-tól a tanszék vezetője lett. 2004-ben szerezte meg a PhD fokozatot informatika tudományból és ekkor került kapcsolatba a logisztikával is. 2008-tól 2010-ig a BGF rektorhelyettese volt. 2010-től GDF intézetigazgató főiskolai tanára. 2014-től a Budapesti Gazdasági Egyetem főiskolai tanára, 2017-től a zalaegerszegi kar tudományos és nemzetközi dékánhelyettese és a logisztikai képzésekért felel. A MTA köztestületi tagja, valamint a Magyar Fuzzy Társaság tagja.

Arató Ádám gazdaságinformatikus szakos végzős hallgató a Budapesti Gazdasági Egyetem Gazdálkodási Karán. A 2016. évi BGE-szintű TDK őszi Konferencián és a 2017-ben megrendezett XXXIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencián első helyezést ért el Papp Bence társszerzővel. 2013 és 2015 között a Kanizsa képzésnél dolgozott rendszergazdaként. 2017 július óta a DevIT Kft. Microsoft Navision szoftverfejlesztője.

Papp Bence érettségijét a Szombathelyi Kereskedelmi és Vendéglátói Szakképző Iskola és Kollégiumban szerezte. Itt sikerült többek között elsajátítani a kereskedelem és marketing alapjait angol és magyar nyelven. 2014. szeptemberében kezdte tanulmányait a BGE Gazdálkodási Karán Zalaegerszegen. Duálisképzési formában gazdaságinformatikus szakon, logisztikai informatikus szakirányon tanul.k.

Absztrakt

A körülöttünk lévő világ egy nagyon összetett, többparaméteres rendszer, amely olyan elemeket tartalmaz például, mint az időjárás, a közlekedés, a gépek üzemeltetése, gyártási folyamatok, szolgáltatási folyamatok, stb. Az ilyen rendszerek és folyamatok jellemzőinek, működésének és viselkedésének megértése a bonyolultságuk miatt nem könnyű feladat. A gyártási és szolgáltatási folyamatok optimális kialakítása nélkül ma már a gazdaság nem működhet hatékonyan és ezek megoldása a folyamatok tervezőire hárulnak. A cél,

hogy a termelés és szolgáltatás hatékonysága növekedjen, és ezt a paraméterek értékeinek megváltoztatásával majd a kapott eredmények elemzésével is megoldhatjuk. Számos eszköz és kidolgozott módszer létezik a logisztikai folyamatok tervezésére, elemzésére és fejlesztésére. A gyártási folyamatok esetén a leggyakrabban használt elemzési eszköz a szimuláció. Célunk ebben a cikkben annak bemutatása, hogy a szimuláció a szolgáltatási folyamatok elemzésénél is hasznos eszköz, nemcsak a gyártási folyamatok esetében. Ebben a tanulmányban bemutatott szolgáltatási

folyamat szimulációját az AnyLogic szoftver valósította meg. A szimulációs technika relevanciáját a komplex szolgáltatási folyamatok elemzésére a multinacionális bevásárlóközpont szolgáltatási és karbantartási tevékenységének esettanulmányai igazolják. Ez a cikk a 2017-es OTDK-n első helyezést elért dolgozat és az MPER 8. évf 2. számában (2017) megjelent tanulmány eredményeit mutatja be.

Kulcsszavak

esettanulmány, fluidum, fluidum-áramlás, folyamatok fejlesztése, matematikai modell, szimuláció, szolgáltatási folyamatok

1. Bevezetés

A vállalatok alaptevékenységük alapján két nagy csoportba sorolhatók: termelővállalatok és szolgáltatók. A termelő és szolgáltató vállalatoknak napjainkban rendkívül céltudatosan és rugalmasan kell a környezet által támasztott kihívásokra reagálniuk, annak érdekében, hogy a végső fogyasztó egyre komplexebb és magasabb minőségű igényeinek képesek legyenek megfelelni (Karmazin-Tóth, 2016). Ha a termelővállalatokon belül megvizsgáljuk a

gyártási folyamatokat, akkor azt tapasztaljuk, hogy ezek elemzése és fejlesztése a logisztikai és termeléshez kapcsolódó szakemberek együttes feladata, ennek köszönhetően a logisztika ma már közös folyamat, és fontos szerepet tölt be az ellátási láncokban és a vállalkozások versenyében is. A szolgáltatási logisztikai folyamatoknál hasonlókat tapasztalunk, azonban a jellemzői bonyolultabbak, mint a termelési folyamatok, így a szolgáltatási folyamatok elemzése összetettebb (Dima-

Kot, 2013; Bednar–Modrak, 2015; Macal C.M.–North M.J, 2006).

A világ legnagyobb gazdaságaiban a szolgáltatási szektor dominanciája egyre növekszik az OECD és a Világbank adatbázisaiból származó statisztikai adatok alapján. A világ GDP-jének több mint 63% -át a szolgáltatási ágazat termeli, és ez az arány még nagyobb a magasabb GDP-vel rendelkező országokban (több mint 75% -kal) (Kása et al., 2014). Ebből következik, hogy működésképtelen üzleti folyamatok átszervezésének koncepciójára

még ebben a században is szükség van, azonban általában újabb, kifinomultabb eszközökre és módszerekre van igény (Kása et al., 2014).

A gyártási folyamatok tervezése, elemzése és fejlesztése során a leggyakrabban használt eszköz a szimuláció. Ez a módszer különösen a gyártási folyamatok anyagáramlásának elemzésére szolgál. A szolgáltatási folyamatokban nem csak „megfogható”, hanem immateriális (például információ, humán erőforrás stb.) „anyagok” is áramlanak. Korábban erre összefoglalóan egy új fogalmat vezettünk be a „fluidumot”. A szolgáltatási folyamatokban fluidumok áramlanak, így ezt az áramot fluidum-áramnak hívjuk. (Kása et al., 2014).

A szolgáltatások fluidum-áramának nagyon sok jellemzője van, mint például az átfutási idő, a minőség vagy az erőforrás-hatékonyság, amelyek folyamatosan változnak az áramlás során. A vizsgálatainkhoz ezeket a jellemzőket és a segítségükkel elkészített modellt fogjuk felhasználni. Ebben a cikkben nem szeretnénk részletesen kitérni a szolgáltatási folyamatok általános jellemzőire és annak matematikai megfogalmazására. Ezt megtettük ennek a folyóiratnak egy korábbi számában (I. évf. 2. szám), de részletesen megtalálható itt: (Gubán–Hua, 2014).

A cikkben a vizsgálat gyakorlati részét szeretnénk bemutatni, ami egy folyamat-szimuláció, és amelynek fő tárgya a szűk keresztmetszetek és a szolgáltatási folyamatok átfutási idejének elemzése. Ezt egy olyan szimulációs szoftvert felhasználásával végezzük el, amely támogatja a fluidum-áramlás fogalmait, mert a szoftver lehetőséget nyújt nemcsak az anyagi, hanem az immateriális anyagok áramlására a modellben.

A cikk szimulációs fejezetei két egyetemi hallgató (társszerzők) OTDK-n 1. helyezést elért kutatásán alapul, ebből következik, hogy az esettanulmány egy nagyon egyszerű mintafeladatot mutat be, de a rendszer felépítését és a kapott eredményeket nagyon jól szemlélteti.

2. Szakirodalmi áttekintés, módszertan

A kutatás egy mély szakirodalmi áttekintésen alapul (Kása–Gubán, 2015). Ez az irodalmi áttekintés azt sugallja, hogy számos technika és módszer áll rendelkezésre az üzleti folyamatok javítására. A szakirodalom vizsgálata

alapján a fő fogalmak meghatározásra kerültek (Gubán–Hua, 2014).

A megalkotott matematikai modell biztosítja a szimulációs modell elméleti hátterét. (Gubán, 2015). A matematikai modellt kutatócsoportunk fejlesztette ki néhány évvel ezelőtt (Kása–Gubán, 2015; Gubán, 2015). A fluidum-áramlási matematikai modelljére épülő szolgáltatási folyamatok modellje szintén új eredményként jelenik meg (Velychko, 2015; Kása et al., 2014; Kása–Gubán, 2015; Gubán, 2015; Grabara et al., 2013). A szimuláció egy gyakran alkalmazott analitikai módszer a logisztikában, főleg a termelés és anyagáram vizsgálatokra (Kovács–Tamás, 2015; VDI; Tecnomatix documentation, 2010), de szakirodalomban nem igen lehet találni olyan megoldást, amely a szolgáltatási folyamatok elemzésére szolgál. A kutatásunk alapján azonban azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az összetett szolgáltatási folyamatok elemzése legegyszerűbben szimulációs módszerrel valósítható meg.

3. A szimulációs modell és módszer

A komplex rendszerek elemzése modellek alkalmazásával oldható meg. Egy valódi rendszer és a hozzákapcsolódó folyamatok jellemzőiről, működéséről és viselkedéséről sokkal több információ nyerhető egy megfelelő modell elemzésével és tanulmányozásával. Emellett több előnye is van: olcsóbb, mint a valódi rendszer vizsgálata és biztonságosabb is, hiszen a valódi rendszer párhuzamosan működhet a modell vizsgálatával. A modellhez

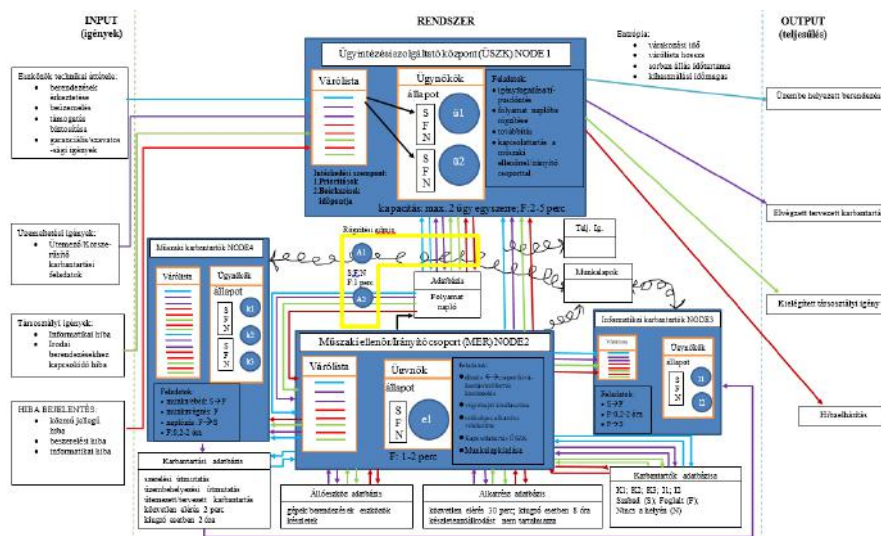
kapcsolódó feladat megoldására a szakirodalom különböző módszereket javasol. A mi vizsgált modellünkhöz a szimulációs vizsgálat illett a legjobban, hiszen több olyan elem is kapcsolódik, amelyek nem determinisztikus.

A szimulációs modell „elemzi” a komplex rendszert úgy, hogy imitálja valódi viselkedését. A modell felépítéséből adódóan csak a komplex rendszer legfontosabb elemeit veszi figyelembe, így jóval egyszerűbb a valós rendszerhez képest.

A szimuláció a szimulációs modellhez kapcsolódó elemző eszköz a meglévő vagy nem létező rendszerek utánzásával. Ez az egyik legelterjedtebb döntéshozatali eszköz (Kovács–Tamás, 2015; VDI; Tecnomatix documentation, 2010).

A VDI (Verein Deutscher Ingenieure, Német Mérnökök Szövetsége) 3633 iránymutatása (Law–Kelton, 2000) alapján a szimuláció egy rendszer és dinamikus folyamatainak emulációja egy olyan modellben, amelyen kísérletezhetünk. Célja, hogy olyan eredményeket érjen el, amelyek átvihetők a valós rendszerre. Ezenkívül egy szimulációs modellen belül a szimuláció meghatározza a gondosan irányított kísérletek előkészítését, végrehajtását és értékelését (Tecnomatix documentation, 2010).

1. ábra: A bevásárlóközpont szerviz és karbantartási szolgáltatást végző belső szervezete.



4. Esettanulmány: egy multinacionális bevásárlóközpont szolgáltatása és karbantartása

A fluidum-áramlást egy multinacionális bevásárlóközpont egyszerűsített szerviz és karbantartási szolgáltatást végző belső szervezetén keresztül mutatjuk be. Az alábbi ábrán látható a bevásárlóközpont szerviz és karbantartási szolgáltatást végző belső szervezet felépítése:

Az 1. ábra a karbantartási szolgáltatás belső szerkezetét mutatja be. Anélkül, hogy a teljes rendszert részletesen ismertetnénk, néhány fontosabb elemet bemutatunk. Az ábrán látható, hogy az igények, mint inputok áramolnak az ügyintézési szolgáltató központba. Ezeket az igényeket 4 fő kategóriába soroljuk, melyek a következők:

1. Eszközök technikai átrétele.
2. Üzemeltetési igények.
3. Társosztályi igények.
4. Hibabejelentés.

A követelések 4 fő kategóriába sorolhatók:

1. üzembe helyezett berendezés,
2. elvégzett tervezett karbantartás
3. kielégített társosztályi igény
4. hibaelhárítás

A felsorolt igények fluidumokként érkeznek meg az ügyintézési szolgáltató központba, ahol várólistába kerülnek különböző intézkedési szempontok alapján sorba rendezve. Ezt követően az igények az ügyintézőkhöz kerülnek. Az ügyintézők vagy szabadok és tudják fogadni az igényt, vagy foglaltak, vagy pedig nincsenek a helyükön. Az utóbbi két esetben az fluidum tovább várakozik. Az ügyintézőnél a fluidum transzformáción megy keresztül majd tovább halad a műszaki ellenőr/irányító csoporthoz. Itt a fluidum az előző lépéshez hasonlóan egy várólistába kerül. A műszaki ellenőr állapota amint szabaddá válik, fogadja az igényt és eldönti melyik karbantartó osztályhoz kell továbbítani azt, a fluidum további transzformáción megy keresztül. Továbbá az ő feladata lesz alkatrész igény esetén az alkatrész beszerzése is. A példában az informatikai karbantartó osztályhoz két informatikus tartozik, míg a műszaki karbantartó osztályhoz három karbantartó. Bármely irányba megy tovább az információ az

előző node-okhoz hasonlóan itt is várólistába kerülnek, majd a karbantartók állapotának alapján dől el, hogy mennyit várakozik az adott igény. Itt a fluidum a transzformáció után a végső formáját veszi fel.

5. AnyLogic szimulációs szoftver

A fluidum-áramlás szimulációs modelljében fluidum kötegeket használtunk, melyeknek a jellemzője, hogy ebben az esetben több fluidum áramolhat egy helyen, illetve különböző fluidumok áramolhatnak ugyanazon a csatornán keresztül (Gubán, 2015). A szimulációs modellben is alkalmaztuk azt az elvet, hogy fluidumok transzformációja csak a node-okon illetve azon belül, a user-eknél transzformálódnak. (Gubán–Hua, 2014; Arató et. al, 2017).

A szimulációhoz a következő alkalmazást használtuk: AnyLogic 7 Personal Learning Edition. Az Anylogic egy grafikai modellezési nyelvet használó, Java kóddal kiegészíthető, szimulációs modellek létrehozására használható szoftver. Rugalmassága lehetővé teszi, hogy komplex és egyedi üzleti, társadalmi és gazdasági rendszereket magas részletességi szinten modellezzünk.

(Forrás: www.anylogic.com/features) A feladat megoldásához diszkrét esemény modellezési módszert alkalmaztunk (Merkuryev et al., 2009; Pawlewski–

10 percenként átlagosan 1 probléma előállítására adtuk meg.

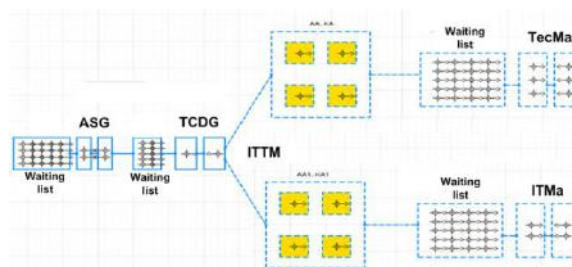
A problémák megjelenésük után, az ÜSZK-ba érkeznek ahol két user, az Ü1 és Ü2 fogadja őket.

Egy probléma csak egy userhez kerülhet. Amennyiben mindkét user foglalt a problémák a „váróterembe” kerülnek. A problémák kiszolgálását és továbbítását egy késleltető funkció végzi. Jelen esetben a késleltetési idő minimum 2, átlagosan 3,5 és maximum 5 perc.

A kiszolgálás után a probléma az ÜSZK-ból a MER-be kerül. Itt a kiszolgálási idő minimum 1, átlagosan 1,5 és maximum 2 perc. A kiszolgálást követően a probléma egy InfoOrMűkarb nevű blokkba kerül. Itt a szimuláció eldönti, hogy a probléma műszaki vagy informatikai jellegű. Szimulációnkban az egyszerűség kedvéért az ezt vezérlő paramétert 0,5 értékkel adtuk meg.

A választás után a probléma egy újabb blokkba kerül, ahol a szimuláció eldönti, hogy milyen kiegészítő tevékenység szükséges a probléma megoldásához. A kiegészítő tevékenységeket: karbantartási adatbázis elérése (KA), állóeszköz adatbázis elérése (AA), alkatrész adatbázisának elérése (LA), karbantartók adatbázisának elérése (HR), blokkokkal adtuk meg. A választott kiegészítő tevékenység elvégzése után a probléma a három user-rel rendelkező MűszakiKarb vagy a két user-rel rendelkező InfoKarb blokkba kerül. A késleltetési időt mindkét

2. ábra: A modell felépítése



Forrás: saját szerkesztés, 2017

Greenwood, 2014). Az alábbi ábrán látható módon építettük fel a szimulációs alkalmazásban a mintafeladatot.

6. Az esettanulmány szimulációja és eredménye

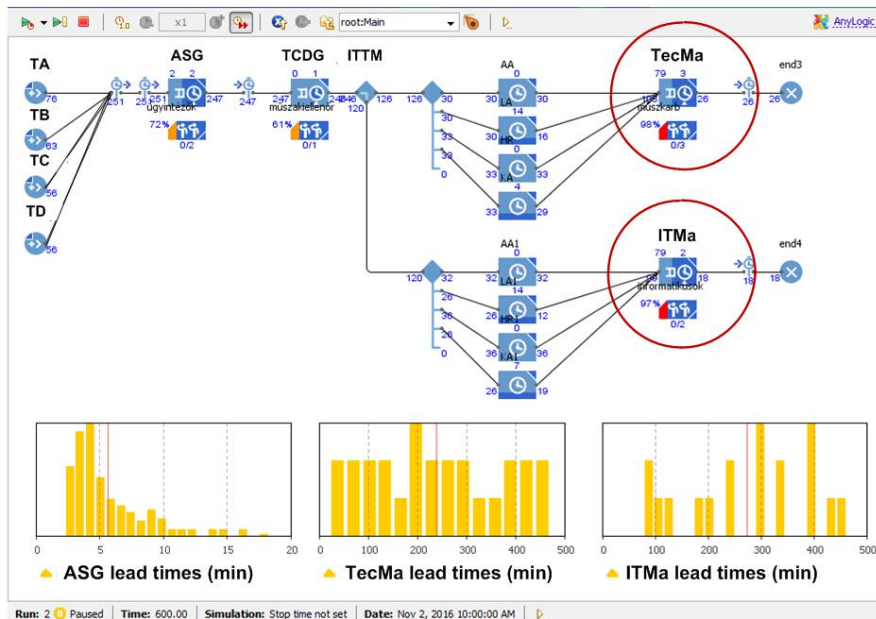
I. foratókönyv

A szimuláció futtatásakor a problémák az üzemig, tarsosztig, eszktechát és a hibabejelentés forrásblokkból keletkeznek. A generálás gyakoriságát a szimulációban

karbantartás esetén minimum 12, átlagosan 66 és maximum 120 percre állítottuk. A probléma végül az end3 és end4 blokkokban ér véget.(3. ábra)

A vizsgálat során 10 óra működést szimuláltunk. A vizsgált szempontok között szerepelt a node-ok kihasználtsága, az ügyintézési, műszaki karbantartási és informatikai karbantartási időtartam. Az átlagos ügyintézési időtartam kb. 6 perc az átlagos műszaki karbantartási időtartam kb. 230 perc és az informatikai karbantartási időtartam átlagosan kb. 280 perc.

3 ábra: A szimuláció blokkdiagramja. (I. forgatókönyv)



Forrás: Saját szerkeszté, 2017

Az ügyintézési szolgáltató központ kihasználtsága 1,451/2, a műszaki ellenőr/irányító csoport kihasználtsága 0,614/1, az informatikai karbantartók kihasználtsága 1,944/2 és a műszaki karbantartók kihasználtsága 2,94/3. A 10 órás intervallum alatt beérkezett fluidumok mindegyike feldolgozásra, a statisztikai elemzés során felhasználásra került. A futás során fennakadást jelentett a műszaki és az informatikai karbantartók hiánya.

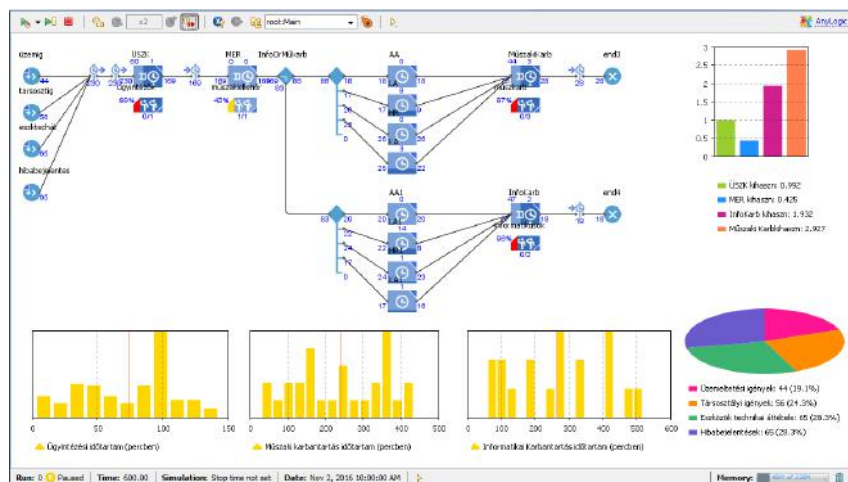
II. Forgatókönyv

A szimulációt úgy módosítottuk, hogy csak az egyik ügyintéző volt képes a fluidumok fogadására, a másik inaktív volt. Ezzel az ügyintézési idő jelentősen megnőtt, de a teljes műszaki és informatikai karbantartások időtartama változatlan maradt.

III. Forgatókönyv

Ezután lefuttatunk egy olyan szimulációt, amelyben megnöveltük az informatikai és a műszaki karbantartók számát. Ezen

5 ábra: A III. forgatókönyv eredménye



Forrás: Saját szerkeszté, 2017

paraméterek növelésével elértük, hogy a teljes műszaki és informatikai karbantartási időtartam jelentősen csökkenjen.

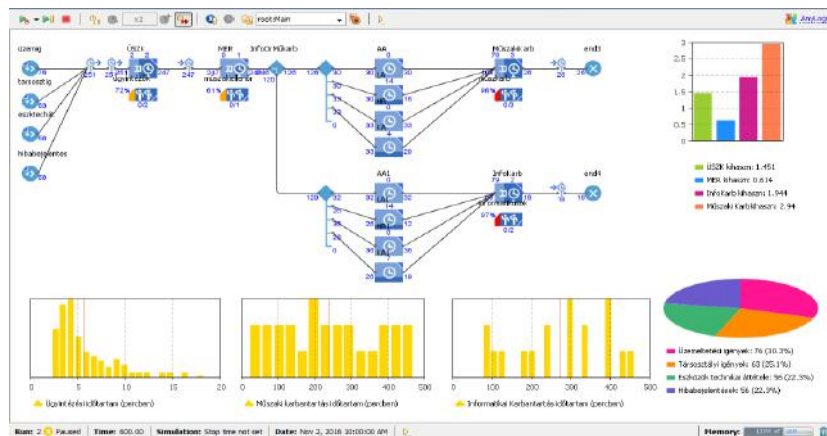
7. A szimuláció eredményei

Nyilvánvaló, hogy mindhárom forgatókönyv esetében a szűk keresztmetszet problémája leginkább a Műszaki Karbantartó Csoportban és az Informatikai Karbantartó csoportban csomópontokban merül fel, különösen a karbantartás hiánya miatt.

Az adminisztratív csomópontok nem kritikusak, így ezek nem befolyásolják a rendszer hatékonyságát.

Esettanulmányunk alapján arra lehet következtetni, hogy a példában szereplő boltban az információs és műszaki karbantartási tevékenységeket javítani kell a szűk keresztmetszet kiküszöbölése érdekében.

4 ábra: A II. forgatókönyv eredménye



Forrás: Saját szerkeszté, 2017

8. Összefoglalás, következtetések

A kezdeti kutatás egy új modellt és fogalmat vezetett be a fluidumot, amire az egész modellt és vizsgálatot alapoztuk. A szolgáltatási folyamatokban fluidumok áramlanak. Amint a cikkben is szerepel, a fluidum-áramlás modellt sikerült a szolgáltatási folyamatokra specializálni. Ezután már csak egy olyan eszköze volt szükség, amellyel vizsgálni lehetett ezt a modellt.

Ezt követően a célunk az volt, hogy megmutassuk, hogy a szimuláció a szolgáltatási folyamatok elemzésére is alkalmas, ezzel igazolva, hogy a fluidum-áramlás általános modellje használható konkrét szolgáltatási folyamatokra is. Ez a kidolgozott elmélet gyakorlati használhatóságát igazolja.

A szimulációs eljárás alkalmazhatóságát egy multinacionális bevásárlóközpont nagyon leegyszerűsített szolgáltatási és karbantartási tevékenységének esettanulmányával mutattuk meg. A szimulációhoz az AnyLogic szimulációs szoftvert használtuk.

A szimulációs futási eredmények – a fentiek mellett – azt is mutatják, hogy a megoldási módszerünk alkalmas a fluidum-áramlás szűk keresztmetszeteinek megkeresésére, könnyen változtatható paraméterek miatt a beállítások különböző szituációk értékelését teszik lehetővé. Ez különösen azért fontos, mert a fluidum-áramlás egyik nagyon nehezen megfogható eleme a hatékonyság, amelyben a vevői percepciók is megjelennek. Itt az input adatok bevitelekor ezeket is lehetne vizsgálni általánosan és a fizikai paraméterek mellé ezek is bevezethetők lennének.

A kutatásban szereplő esettanulmány vizsgálata megerősíti, hogy a kidolgozott fluidumáramlás modell helyes, és a szimuláció hatékony eljárás a folyadékáramlási rendszerek szervezési folyamatokban való vizsgálatára.

A szimulációs modell és a szoftver könnyen változtatható paraméterek miatt más típusú szolgáltatási folyamathoz is jól használható.

9. Irodalom

- Kovács Gy. – Kot S. (2016): New Logistics and Production Trends as the Effect of Global Economy Changes, *Polish Journal of Management Studies*, 14, 2, 115–126.
- Dima I.C. – Kot. S. (2013): Capacity of production, *Industrial Production Management in Flexible Manufacturing Systems*, IGI-Global
- Bednar S. – Modrak J. (2015): Product variety management as a tool for successful mass customized product structure, *Polish Journal of Management Studies*, 12, 1, 16–25.
- Velychko O. (2015): Logistical system fortschritzzahlen in the management of the supply chain of a multifunctional grain cooperative, *Economics and Sociology*, 8, 1, 127–146.
- Karmazin Gy. – Tóth R. (2016): Az ellátásláncmenedzsment szervezeti struktúrájának alapjai, *Logisztika - Informatika - Menedzsment Logisztika-Informatika:(1.)* pp. 50-58.
- Kása R. – Gubán Á. – Gubán M. – Hua N.S., Molnár L. (2014): The concept of perception driven service process reengineering by entropy reduction, *Pannon Management Review*, 3, 1, 11–54.
- Kása R. – Gubán Á. (2015): Business Process Amelioration Methods, Techniques, and Their Service Orientation: A Review of Literature Research in the Decision Sciences for Global Business: Best Papers from the 2013, Annual Conference of the European Decision Sciences Institute, New Jersey: Pearson Education Limited, pp. 219–238.
- Gubán M. (2015): A szolgáltatási folyamatok modellezése, *Logisztika*, 2, 15–17.
- Gubán M. – HUA N.S. (2014): Szolgáltatási fluidum-áramlás matematikai modellezése, *Prosperitas*, 2, 1, 61–75.
- Dolezal J. – Snajdr J. – Belás J. – Vincúrová, Z. (2015): Model of the loan process in the context of unrealized income and loss prevention, *Journal of International Studies*, 8, 1, 91–106.
- Grabara J.K. – Dima I.C. – Kot S. – Kwiatkowska J. (2013): Case on in-house logistics modelling and simulation, *Research Journal of Applied Sciences*, 6, 7, 416–420.
- Kása R. – Gubán M. – Gubán Á. (2016): Logistical processes of service system, with special regard to their amelioration – a model framework, *Challenges in Process Management: Decision points, network systems and strategies in practice*, Károly Róbert Kutató-Oktató Közhasznú Nonprofit Kft., Gyöngyös, pp. 31–51.
- Kovács GY. – TAMÁS P. (2015): Simulation methods in Logistics, Memooc on-line course, Institute of Logistics, University of Miskolc, <http://www.memooc.hu/courses/course-v1:UniMiskolc+IT.L1.SYMULATIONS.0.E+2015 T1/about>.
- Merkurjev Y. – Merkurjeva G. – Piera M.Á. – Guasch A. [Eds.] (2009): *Simulation-Based Case Studies in Logistics*, Springer, ISBN 978-1-84882-186-6.
- Pawlewski P. – Greenwood A. [Eds.] (2014): *Process Simulation and Optimization in Sustainable Logistics and Manufacturing*, Springer, ISBN 978-3-319-07346-0
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure, Association of German Engineers) Guideline 3633, https://www.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/1398802.pdf.
- Tecnomatix documentation, (2010): *Tecnomatix Plant Simulation 10, Step-by-Step Help Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.*, https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/Plant-Simulation-Tecnomatix/181/1/Plant_Simulation_Fact_Sheet_book_HQ.pdf.
- Ślusarczyk B. (2014): Logistics costs measurement at enterprises, *Economic Annals-XXI*, 11–12, pp. 97–100.
- Arató Á. – Papp B. – Gubán, M. (2017): A fluidum-áramlás modelljére épülő gyakorlati szolgáltatási probléma szimulációja, OTDK, Győr, BGE, pp. 25–37.
- Law M. – Kelton D.W. (2000): *Simulation Modeling and Analysis*, third edition In: *The nature of simulation*, Mcgraw Hill, USA.
- Macal C.M. – North M.J. (2006): *Introduction to Agentbased Modeling and Simulation*, Argonne National Laboratory, Lemont.
- Kovács, Gy. – Cselényi, J. – Somogyvári, Zs. (2007): Mikroregionális virtuális logisztikai hálózat kialakításának módszere, koncepciója. In: Gyulai, J. (ed.), *OGÉT 2007. - XV. Nemzetközi Gépész Találkozó, Kolozsvár: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Konferenciakiadvány*, pp.216-221.

- Cselényi, J. – Illés, B. – Kovács, Gy. – Bálint, R. (2005): Network of North-East Hungarian Logistical Centres and Logistical Clusters. In: Ersoy, M. S., Tanyas, M., Büyüközkan, G. (ed.), *Logistics and Supply Chain Management in a Globalizing World, 2005.*, 3rd International Logistics and Supply Chain Congress, Istanbul: Galatasaray University, European Logistics Association, Conference proceedings, pp. 605–610.

