

LXVII. ÉVFOLYAM 6. SZÁM
2017. DECEMBER

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN



KAPCSOLJA BE A RIASZTÁS FUNKCIÓT, ÉS KERÜLJE EL A SOROZATOS BÍRSÁGOKAT!

Aktiválja az alacsonyegyenleg-értesítést is, amely segít megelőzni, hogy OBU-ja felkerüljön az egyenleghiányos fedélzeti eszközök listájára!

A határérték beállításánál érdemes figyelembe venni a fuvarozási szokásait, azaz ügyelni arra, hogy legyen elég ideje az egyenlege feltöltésére.

A riasztás funkciót és az alacsonyegyenleg-értesítést a HU-GO profiljában tudja bekapcsolni.

Mindkét kényelmi szolgáltatás ingyenes.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

További információ:
www.hu-go.hu



E-útdíj: könnyen elkerülhetők a sorozatos bírságok

Egyre több fuvarozó veszi igénybe a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. ingyenes bírságriasztás és alacsonyegyenleg-értesítő szolgáltatásait. A két funkció nagy segítséget jelent a fedélzeti eszközök helyes használatában és a sorozatos bírságok elkerülésében. Jelentőségük tovább nőtt a jogosulatlan úthasználatra vonatkozó bírságolási szabályok november első felében életbe lépett változásaival.

A Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. (NÜSZ) a HU-GO megtett úttal arányos elektronikus útdíjszedési rendszer négy évvel ezelőtti indulása óta a működési tapasztalatok alapján folyamatosan fejleszti az alkalmazott technológiai megoldásokat. A társaság az elmúlt években több olyan ingyenes szolgáltatást vezetett be, amelyek segítséget nyújtanak a járművezetőknek abban, hogy úthasználatukat minél könnyebben és a szabályoknak megfelelően tudják bevallani, valamint védik őket a szabályszegések nem szándékos elkövetésétől.

Ezek egyike a bírságriasztás funkció, amelynek aktiválásával a NÜSZ ellenőrzési rendszere jogosulatlan úthasználat esetén azonnal figyelmeztetést küld a felhasználóknak. Az alapbeállításként inaktív szolgáltatás a HU GO rendszerben regisztrált úthasználók számára érhető el. A riasztás funkciót a fuvarozók által használt gépjárművek 71,5 százalékában aktiválták eddig, tavaly ugyanez az arány még csak 60 százalék volt.

A rendszer figyelmeztetése több okra vezethető vissza. Hibásan megadott felségjel, rendszám vagy díjkategória ugyanúgy állhat a háttérben, mint az, hogy a fedélzeti eszköz nem küld bevallási adatokat az NÜSZ rendszerébe. A bírságriasztás lehetővé teszi, hogy az adatok ellenőrzésével és pontosításával, vagy szükség esetén egyenlegfeltöltéssel a fuvarozók elkerüljék a sorozatos bírságokat.

A NÜSZ másik ingyenes szolgáltatása az alacsonyegyenleg-értesítés, amely a felhasználó által meghatározott kritikus szint elérése esetén figyelmeztet, így elkerülhető, hogy ne legyen fedezet a folyamatban lévő fuvarok útdíjának kiegyenlítésére. Ha a számlán nincs elég fedezet az útdíj rendezésére, a fedélzeti eszköz azonnal felkerül az érvénytelenített fedélzeti eszközök listájára, és a továbbiakban nem biztosít lehetőséget az úthasználat bevallására. A funkció aktiválásakor szabadon megválasztható, hogy milyen hátrósszegnél küldjön értesítést a rendszer (a minimum 6000 Ft). Ezt az összeget érdemes úgy beállítani, hogy az úthasználónak legyen elég ideje az egyenleg feltöltésére.

A két funkció használatával kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy 2017. november 12-től megváltoztak a jogosulatlan úthasználatra vonatkozó bírságolási szabályok. A módosított jogszabály (410/2007. számú Kormányrendelet) az eddigiektől eltérően jogosulatlan úthasználat esetén figyelembe veszi a jogosulatlanság időbeliségét, és három időszáma szerint állapítja meg a bírság mértékét. Ez lehetővé teszi, hogy az úthasználó a hiba észlelését követően rövid időn belül korrigálni tudjon, és így mentesüljön a nagyobb bírság megfizetésétől.

A rendelet a bírságtételeket azon elv szerint osztja három különböző kategóriába, hogy a jogosulatlan úthasználat első észlelését követő 8 órás időszámon belül történt-e további szabályszegések. Ez alapján az úthasználó mérsékelt, normál vagy emelt bírságösszegre számíthat. Ez azt jelenti, hogy a NÜSZ bírságriasztás szolgáltatása nem csak a sorozatos bírságolás elkerüléséhez nyújt védelmet, hanem az emelt összegű bírság megfizetésétől is megóvjaa az úthasználót, ha időben korrigálja hibáját.



Valamennyi Előfizetőnek,
Olvasónak, Támogatónak
Békés, Boldog Karácsonyi Ünnepeket,
Vidám Új Évet Kíván

a Közlekedéstudományi Egyesület és a
Közlekedéstudományi Szemle
Szerkesztőbizottsága

Közlekedéstudományi Szemle Megrendelőlap

Alulírott.....

megrendelem a Közlekedéstudományi Szemlét a következő hónaptól az alábbiak szerint:

A megrendelő neve:

.....

Címe (ahová a lapot kéri):

.....

Telefonszám:

Fax:

E-mail:

Az előfizetési díjat az alábbiak szerint fizetheti be*:

- ☐ Banki átutalással (név és cím feltüntetésével) az alábbi bank-
számlaszámra: 10200823-22212474
- ☐ KTE tagoknak a tagnyilvántartó rendszeren keresztül bank-
kártyával (csak nyomtatott változat esetén)

* A megfelelőt kérjük beikszelni!

Előfizetés 1 évre:

Nyomtatott változat 8280.- Ft

Egyéni KTE tagoknak nyomtatott változat 4140.- Ft

Az előfizetési díjról számlát kérek:

- ☐ példány
☐ példány
☐ Igen ☐ Nem

Számlázási név:

Számlázási cím:

.....

.....

Az első lapszám kézbesítésére az előfizetési díj befizetését követő-
en kerül sor. Az egyéves előfizetés 6 lapszámot tartalmaz.

..... dátum

..... aláírás

Kérjük, hogy a megrendelő lapot e-mailben a szemle@ktenet.hu
e-mail címre, faxon a 06-1-353-2005 számra, vagy a 1066 Buda-
pest Teréz krt. 38. II. em. 235. postacímre szíveskedjen elküldeni!

Digitális változat: a hozzáférés, a fizetés és a számlázás is a Dimag.hu oldalon megadottak szerint.

• **NEM KTE tagok** a http://www.dimag.hu/magazin/Kozlekedestudomanyi_Szemle oldalon rendelhetnek 6.000 Ft/év áron.

• **Egyéni KTE tagoknak** a megrendeléshez az alábbi részt kell kitölteni és megküldeni a szemle@ktenet.hu címre. Ezt követően **kuponkó-
dot** küldünk, amivel a http://www.dimag.hu/magazin/Kozlekedestudomanyi_Szemle oldalon 4.140 Ft/év áron rendelheti meg a lapot.

Megrendelő neve: E-mail címe:

.....
dátum

.....
név

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Gilicz Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő

Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
György Tibor
Horváth Lajos
Mészáros Tibor
Dr. Prileszky István
Szűcs Lajos
Dr. Tanczos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László
Zsolnay Tamás

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR:
Ráczné dr. Kovács Ágnes
Tel./Fax: 353-2005, 353-0562
E-mail: szemle@ktenet.hu
DOI szerkesztő: dr. Török Ádám

SZERKESZTŐSÉG:
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.

FELELŐS KIADÓ:
Dr. Tóth János,
a Közlekedéstudományi Egyesület főtítkára

KIADJA:
Közlekedéstudományi Egyesület
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.
www.ktenet.hu

MEGBÍZOTT KIADÓ:
Press GT Kft.
1139 Budapest, Úteg u. 49.
Tel.: 349-6135
E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:
Informax Millenium kft.
Felelős nyomdavezető: Bocskay Endre

TERJESZTŐ:
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél
Egy szám ára: 1380 Ft, Éves előfizetés: 8280 Ft
Egyéni KTE tagnak tagdíjjal: 5140 Ft
Nyugdíjas és diák KTE tagnak tagdíjjal 4640 Ft

ISSN 0023 4362

A folyóiratunkban megjelenő cikkek egy év embargót követően nyíltan hozzáférhető digitális irodalomnak tekinthetők. A cikkeket a szerkesztőség az EPA-ban és a REAL-ban online elérhetővé teszi.



A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik a szerkesztőség véleményével.
Kéziratot nem őrzünk meg.

TARTALOM

Bilicsi Erika

Egyedi, permanens azonosítók használata a tudományos folyóirat-kiadásban 6

Szűcs Lajos – Sipos Tibor – Mészáros Ferenc – Török Ádám

A közúti úthasználati díj gazdaságra gyakorolt hatása 9

dr. habil. Gáspár László

Az Útburkolat- és Vagyongazdálkodási Világkonferencia (World Conference on Pavement and Asset Management) 15

Barna Szabolcs – Dr. Schuchmann Gábor

Szintbeni közúti csomópontok teljesítőképessége – Jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok alkalmazhatósága 30

Juhász Mattias – Dr. Koren Csaba

A közlekedés és a területfelhasználás kölcsönhatásának modellezésében rejlő hazai lehetőségek – egy budapesti modell tanulságai 38

Sándor Zsolt, Phd. – Boros Péter

Pilóta nélküli légi járművek okozta kihívások a légiforgalmi irányításban
1. rész: Problémák feltárása 49

Melléklet

Közlekedésbiztonság – közlekedési környezetvédelem

Szele András

A menekülőutak használatának jelentősége a rendszeresen torlódó közúthálózaton 60

Tisztelt Olvasó!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. A www.dimag.hu portálon kiválasztható az az eszköz – Pc, tablet, „okos telefon” – amire a lapot le szeretné tölteni, előfizetésre pedig bankkártyás fizetéssel van lehetőség. A digitális változat előfizetési díja 8280 Ft helyett csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. Az előfizetőknek a portál automatikusan jelzi az új lapszám megjelenését. Valamennyi letöltött lapszám tartalma a továbbiakban egy helyen, az Ön által használt elektronikus eszközre optimalizálva lesz elérhető. Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük a digitális előfizetőink között.

Egyedi, permanens azonosítók használata a tudományos folyóirat-kiadásban

Az MTA Könyvtár és Információs Központ Szakinformatikai Osztályával kialakított jó munkakapcsolat eredményeként alkalmunk nyílt arra, hogy a DOI rendszer bevezetésén túlmenően most egy újabb könnyítést mutassunk be szerzőinknek a tudományos tevékenységük gyakorlatához.

Bilicsi Erika

informatikus könyvtáros, MTA Könyvtár és Információs Központ Szakinformatikai Osztály
e-mail: bilicsi.erika@konyvtar.mta.hu

1. BEVEZETÉS

A tudományos munkásságot bemutató listák összeállítása elengedhetetlen mind a kutatók, mind a kutatással foglalkozó intézmények és a kutatásokat támogató szervezetek számára. Ma már az informatika nyújtotta technikai lehetőségek képesek levenni ezt a terhet a szerzők és az adminisztrátorok válláról, ehhez csupán megfelelő azonosítókkal kell ellátni a közleményeket. Az alábbiakban röviden áttekintjük az egyedi, permanens azonosítók használatának előnyeit, a bennük rejlő felhasználási lehetőségeket.

A tudománnyal foglalkozók számára elengedhetetlen, hogy életrajzuk részét képezze a teljes munkásságukat tartalmazó publikációs jegyzék. A kutatástámogatók, kutatást végző intézmények és a tudománytörténet művelők érdeke is azt kívánja, hogy rendelkezésre álljanak a tudományos eredményeket publikáló közleményekről készült listák. Hagyományosan az ilyen bibliográfiákat fáradságos munkával – ideális esetben a bibliográfiai leírás összeállításához értő könyvtárosok – állították elő. Manapság, az online folyóirat-kiadás korában, a számítástechnikában rejlő automatizálási lehetőségek új távlatokat nyitottak a tudományos teljesítmény méréséhez szükséges adminisztratív feladatok megvalósításában.

A tudományértékeléshez szükséges listák ma már szinte egy gombnyomással előállíthatók, ha a kutatás során, a kézirat benyújtásakor és a publikációs folyamatban alkalmazzuk a modern technika nyújtotta lehetőségeket, és betartjuk a széles körű együttműködésen alapuló adatfelviteli szabályokat. A rendszer természetesen még nem tökéletes, hiszen az elmúlt mintegy 20 évben kezdődtek az ilyen irányú informatikai fejlesztések. Ma már látszanak azok a megoldások, amik a jövőben képesek lesznek egyszerűen és gyorsan biztosítani a tudományértékeléshez szükséges információ igényeket.

A fő probléma a közlemények és szerzőik, továbbá az affiliációban megjelölt intézmények és a szponzorok azonosítása, emellett pedig az online megjelenő közlemények elérhetőségének biztosítása. Természetesen minden adatbázis alkalmaz saját azonosítókat (pl. Google Scholar author ID, Scopus Author ID, ResearcherID), de felmerült az igény a nemzetközi azonosításra, ami az automatizált adatfeldolgozás feltétele. Mivel a cikkek, tanulmányok a kiadók közreműködésével jelennek meg, az ott használt munkafolyamat és technológia az egyik záloga az automatizált adatfeldolgozásnak. További alapvető feltétel, hogy a szerzők olyan kéziratokat adjanak le, amelyekben a szükséges azonosítók szerepelnek.

2. DIGITAL OBJECT IDENTIFIER (DOI)

A közlemények azonosítását és elérhetőségének biztosítását a DOI, az online tartalmak (ún. digitális objektumok) azonosítására szolgáló egyedi azonosító oldotta meg [1]. A DOI permanens, egyedi azonosító, amely segítségével akkor is megtalálható az online tartalom teljes szövege, ha annak URL-je megváltozik. A rendszer úgy működik, hogy a DOI-t, az azonosítani kívánt tartalom bibliográfiai adatait és az online elérhetőséget (URL) egy adatbázisban rögzítik. Így amikor a DOI-t az olvasó használja, a rendszer kikeresi a regisztrált URL-t és továbbítja a megadott weboldalra az olvasót. A rendszer működésének feltétele, hogy amennyiben az URL változik, azt le kell cserélni a központi nyilvántartásban, azaz szükség van egy archivált, hosszú távú megőrzésre szánt online példányra is, ami arra az esetre nyújt megoldást, ha az eredeti közlési hely megszűnik.

Mivel a DOI egyedi azonosító, használata lehetővé teszi a hivatkozásgyűjtés automatizálását is. Pl. ha az MTMT-be minden közlemény DOI-val és irodalomjegyzékkel együtt kerülne be, amiben minden forrás DOI-ja is szerepelne, a szoftver képes lehetne arra, hogy a DOI-k segítségével emberi közreműködés nélkül állítsa össze egy-egy cikk hivatkozásainak listáját a rendelkezésre álló listák alapján.

3. OPEN RESEARCHER AND CONTRIBUTOR IDENTIFIER (ORCID)

A szerzők azonosítását jelenleg úgy tűnik, hogy az ORCID azonosító fogja megoldani [2], mivel olyan piacvezető kiadók összefogásán alapul, mint pl. az Elsevier, a Springer Nature, a Taylor & Francis és a Wiley, de olyan szervezetek is részt vesznek benne, mint pl. a CERN és a Wellcome Trust. Az ORCID regisztrációja a szerzők számára ingyenes, pár percet igénybe vevő feladat. Az automatikus adatfeldolgozás érdekében azt kell elérni, hogy tüntessék fel ezt az azonosítót minden kéziratukban. Így biztosan megkülönböztethetők az azonos névalakkal rendelkező szerzők, ill. nem jelent nehézséget egy munkásság összeállítása, ha a szerző különböző neveken publikál (pl. magyarul

megjelenő tanulmányaiban más nevet használ, mint angolul megjelenő közleményeiben, vagy házasságkötés miatt megváltozik a név stb.).

Az ORCID – az azonosítók nyilvántartása mellett – lehetőséget biztosít a kutatók tudományos munkásságának online megjelenítésére. Az ORCID kapcsolatban áll pl. a CrossRef és a DataCite DOI regisztráló ügynökségekkel, így ha egy közlemény DOI azonosítójának regisztrációja során a szerzők adatai között az ORCID-t is megadjuk, a közlemény automatikusan megjelenik az érintett szerzők ORCID profiljában. A kutatók személyes adatlapján megadhatók más adatbázisokban használt azonosítók is, mint pl. a Scopus Author ID, így a Scopusból is automatikusan importálódnak a publikációk. Lehetőség van kézi adatfelvitelre is, amivel teljessé tehető az ORCID-ban megjelenített munkásság, hiszen még vannak olyan közlemények, amelyek egyik ORCID-al kapcsolatban álló adatbázisból sem importálhatók.

Az ORCID a folyóirat-kiadók adatbázisaiból is kinyerhető. Számos, a kiadási folyamatot támogató szoftver létezik, mint pl. az Open Journal Systems (OJS), amelyek a cikk beküldésétől a bírálati és szerkesztési folyamaton át a publikálásig segítik a szerkesztőszéki munkát, sőt az utólagos adatfeldolgozást – pl. DOI regisztrációt, bibliográfiai adatbázisokban való megjelenítést – is megkönnyítik. Az ilyen rendszerekben már a kézirat beküldésekor meg kell adniuk a szerzőknek a cikkhez kapcsolódó adatokat. A szerzők nevének feltüntetése mellett van lehetőség az ORCID megadására is. Az ilyen rendszerek adatbázisban tárolják a cikkek adatait és szabványos protokollok segítségével működnek, azaz ezek az adatok könnyedén kinyerhetők és felhasználhatók más gyűjteményekben.

Azaz pusztán technikai oldalról nézve ma már nincs akadálya annak, hogy pl. a Magyar Tudományos Művek Tárába (MTMT) import folyamatok útján kerüljenek be a közlemények, és ez a feladat ne a szerzők és adminisztrátorok terhe legyen. Természetesen a DOI és az ORCID azonosítók használata még csak arra nyújt lehetőséget, hogy az MTMT megvalósítsa az importálást, és a közlemények automatikusan bekerüljenek a szerzők munkásságába.

4. INTÉZMÉNYEK ÉS SZPONZOROK AZONOSÍTÁSA

A következő lépés az intézmények és szponzorok olyan nemzetközi szintű azonosítása, ami azt is lehetővé teszi majd, hogy az MTMT-ben nem csak a szerzői, de az intézményi hozzárendelés is automatizálhatóvá válik. Számos szervezethez kötődő kezdeményezés született már az évek során, mint pl. az Open Funder Registry, az OrgRef, a GRID, a LEI, a Publisher Solutions International adatbázisa vagy a Ringgold szolgáltatása [3]. Az ORCID, a CrossRef és a DataCite munkatársainak összefogásában jött létre a nemzetközi azonosító létrehozására irányuló Organization Identifier Project [4]. Reméljük, hamarosan rendelkezésre áll egy olyan azonosító – talán egy ORCID –, amelynek segítségével automatizálható lesz az intézményekhez és pályázati támogatásokhoz kötődő bibliográfiák összeállítása.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tudományos tevékenységet bemutató jegyzékek összeállítása elengedhetetlen: szükséges statisztikai adatszolgáltatáshoz, pályázatok benyújtásához, tudományos fokozatok, munkahelyi minősítések bírálatához, a szerzők tudásának, tevékenységének bemutatásához. Jelenleg nagy terhet ró a kutatókra az ilyen listák összeállítása – és nem is gazdaságos megoldás –, pedig a modern technika nyújtotta lehetőségek

alkalmazásával mindössze egy feladatuk lenne: az azonosítók használata. Ha ez megvalósul és a tudományos kommunikációban résztvevő minden szereplő beépíti a munkafolyamatokba az azonosítók használatát és az adatcserére alkalmas eszközöket használ, eljöhét az az ideális állapot, amelyben szinte humán közreműködés nélkül rendelkezésre állnak majd a tudományértékeléshez szükséges információk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A DOI azonosítóról ld. Bilicsi Erika: Online megjelenő folyóiratcikkek azonosítása és elérésének biztosítása DOI segítségével. In.: Közlekedéstudományi szemle, 67. évf. (2017) 2. sz. p. 10-11.
- [2] Az ORCID azonosítóról ld. Holl András – Bilicsi Erika: ORCID – egy újabb szerzőazonosító tudományos közleményekhez. In. Könyvtári Figyelő, 63. évf. (2017) 3. sz. p. 346-350. <http://real.mtak.hu/65517/>
- [3] Geoffrey Bilder – Josh Brown – Tom Demeranville: Organisation identifiers: current provider survey <https://orcid.org/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/20161031%20OrgIDProviderSurvey.pdf>
- [4] Laure Haak: Organization identifier project: A way forward <https://orcid.org/blog/2016/10/31/organization-identifier-project-way-forward>



Új célforgalmi mátrixok a tervezés szolgálatában



A Közlekedéstudományi Intézet 2017. november 30-i határidővel elkészítette a négy fő közlekedési alágazat (közúti, vasúti, vízi és légi közlekedés), valamint a közforgalmú közlekedés országos helyközi célforgalmi mátrixait. A 2016-ra kidolgozott, valamint 2020-ra és 2030-ra előre becsült mátrixok létrehozását a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium az Európai Hálózatfinanszírozási Eszközből (CEF) 153 millió Ft-tal támogatta. A munka egészét, az alkalmazott új eljárásokat és az eredményeket megismerhetik a projektet részletesen bemutató Közlekedéstudományi Szemle 2017. októberi különszámából.

Az eredményeket jelentő honnan-hová mátrixok legalább 2022 végéig térítésmentesen elérhetők lesznek. A hozzájutás módjáról 2018. január 8-ától részletes tájékoztatást a KTI honlapján (www.kti.hu) a Kutatás/Kiemelt hazai projektjeink A-Z menüpont alatt találhatnak.

A közúti úthasználati díj gazdaságra gyakorolt hatása

A néhány éve bevezetett magyarországi közúti útdíjhasználat tapasztalatainak összegyűjtése és a levonható következtetések hasznosítása előremutató a jövő teendőit illetően.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.1

Szűcs Lajos – Sipos Tibor – Mészáros Ferenc – Török Ádám

e-mail: Szucs.Lajos@nemzetiutdij.hu

1. BEVEZETÉS

A közutak zsúfoltsága egyre növekvő terhet ró az európai gazdaságra, ezen belül pedig a szállítási láncok szereplőire. Nem csak a menetidő és a tüzelőanyag-fogyasztás megnövekedése, de a szállítási idő bizonytalanává válása is e negatív hatások közé tartozik. A közúti szállítás hatékonyságnövelése érdekében a torlódások csökkentésének, a menetidő kiszámíthatóbbá tételének egyik lehetséges módja a díjrendszerek bevezetése, amelyek nem csak az infrastruktúra fenntartásában játszhatnak fontos szerepet, hanem a forgalom szabályozásában is [2]. Cikkünkben a Magyarországon bevezetésre került úthasználati díj gazdasági hatásait vizsgáltuk. Az úthasználati díj bevezetésének célja lehet a közúti infrastruktúra építési és üzemeltetési költségeinek fedezése vagy az infrastruktúra-elem kapacitáskihasználtságának gazdasági szabályozása. Számos megoldás létezik arra, hogy a közút használóitól pénzügyi forrásokat nyerjenek különböző célok elérése érdekében, ezzel a szállítók hasznossági függvényét, közvetve a közúti infrastruktúra iránti keresletet lehet szabályozni.

Az úthasználati díj két alapvető változata: a használati díj és az útdíj.

Használati díj (időben határolt úthasználat): Az időben határolt úthasználat során, a díjat befizetők egy adott időtartamon keresztül, a díjköteles hálózatot használhatják. Ugyanak-

kor ez nem függ össze szorosan a használattal, és a gyakori használók többet utazhatnak ugyanannyi pénzért, mint az adott úton ritkábban közlekedők. Ennek ellenére néhány ország, főleg Európában (a kontinens gyorsforgalmi hálózatának ötödén), ezt a megoldást alkalmazza például matricás használati díjrendszer formájában, általában csak az alacsonyabb össztömegű, de akár néhány esetben, valamennyi járműkategóriára (pl. Svájc, Ausztria, Csehország, Szlovákia, Szlovénia; Magyarország, Románia, Bulgária). A közúti szállítási lánc szereplőit ez a díjforma közvetlenül érinti Belgium, Hollandia, Luxemburg, Dánia és Svédország esetében, ahol a nehéz tehergépjárművek az elsődleges úthálózaton ilyen használati díjat fizetnek, továbbá Oroszország egyes útjain, ahol „viszonossági” alapon számos ország fuvarozóinak kell az Eurovignetta rendszerhez hasonló használati díjat fizetni.

Útdíj (térben határolt úthasználat): Ez a legelterjedtebb megoldás, amely leginkább közelít a „használó fizessen” elv megvalósulásához (Európa gyorsforgalmi úthálózatának kétharmadán a nagyobb össztömegű járművek számára). A legtöbb esetben ugyanis az útdíj függ az alkalmazott járműtípustól és mértékét befolyásolhatja továbbá a napszak (térben és időben kombináltan határolt úthasználat: pl. Franciaország), a drága infrastruktúraelemek (hidak és alagutak: pl. Egyesült Királyság, Belgium, Hollandia, Dánia, Svédország,

Norvégia) költségei, az adott területek környezetvédelmi szempontból való érzékenysége és a közúti torlódás nagysága. Különbséget lehet tenni a rögzített útdíjak és a megtett távolság függvényében változó (távolságarányos) útdíjak között. Rögzített útdíj vehető ki például egy alagút vagy híd használatáért, ez esetben a díjkategóriáknak meghatározott díj az áthaladások számával arányos. Míg tipikus távolságfüggő útdíj, amit jellemzően autópályák használatáért kell fizetni (például minden úthasználó által: Írországban, Portugáliában, Spanyolországban, Franciaországban, Olaszországban, Lengyelországban, Horvátországban, Szerbiában, Bosznia-Hercegovinában, Görögországban, Törökországban, illetve csak a tehergépkocsik és esetenként a buszok után: Szlovéniában, Svájcban, Ausztriában, Németországban, Csehországban, Szlovákiában). A térben határolt úthasználati díj általában a megtett úttal arányos,

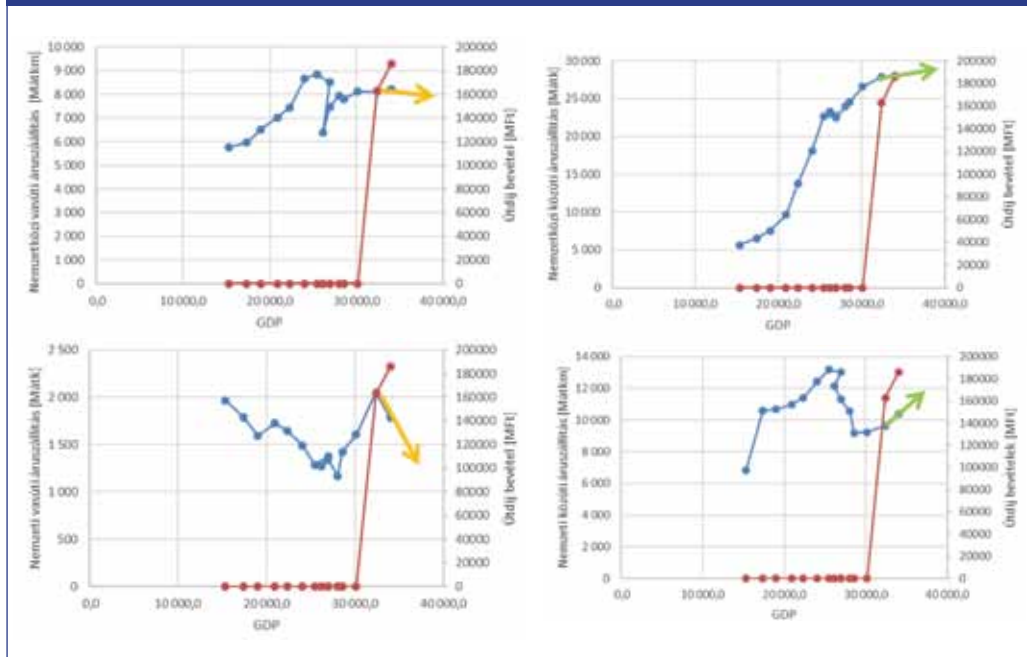
ezért a futásteljesítmény növekedésével az összköltség is növekszik [3].

Vizsgálatainkhoz az útdíjbevételei adatokat hasonlítottuk össze a rendelkezésre álló KSH gazdasági adatokkal. 2013 júliusától 2016 áprilisáig havi bontásban, 18 vizsgálati paraméterrel.

2. METODIKA

Először is a közúti úthasználati díj többi közlekedési alágazatra gyakorolt hatását vizsgáltuk meg, hiszen ezen alágazatok egymással versenyezve jelennek meg a szállítási piacon [4]. Az útdíj bevezetése előtt a D2, D3, D4 kategóriájú tehergépkocsik mintegy 20 Mrd Ft éves bevételt termeltek. Az autóbuszok „elhanyagolható” évi 200 millió Ft-os díjbevételt generáltak. Először az áruszállítást (1. ábra), majd a személyszállítást vizsgáltuk meg:

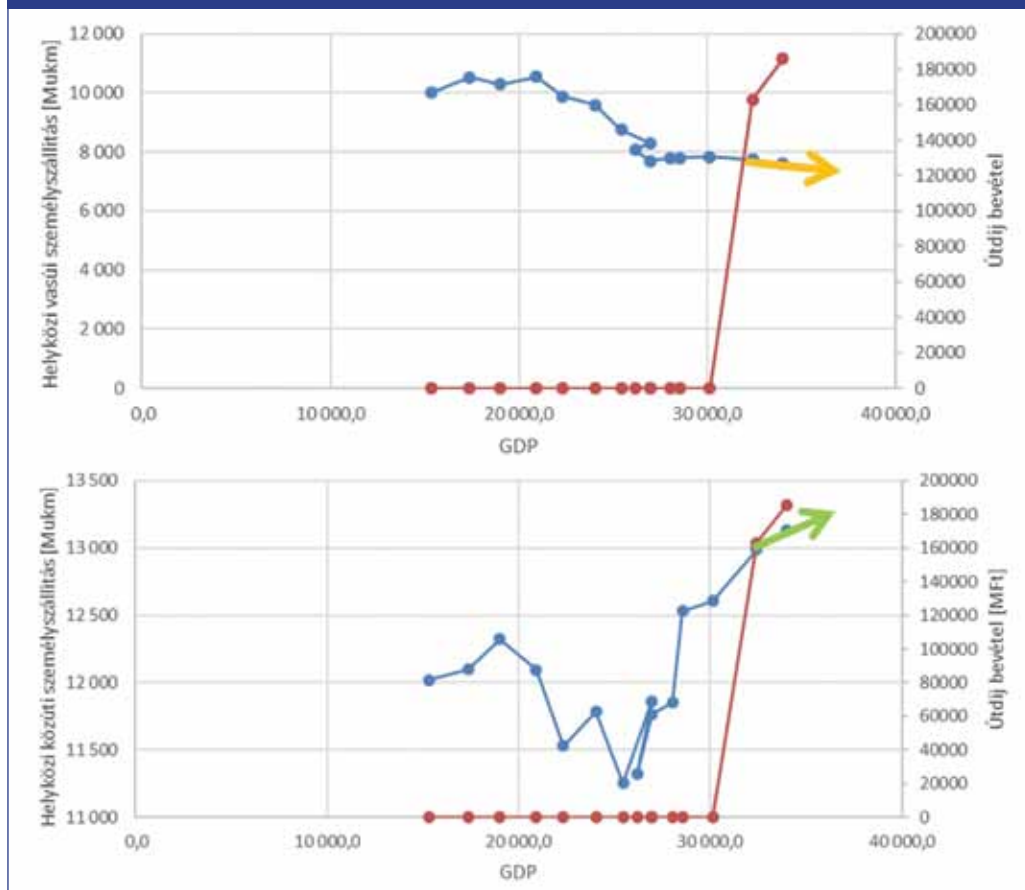
1. ábra: Úthasználati díj és az áruszállítási teljesítmény kapcsolata



Érdekes módon a közúti úthasználati díj bevezetése nem rontotta a közúti áruszállítás helyzetét a vasúti áruszállításhoz viszonyítva

a GDP függvényében. A személyszállítás esetében is hasonló eredményeket tapasztaltunk (2. ábra):

2. ábra: Úthasználati díj és a személyszállítási teljesítmény kapcsolata



Vizsgálataink alapján kimutatható, hogy az úthasználati díjak bevezetése a fogyasztói árindexre az elmúlt években szignifikáns hatást nem gyakorolt [5]. Ezek után kíváncsiak voltunk, hogy az úthasználati díj vajon befolyásolja-e a gazdaság más ágazatát. Ehhez korreláció analízist végeztünk.

A statisztikai elemzések gyakori problémáját képezik azok a vizsgálatok, amelyek során azt nézzük, hogy egy vagy több független változó milyen hatással van a függő változóra, milyen erős a kapcsolat közöttük, illetve hogyan írható le, fejezhető ki ez a kapcsolat. Cikkünkben az úthasználati díj és a gazdasági területek kapcsolatát térképeztük fel. A korrelációs számítás a változók közötti lineáris kapcsolat erősségét

és irányát vizsgálja. Attól függően, hogy egyszerre hány változó kapcsolatát vizsgáljuk, beszélhetünk két- vagy többváltozós korrelációs számításról. A gazdasági területek jellemzésére több változót alkalmaztunk, ezért többváltozós korrelációs elemzésről beszélhetünk. A számításokhoz mennyiségi adatokra volt szükség havi bontásban.

3. EREDMÉNYEK

A korrelációelemzést elvégezve (3. ábra), látható, hogy az úthasználati díjnak nincs szignifikáns hatása a hazai gazdasági szektorokra, ezért a gazdasági szektorokat jellemző mutatók jó alapot biztosíthatnak egy regressziós előrebecslő modellhez.

1. táblázat: Korrelációs elemzés eredményei

		Korreláció					
		Fafeldolgozás, papírtermék gyársátsa, nyomdai tevékenység	Gumi, műanyag és nemfém ásványi termék gyártása	Fémalapanyag és fémfeldolgozási termék gyártása	Ipari termelés 1000 Mrd Ft	Búza, tonna	Vöröshagyma, tonna
Fafeldolgozás, papírtermék gyársátsa, nyomdai tevékenység	Pearson Correlation	1	,770**	,746**	,541**	-,280-	-,122
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,001		
	N	34	34	34	34	34	34
Gumi, műanyag és nemfém ásványi termék gyártása	Pearson Correlation	,770**	1	,693**	,693**	,509**	-,278
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,002	,111
	N	34	34	34	34	34	34
Fémalapanyag és fémfeldolgozási termék gyártása	Pearson Correlation	,746**	,693**	1	1	-,184	-,272
	Sig. (2-tailed)	,000	,000			,297	,120
	N	34	34	34	34	34	34
Ipari termelés 1000 Mrd Ft	Pearson Correlation	,541**	,509**	,380**	,380**	-,265	,106
	Sig. (2-tailed)	,001	,002	,027	,027	,129	,549
	N	34	34	34	34	34	34
Búza, tonna	Pearson Correlation	-,260	-,232	-,164	-,164	1	,035
	Sig. (2-tailed)	,106	,187	,297	,297		,844
	N	34	34	34	34	34	34
Vöröshagyma, tonna	Pearson Correlation	-,122	-,278	-,272	-,272	,035	1
	Sig. (2-tailed)	,492	,111	,120	,120	,844	
	N	34	34	34	34	34	34

4. ÖSSZEFOGLALÁS

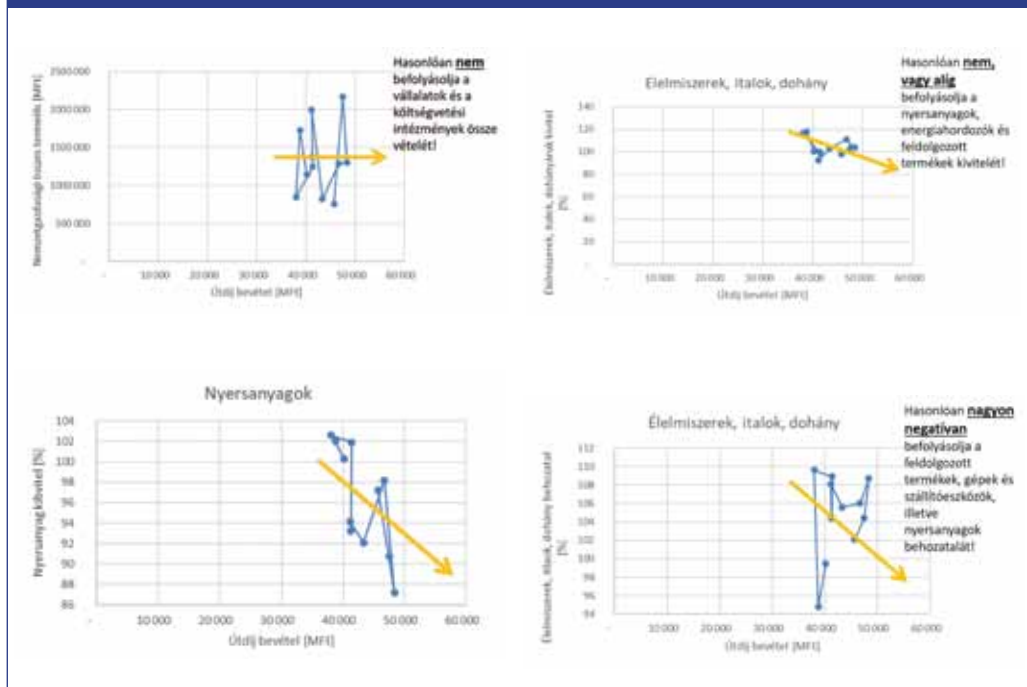
A legtöbb KSH adat negyedéves bontásban volt elérhető, ezért az úthasználati díjbevételeket is negyedéves bázisra aggregáltuk. Emiatt látható a vízszintes tengelyeken a 40 Mrd forint körüli érték. Ez természetesen ÁFÁ-val együtt értendő. Eredményként rögzíthető, hogy a Magyarországon bevezetett úthasználati díjnak nincs szignifikáns, kimutatható korlátozó hatása sem a közúti közlekedési szektorra, sem pedig más gazdasági szektorra (3. ábra).

Elemzésünk alapján megállapítható, hogy az útdíj bevezetése:

- az alágazati versenyt nem vagy alig befolyásolja,
- jellemzően a közúton szállítást végző (behozatal vagy kivitel) esetén van csekély negatív hatással más szektorra,
- a mezőgazdasági termelésre nincs szignifikáns hatása.

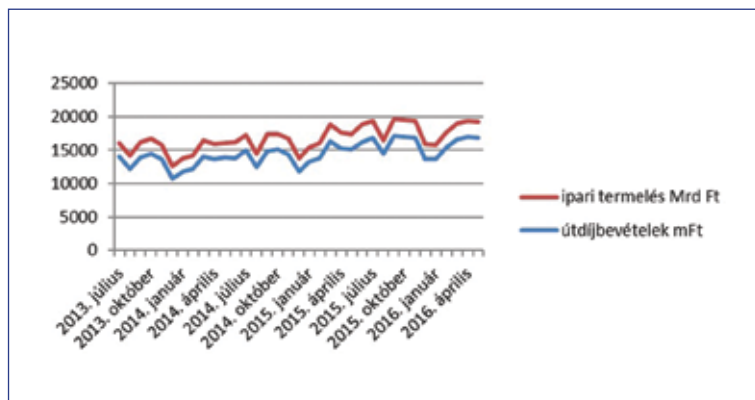
Egyéb vizsgálatok rámutattak, hogy figyelemre méltó, 80% feletti korrelációt mutat

3. ábra: Gazdasági ágazatok és az úthasználati díj keresztkorrelációs vizsgálata



tendenciájában az ipari termelés negyed-
évenkénti alakulása – a közúti árufuvarozás és termelés hazai kapcsolatának szorossága okán – a magyarországi megtett

úttal arányos útdíj bevétellel. Ennek ismeretében az államháztartás bevételét képező útdíjbevétele tervezése a jövőben pontosabbá tehető.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-III kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának támogatásával készült.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Baka F. Z. (2015): Ráfizetünk – Útdíj, Figyelő, ISSN 0015-086X, 59(5):8
- [2] Duma L. - Karmazin Gy. (2013): A használatarányos útdíj bevezetésének várható hatásai a saját számlás vállalatok stratégiai döntéseire, Közlekedéstudományi szemle, ISSN 0023-4362, 63(2):4-10
- [3] Karmazin Gy. (2013): A használatarányos útdíj magyarországi bevezetésének hatása a piac szereplőire, Logisztikai évkönyv, ISSN 1218-3849, 19:237-242
- [4] Török Á. (2017): Statistical Analysis of Transport Performance: Case Study for Hungary, PROEDIA ENGINEERING Paper PROENG394725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.446>
- [5] Cserepes Tamás, Szűcs Lajos (2016): A HU-GO megtett úttal arányos elektronikus útdíjrendszer adatainak újrahasznosíthatósága, Közlekedéstudományi szemle, 66(3):5-20.



The effect of road toll on the economy

Most of the data of the Central Statistical Office are made available broken down quarterly, so we have also aggregated road toll revenues on a quarterly basis. For this reason, the value of approx. 40 billion HUF can be seen on the horizontal axis. This, of course, is understood to include VAT. As a result, it can be established that the road toll system introduced in Hungary has no significant or detectable limiting effect on the road transport sector or any other economic sector.



Die Auswirkungen der Straßenmaut auf die Wirtschaft

Die meisten Daten des Statistischen Zentralamtes werden in vierteljährlicher Aufschlüsselung zur Verfügung gestellt, so dass wir auch die Mautentnahmen auf vierteljährlicher Basis zusammengerechnet haben. Aus diesem Grund ist der Wert von ca. 40 Milliarden HUF auf der horizontalen Achse zu sehen. Darunter versteht man selbstverständlich einen Betrag inklusive Mehrwertsteuer. Als Ergebnis es kann festgestellt werden, dass das in Ungarn eingeführte Mautsystem keine signifikante oder nachweisbare begrenzende Auswirkung auf den Straßenverkehrssektor oder auf andere Wirtschaftszweige hat.

E számunk lektorai

Domokos Ádám
Dr. Gulyás András

Horváth Lajos
Dr. Tanczos Lászlóné

Dr. Tóth László

Az Útburkolat- és Vagyongazdálkodási Világkonferencia (World Conference on Pavement and Asset Management)

Az Olaszországban rendezett Útburkolat- és Vagyongazdálkodási Világkonferencia nagyszámú, magas színvonalú előadása a hazai útügyi szakemberek számára is jól hasznosítható lehet. Elsősorban az adatminőség, a leromlási modellek, a gazdasági, politikai és környezeti gazdálkodási stratégiák, az egész élettartamra vonatkozó (költség)elemzések, valamint a hídgazdálkodás tárgykörében hangoztak el fontos információk. A bemutatott PMS esettanulmányok pedig a hazai útburkolat-gazdálkodás továbbfejlesztésekor használhatók fel.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.2

dr. habil. Gáspár László

kutató professzor, KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

e-mail: gaspar.laszlo@kti.hu

1. A VILÁGKONFERENCIA NÉHÁNY JELLEMZŐJE

Az Útburkolat- és Vagyongazdálkodási Világkonferenciát (World Conference on Pavement and Asset Management) 2017. június 12-16-án, az olaszországi Baveno-ban rendezték, amelyen magyar részről a cikk szerzője vett részt. A konferencia két olyan konferenciasorozat közös rendezvénye volt, amelyek már több évtizedes múltra tekintenek vissza [1].

A mintegy 400 résztvevőt számláló konferencia nyitóünnepségén dr. Gáspár László – a Világkonferencia Tudományos Bizottságának tagja – volt az egyik előadó. „Az EPAM konferenciasorozat áttekintése” című előadása, egyebek mellett, visszaidézte az EPAM (Európai Útburkolat- és Vagyongazdálkodási) konferenciasorozat megindításának körülményeit. Eszerint 1998-ban az amerikaiak által szervezett ICPAM (Útburkolat- és Va-

gyongazdálkodási Nemzetközi Konferencia) sorozat dél-afrikai Durban-ben rendezett eseményén, dr. Bakó András professzor kezdeményezésére, tíz európai szakember azt a döntést hozta, hogy a tárgykörben olyan európai konferenciasorozatot indít, amely kontinensünk problémáinak az amerikaiaknál gyakorlatiasabb megoldására való törekvést tüzi ki zászlajára. Az „ötletgazda” Magyarország vállalta az első konferencia (Európai Útburkolat-gazdálkodási Konferencia) budapesti megrendezését 2000-ben [2]. A sorozat későbbi eseményeire – általában négy évenként – Berlinben, a portugál Coimbrában, majd Malmöben került sor. A sorozat második konferenciájától kezdve nevükbe és tárgykörükbe bekerült a „vagyongazdálkodás” (asset management). Három évvel ezelőtt a jelenlegi konferencia szervezői úgy döntöttek, hogy az ICPAM és az EPAM sorozatának első közös világkonferenciáját Olaszországban szervezik meg.

Érdeességképpen említhető, hogy a nyitóünnepség következő előadását „Az ICPAM története” címmel az a 85 éves kanadai Ralph Haas professzor tartotta, aki az 1960-as évek végén – Ronald Hudson amerikai professzorral egy időben, egymástól függetlenül – a „Pavement Management System (PMS, Útburkolat-gazdálkodási rendszer)” elvi alapjait lefektette. A világkonferencia elején szervezett 3 tutorial (4-4 órás szakmai továbbképzés) után először egy felkért előadó (a német Thomas Linder, a Tudományos Bizottság tagja) tartott érdekes és látványos előadást „A megfelelő közúti infrastruktúra: a jelen és a jövő kihívása” címmel.

A műszaki szekciókat két és fél napon keresztül, párhuzamosan négy teremben szervezték (emellett a mintegy 100 poszter számára is szerveztek szekciót) a következő témakörökben [3]:

- adatminőség és rendszeres adatgyűjtés,
- tervezés és anyagok,
- leromlási modellek,
- gazdasági, politikai és környezeti gazdálkodási stratégiák,
- kulcsfontosságú teljesítményi jellemzők,
- az egész élettartamra vonatkozó (költség) elemzések,
- fenntartási-felújítási technológiák,
- a más infrastruktúra vagyonelemekkel való gazdálkodás,
- PMS esettanulmányok,

- kockázat és biztonság,
- „okos” infrastruktúra és információtechnológia,
- híd- és alagútgazdálkodás.

A következőkben a nagyszámú, értékes előadás közül a hazai, jelen- vagy jövőbeni hasznosításra szóba jöhető prezentációk némelyikének fő eredményeit mutatom be.

2. ADATMINŐSÉG ÉS RENDSZERES ADATGYŰJTÉS

Az ír Mulry és szerzőtársai különböző vizuális és automatizált burkolatállapot-jellemző technológiákat hasonlítottak össze [4]. Első lépésként 104 km-nyi útburkolat felületéről olyan képeket készítettek, amelyeket nagy felbontású, digitális videoberendezéssel, valamint LCMS (lézeres repedésmérő rendszer) alkalmazásával nyertek. Emellett a mindkét eljárással kapott állapotinformációkból a Burkolatállapot Indexet (PSI) is számították. A kétféle megközelítéssel kapott PSI értékek között regresszió elemzéssel összefüggést kerestek. Meglepően magas, $r^2=0,84$ -es korrelációs együtthatóhoz jutottak. Megállapították, hogy az automatikus pályahiba-felvételi eljárásokat, a hagyományosakkal szemben érdemes előtérbe helyezni, mivel azok nemcsak gyorsabbak, olcsóbbak és objektívebbek, hanem megfelelő megbízhatóságú eredményeket is szolgáltatnak.

1. ábra: Burkolatállapot-információk megjelenítése



Az ausztrál Yarza és szerzőtársa a nagy sebességű, automatikus repedésfelvételi rendszer hálózati szintű alkalmazása során szerzett, ausztrál tapasztalatokról számol be. A kutatási munka során, 1820 km-nyi burkolt út egyenetlenségét, keréknyomvályú-mélységét, felületi textúráját és felületi hibáját mérték (1. ábra). Az 1150 km-es összes hosszúságú burkolatlan úton ugyanakkor csupán a felületi hibákat regisztrálták.

Egyértelműen bebizonyosodott, hogy a burkolatok állapotadatait nagy sebesség mellett jellemző berendezés a burkolatgazdálkodásban és az azzal kapcsolatosan szükségessé váló döntések meghozatalában érdemleges segítséget nyújt. Emellett az említett technikával a burkolaton jelentkező hibák felvétele is pontosabbá és ismételhetőbbé vált. Az általuk javasolt rendszer integráns részét képezi az a szoftver, amely az összes gyűjtött információt – környezetével együtt – képernyőn jeleníti meg, és így a közöttük levő kapcsolatok jobb megértését elősegíti.

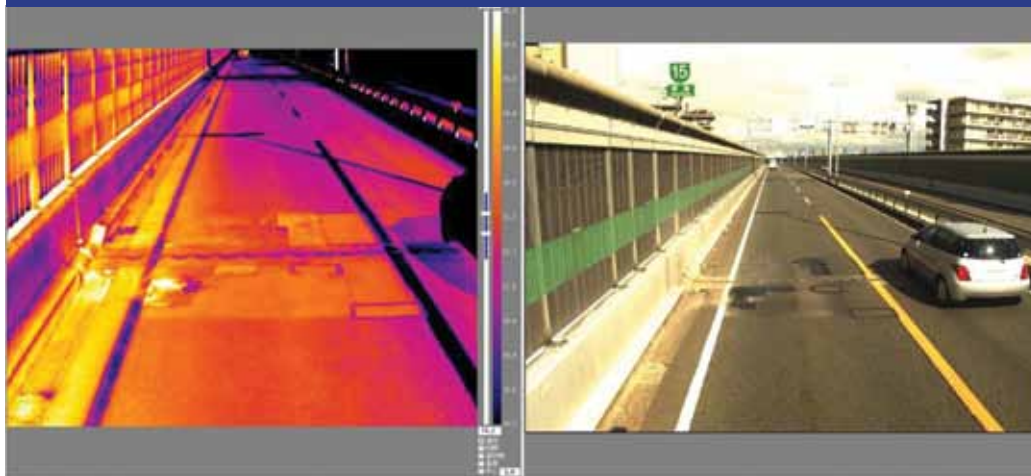
A japán Nakamoto és szerzőtársai infravörös sugárzás alkalmazásával a kátyúk közeljövőben várható keletkezésének veszélyét érzékelő technológia kifejlesztésével foglalkoztak [6]. Az infravörös fénnel működő burkolat-állapot-jellemző technikát az egyik különlegesen nagy forgalmi terhelésű, városi autópályahídon próbálták ki. Az ilyen útszakaszon a már kialakult kátyú a forgalombiztonságra, a járművek által keltett zaj szintjére és a rezgések mértékére jelentős mértékű, kedvezőtlen hatást gyakorol. Ezért nem elegendő a pálya vizuális állapotvizsgálata; a probléma megoldására olyan eljárást kerestek, amely a kátyúsodással fenyegető burkolatrészek kimutatására is képes, hogy az állapotjavítást még a burkolathiba megjelenését megelőzően végrehajthassák. Ez a roncsolásmentes tech-

nológia olyan, a felszín alatt kialakult „üregeket” is jelezni tud, amelyekbe a hídlemez és az aszfalt anyagú burkolati réteg elválási helyein levegő vagy akár víz is behatolhat. A levegőnek és a víznek a környező szilárd anyagénál jóval kisebb a hővezető képessége, így a nap-sütés okozta hőmérséklet-emelkedés itt csak késleltetetten következik be. A hőmérséklet-különbségek az egyes burkolatrészek között vizuálisan is érzékeltethetők (2. ábra).

3. TERVEZÉS ÉS ANYAGOK

A szlovén Kulauzovic és Jamnik előadása a hidakba épített WIM – weigh-in-motion (mozgás közben mérő) – tengelysúlymérő berendezések burkolathibák javítására történő felhasználásának lehetőségével foglalkozott [7]. A jelentős útépitési tevékenység – pl. új autópálya építése – általában nagy tömegű anyagszállítást igényel, ami pedig az érintett úthálózat gyors tönkremeneteléhez vezet(het). Nem tekinthető igazságosnak, hogy a felmerülő nagy útfelújítási költségeket egyedül a kivitelező vállalat viselje. Ehelyett, ezeket a költségeket célszerű megosztani az úttulajdonos, az útkezelő és a kivitelező vállalat között. A szerzők által kidolgozott költségmegosztási algoritmus az építés előtti időszakban az utat terhelő nehéz járművek (WIM-adatok) burkolatrongáló hatását és a szóban forgó útszakasz tervezési élettartamát is figyelembe veszi.

2. ábra: Az infravörös-sugárzási és a vizuális kép ugyanazon az útszakaszon



A hindu Pandey és szerzőtársai a nagy tengelysúlyoknak az aszfaltburkolatok üzemi élettartamára gyakorolt hatását vették vizsgálat alá [8]. A burkolat élettartamát fáradás és keréknyomvályú-képződés szempontjából vizsgálták. Az útpályaszerkezethez háromdimenziós végeselem-modellt alakítottak ki. Ennek eredményeit, validálási szándékkal, a KENPAVE pályaszerkezet-tervező program segítségével kapott pályabehajlások értékeivel hasonlították össze. A validált modellt dinamikus terhelésnek vetették alá, hogy a pályaszerkezetben ébredő reakciókat felmérhessék. A tönkremenetel szempontjából legkedvezőtlenebb járműsebességek mellett, a fáradásra és a keréknyomosodásra kritikus nyúlásokat meghatározták. A kapott értékeket az amerikai Asphalt Institute fáradási és keréknyomosodási modelljeibe behelyettesítették; így módjuk nyílt a különlegesen nagy terhelésű járművek burkolatrongáló hatásának felmérésére, ami a szóban forgó járművekre kiszabandó büntetés alapjául szolgálhat.

A portugál Duarte és szerzőtársai olyan új döntéstámogató eljárásra tettek javaslatot, amely a gumibroncs és a burkolat közötti kölcsönhatás energiái szempontból modellezi [9]. Az útpályán a közlekedési tevékenységből elérhető energia-előállítás mértéke a járművek különböző mozgástípusainak (gördülésnek, fékezésnek, gyorsításnak) is függvénye. A szerzők által MATLAB® környezetre kialakított eljárás a keletkező energiát numerikus és grafikus formában is bemutatja. Lehetséges felhasználási területként a sebességszökkentő és „energiaszüretelő” berendezések fejlesztése szóba jöhet. A felhasználó számára nagyon sok variáció figyelembevételét teszi lehetővé.

4. ROMLÁSI MODELLEK

A svéd Erlingsson és szerzőtársa mechanikai-tapasztalati keréknyomvályú kialakulási modellt dolgozott ki [10]. Az új modell a burkolatromlási típus időbeli alakulását előre becsülhetővé teszi. A szerzők célkitűzése szerint ez az eljárás az új, svéd, útburkolati vagyongazdálkodási rendszer egyik fontos elemét képezi majd. A modell első része, különböző terhelés és hőmérsékleti kombinációk esetében,

a pályaszerkezet reakcióját teszi meghatározhatóvá. A második, teljesítmény-előrebecslő elem a burkolat időegységenként bekövetkező romlásának mértéke alapján a teljesítmény alakulását a teljes tervezési időszakra megbecsülhetővé teszi. A modell validálására az LTTP (burkolat teljesítmény hosszú távú követésére szolgáló) útszakasz állapotidősora szolgált. A modell általában megfelelőnek bizonyult, bár az élettartam vége felé valamivel lassabb keréknyomvályúsodást jelzett előre, mint amekkorát a megfigyelt útszakaszon regisztráltak.

Az amerikai Paz és szerzőtársa a burkolatok leromlási modelljeinek korlátait tekintette át, és a tárgykörben megoldási javaslattal élt [11]. Szakirodalmi áttekintésük egyik fontos megállapítása, hogy a világszerte elterjedt burkolatromlási modellek általában valamilyen klasztereket alkalmaznak, valamint a klasztereknek az optimális számát és a legfontosabb ható változókat eleve ismertnek tételezik fel. A modellek további általános jellemzője, hogy célfüggvényként rendszerint az összegezett négyzetes hibák minimálását választják. Ez az összegezett négyzetes hiba pedig újabb klaszterek és/vagy ható változók felvétele esetében kisebbé válik. A korlátozás csökkentésére a Bayes-hipotézist hasznosító, Információs Kritegiumon alapuló matematikai programozási módszert javasolják, amelynek nagy előnye, hogy a klaszterek számának előzetes ismeretét nem igényli. A módszer kísérleti alkalmazása során azt találták, hogy az optimális megoldáshoz hét klaszter alkalmazásával jutnak.

Az ausztrál Manoharan és szerzőtársai előadásuk témájáról a burkolat hátralevő szerkezeti élettartamának a forgalmi sebességgel mérő deflektométerrel kapott eredményeken alapuló előrebecslését választották [12]. A TSD (Traffic Speed Deflectometer, forgalmi sebességgel mérő deflektométer) lényege a járműre felszerelt olyan Doppler lézerrendszer, amely a burkolatok terherbírását – a forgalmi folyam akadályoztatása nélkül – folyamatosan mérni tudja. A nagy mérési sebesség mellett szolgáltatott, nagy pontosságú behajlási teknők valamely úthálózat olyan kezelési feladatainak megoldásához rendkívül hasznosak, mint a burkolatfelújítási igények és a

hátralevő burkolat-élettartam előrebecslése. Az előadás fő célját olyan egyszerű szerkezeti élet-tartam előrebecslési módszertan ismertetése képezi, amely a TSD-vel nyert legnagyobb behajlásokat hasznosítja. Az eljárás az FWD legnagyobb behajlásával operáló, „még eltűrhető behajlás elvét” hasznosítja; ez az elv Ausztráliában a szemcsés anyagú és az aszfalt burkolatú pályaszerkezetek erősítésének tervezéséhez terjedt el.

5. GAZDASÁGI, POLITIKAI ÉS KÖRNYEZETI GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIÁK

Az angol Buckland és szerzőtársai az útfenntartási ráfordítások különböző területeken jelentkező előnyeit vették vizsgálat alá [13]. Korábban az Egyesült Királyságban felmérték, hogy az útfenntartásra fordított pénzeszközök szintje a fenntartási igények hosszú távú költségeihez hogyan viszonylik. Ennek során az úton folyó munkák alkalmával felmerülő, használói többletköltségekre is tekintettel voltak. Az angol TRL kutatóintézetben kifejlesztett új szoftver a nemzetgazdaság más ágaiban felmerülő előnyökre is kitér. Vannak azonban még olyan költséghelyek, amelyek alapadat híján még nem számszerűsíthetők. Kisforgalmú utakon az új szoftvert már sikeresen alkalmazták.

A román Tartari és szerzőtársa a természetes bitumennel foglalkozott [14]. A természetes bitument a kőolajból gyártott bitumen adalékszereként általánosan hasznosítják. A természetes bitumen a kötőanyag konzisztenciáját, viszkozitását és stabilitását a vegyi úton előállított legkiválóbb adalékszerekhez hasonlóan növeli, ugyanakkor az öregedéssel szembeni ellenállását és a hidegviselkedését is javítja. Tapasztalat szerint a nagy forgalomra alkalmas pályaszerkezetek aszfalt kopórétegének vastagsága érdemlegesen csökkenthető, illetve tartóssága javul, ha kötőanyaga természetes bitument is tartalmaz. Az LCA (Life Cycle Assessment, a teljes élettartamra kiterjedő értékelés) azt mutatta, hogy a természetes bitumen alkalmazásával – a hagyományos bitumenhez képest – kb. 50%-os energia-megtakarítás és a CO₂ kibocsátásban 44% körüli csökkenés érhető el.

A német Heller előadása a közúti fenntartási források úthálózatok közötti szétosztására

összpontosított [15]. Világszerte általánosan elterjedt az az egyszerű és transzparens megoldás, amely szerint a közútkezelők a fenntartási forrásokat hálózatok vagy hálózatrészek között ún. elosztási kulcs alkalmazásával osztják szét. Az elosztási kulcsokat elsősorban a burkolatállapot, másodsorban az úthálózat összes hosszúsága és az egyes szakaszok forgalmi terhelése befolyásolja. Egyértelmű hátránya azonban a megoldásnak, hogy a különösen rossz állapotú útszakaszok térbeli elhelyezkedését nem veszi figyelembe; ugyanis az egymás közelében levő részsakaszok felújítása – a szétszórtan jelentkezőkhöz képest – gazdaságosabban hajtható végre.

A dél-afrikai Moodley a fenntartási és felújítási projektek elsőbbségi sorolásához javasolt módszert [16]. Közismert, hogy az útburkolatok rossz állapota a különböző gazdasági tevékenységekre hátrányos hatást gyakorol. Az útgazdálkodási stratégiai döntések fenntarthatóságának biztosítására az egész élettartam alatti költségek számítása és a kockázatelemzés egyre inkább terjed. Az egyik dél-afrikai település ennek érdekében fejlesztette ki azt az útgazdálkodási rendszerét, amelyet az egész élettartam alatti költségek elemzése és a ráfordítások korlátozott anyagi eszközök melletti optimalása jellemez. A fenntartási és a felújítási projektek elsőbbségi sorolásakor a „görbe alatti terület” típusú optimalizáló függvényt alkalmazták. Ugyanakkor a nem-mérnöki szektor részéről egyre nagyobb nyomás tapasztalható a „rosszabb állapot javítása először” megközelítés alkalmazása irányába, pedig egyértelműen nem ez a rendelkezésre álló források optimális felhasználási módszere; a javasolt elosztási eljárás a hosszú távú következményeket is messze-messze figyelembe veszi.

6. KULCSFONTOSÁGÚ TELJESÍTMÉNYI JELLEMZŐK

Az osztrák Weninger-Vycudil és szerzőtársai olyan nemzetközi téma fő eredményeiről számoltak be, amely a társadalmi jellemzőknek a vagyongazdálkodásba történő alkalmazására összpontosított [17]. A közúti infrastruktúra különböző fenntartási stratégiáinak értékelésekor – a funkcionális jellemzőkön túlmenően – a társadalmi

szempontok világszerte egyre fontosabbá válnak. Az ISABELA-projekt (a társadalmi szempontok és előnyök az egész élettartam alatti vagyongazdálkodásban) fő célkitűzése olyan holisztikus vagyongazdálkodási rendszer kifejlesztése, amely a legfontosabb társadalmi mérőszámokat és a társadalmi hasznokat is tekintetbe veszi. Ezeket a hasznokat a pénzértékben kifejezhető és abban ki nem fejezhető társadalmi hatások: a forrás-ráfordítási, társadalmi hátrálék és a társadalmi kockázat formájában fejezik ki. Olyan egyértelmű és indokolható társadalmi mérőszámokkal operál, amelyek a különböző műszaki paraméterekkel kombinálhatók. A projekt a következő paraméterekkel dolgozik: a forgalom rendelkezésre állása, a forgalomzavarás, a közlekedés hatékonysága (utazási idő, a járműüzemeltetési költségek, stb.), a forgalombiztonság (az utak állapotával kapcsolatba hozható halálos kimenetelű és súlyos sérüléssel járó balesetek), a környezet (zaj, légszennyezés, természeti erőforrások, stb.) és a társadalmi-gazdasági szempontok (vagyonérték, szélesebb körű társadalmi hatások, stb.).

A brazil Paez és szerzőtársai olyan burkolatállapot index kifejlesztését választották témájukul, amely a városi burkolatgazdálkodási rendszer céljait szolgálja [18]. Nem ritka a különböző útburkolat-állapot indexeknek a városi útburkolat-gazdálkodási rendszerekben történő alkalmazása. A cikk az amerikai SHRP programban, a hajlékony pályaszerkezetekre választott hibatípusokat, súlyossági mértékeket és kiterjedési besorolásokat veszi alapul. A városi burkolatállapot indexnek a kialakításakor a szóban forgó brazil város pályaszerkezet-tervezési, az építőanyagokkal összefüggő, az építési, a minőségellenőrzési és az állapotjavító stratégiákkal összefüggő jellemzőit veszik alapul. Az index kifejlesztése a következő három lépésben történt: az egyes burkolathiba-típusok súlyozó tényezőinek szakértői véleményekre támaszkodó megállapítása; a hibasúlyosságok súlyozó tényezőinek a megállapítása; a hibakiterjedések súlyozó tényezőinek a megállapítása. A kiterjedt esettanulmány az ország különböző részeiből választott 10 402 db útszakaszra terjedt ki.

Az ír Feighan és szerzőtársai előadásukban a stratégiai és taktikai szintű, fontos teljesítményi mérőszámokkal foglalkoztak [19]. Az ír Transport

Infrastructure Ireland (TII) az 5300 km-nyi országos közúthálózatra már évtizedek óta alkalmazott útburkolati vagyongazdálkodási rendszerét továbbfejlesztette, amennyiben azt a burkolatteljesítmény számos jellemzőjének mérésére és bemutatására kiterjedő, jól ismételhető elemmel egészítette ki. Az Új-Zélandban kidolgozott közelítést követve, a kulcsfontosságú teljesítményi mérőszámok megjelenítésére három – stratégiai, taktikai és operatív – szintet különböztettek meg. Ezek közül a stratégiai szint a felső szintű döntéshozók és menedzserek igényeinek kielégítésére szolgál; ezek a teljesítményi mérőszámok sokkal inkább kvalitatív jellegűek, mint számszerűsítettek. Ugyanakkor a taktikai szintű, kulcsfontosságú teljesítményi paraméterek már inkább a részletekbe mennek, mivel arról nyújtanak információt, hogy az anyagi eszközök ráfordítása az útgazdálkodás különböző területeire milyen hatást gyakorol. A műszaki és a gazdasági paraméterek változása és időbeli trendje, valamint a területi és útkategóriák szerinti különbségek bemutatása ebben a csoportban általánosan elterjedt. A harmadik, operatív mérőszámcsoporthoz a rövid távú (legfeljebb egy éves) tervezéssel – részletes tervek, mennyiségek, költségek, munkautasítások, szerződések, stb. – van közvetlen összefüggésben. A TII által kialakított következő teljesítményi mérőszámok mind stratégiai, mind pedig taktikai szintűek: pályaszerkezeti épség, a burkolat épsége, az útpálya csúszásellenállása, a burkolatra történő költségáfordítás szintje, a burkolat gazdasági hatékonysága, a burkolat fenntarthatósága, a burkolat használoinak kielégítettségi szintje. A következő paraméterekhez stratégiai szinten csak kvalitatív információk szolgálnak: pályaszerkezeti épség, a burkolat épsége, az útpálya csúszásellenállása. Ezek a taktikai szinten alkalmazott, számszerűsített mérőszámok a következő kategóriák valamelyikébe történő sorolásával hozhatók létre: nagyon jó, jó, közepes, gyenge, nagyon gyenge.

7. AZ EGÉSZ ÉLETTARTAMRA VONATKOZÓ (KÖLTSÉG)ELEMZÉSEK

Az amerikai Buss és szerzőtársa a kisforgalmú utakra speciális (egyszerűsített) élettartamköltség modellt alakított ki [20]. Gyakran felmerülő feladat, hogy valamely közúti projekt számos lehetséges pályaszerkezet-vál-

tozata közül kell választani. Általánosan elterjedt ilyenkor az élettartamköltségek olyan elemzése, amelynek vizsgálati időtartama legalább egyszeri, több pályaszerkezeti réteg cseréjével történő felújítást is magában foglal. Az élettartamköltség-elemzés arra irányul, hogy a vizsgálati időtartam alatt a legkisebb ráfordítást igénylő pályaszerkezet-változatot ki lehessen választani. A burkolatteljesítmény használhatósági előrebecslésekor olyan teljesítményi mérőszámokat alkalmaznak, mint a hosszirányú pályae egyenletlenséget jellemző IRI (nemzetközi egyenletlenségi index), felületi repedések mennyisége (felületaránya) vagy a keréknyomvályú-mélység. A teljesítményi információsort költségadatokkal együtt használják, hogy az egyes változatok költség-haszon elemzése is végrehajtható legyen. Ez utóbbi viszonylag nagy időráfordítást és ezzel jelentős kiadást igényel. A szerzők egyszerűsítési javaslattal élnek arra az esetre, amikor ütügyi szervezetek kisforgalmú, burkolt utakra akarják az elemzést végrehajtani. Nagy szerepet szánnak a szóban forgó pályaszerkezet-típusra kialakított hálózatviselkedési modelljüknek is.

A francia Santos és szerzőtársai az egész élettartam alatt várható üvegházhatású gázok kibocsátásának az optimális útburkolat-fenntartási program készítésekor történő figyelembevételét választották előadásuk témájául [21]. A közúti szervezetek számára nyilvánvalóvá vált, hogy az optimalizáló burkolatgazdálkodási rendszereiket (PMS-eiket) környezeti szempontokkal is ki kell egészíteniük, mivel a burkolatgazdálkodással összefüggő tevékenységek az üvegházhatású gázok kibocsátására érdemleges hatást gyakorolnak. A többcélú optimalizálás a burkolatgazdálkodással kapcsolatos gazdasági és környezeti következmények egyidejű figyelembevételére hatékony technikának bizonyult. Ebben segítségül van az üvegházhatású gázok kibocsátásának „költséglese”. Az előadók megvizsgálták, hogy az utak kezelésével összefüggő döntéseket ez a két szempont hogyan befolyásolja. Ehhez kapcsolódóan egy amerikai esettanulmányt is ismertettek, amely genetikai algoritmust alkalmazásával a kezelői költségeket, az úthasználói költsége-

ket és az üvegházhatású gázok kibocsátását egyaránt figyelembe veszi.

A kanadai Laurent és szerzőtársai az útburkolatok felületi érdességének mérésére ismertettek újszerű eljárást [22]. Ismeretesebb, bár nem széles körűen alkalmazottak a 3D keresztprofilmérési eljárások (pl. az LCMS lézeres repedésmérő rendszer), amelyeket a pályán jelentkező nyílt (kiöntetlen) repedések megjelenítésére tartanak megfelelőnek. A szerzők azt mutatták be, hogy az LCMS a pálya felületi makrotextúrájának a jellemzésére is alkalmas, mégpedig legalább olyan pontossággal mint a 32 vagy 64 kHz-es, pontonkénti textúramérő lézeres technikák. (Az összehasonlító méréssorozat azt igazolta, hogy a kétféle technikával mért textúra értékek, 92%-os korrelációs együttható mellett, megfeleltek egymásnak). Emellett, mivel az LCMS a teljes pálya textúráját képes mérni, a kiöntött repedésekről, a felületi kötőanyag-feldúsulásról („izzadás”-ról) vagy zúzalékkipergésről is képes információkat szolgáltatni (3. ábra).

3. ábra: Kiöntött burkolatrepedések LCMS készülékkel való megjelenítése



A szerb Ćirilović és szerzőtársai olyan burkolatfenntartási modellt ismertettek, amely az egész élettartamra vonatkozó elemzést (LCA) és az egész élettartamra vonatkozó költségelemzést (LCCA) hálózati szinten egyesíti [23]. A legtöbb világszerte sikeresen alkalmazott útburkolat-gazdálkodási rendszer (PMS) az optimális fenntartási stratégiákat a teljes társadalmi (kezelői + használói) költség minimalizálása mellett választja ki. Újabb a környezeti költségeket is egyre nagyobb

mértékgigyelembe veszik, amelyeknek mértéke a romló burkolatállapottal növekszik. Bár az állapotjavító beavatkozással a káros anyag kibocsátása növekszik, az úton folyó munkák során jelentős környezeti károkkal kell számolni. A szerzők olyan modellt ismertettek, amely az említett hatásokat az LCA és LCCA integrálása révén az egész élettartamra hálózati szinten tekintetbe veszi. A kialakított modellt a szerb országos közúthálózatra sikeresen alkalmazták.

8. FENNTARTÁSI-FELÚJÍTÁSI TECH- NOLÓGIÁK

Az amerikai Tsai és szerzőtársa az útburkolatok időben elhalasztott felújításának kritikus következményeivel foglalkozott [24]. Világszerte általánosnak tekinthető, hogy a kedvezőtlen gazdasági körülmények között az állapota miatt beavatkozást igénylő útburkolatok felújítására időben nem kerül sor. A szerzők kísérletet tesznek arra, hogy az elmaradt újraburkolás pénzügyi következményeit felmérjék. Ennek érdekében PMS-ük adattárából a beavatkozási kritériumokat és az állapotidősorokat hasznosították. Az elvégzett esettanulmány alapján azt találták, hogy a későbbre halasztott felújítás következtében az újraburkolás költségéhez többletként a mély kátyúk kitöltésének igénye ugrásszerűen megnövekszik, és az általános

burkolatállapot rosszabbodik. A legjellegzetesebb úthasználói költségtpust, a járműüzemeltetési költséget – egy amerikai modellel előrebecsült – IRI (nemzetközi egyenletlenségi index) alapján kalkulálták. Érdekes eredmény, hogy a vizsgált időszakban a használói költségek az építési költségek mintegy 16-szorosára adódtak. Az elhalasztott beavatkozás miatt az építési és a használói költségeknek az összege évenként, átlagosan 6%-kal nagyobb lett.

Az olasz Pasetto és szerzőtársai újszerű kátyúzási módszerről számoltak be [25]. A kátyúk javítására a hideg aszfaltkeverékek bedolgozása – megfelelő időben és megfelelő technológiával – rövid vagy középtávú megoldásnak bizonyul. Így, főleg kis vagy közepes forgalmi terhelés mellett, a további burkolatromlást képes visszaszorítani. Környezetbarát megoldásnak számít, ha a kátyúzó keverék újrahasznosított aszfaltanyagot is tartalmaz. A szerzők tapasztalata (széles körű laboratóriumi vizsgálatok eredménye) szerint, a bontott bitumenes tetőzsindely ez irányú hasznosítása még a kátyúzó keverék mechanikai tulajdonságait is javítja. A közeljövőben kísérleti szakaszok készítésével és rendszeres megfigyelésével kívánják a technológia megfelelőségét igazolni.

Az amerikai Shuler és szerzőtársa az aszfaltburkolatokban kialakult reflexiós repedések kezeléséről készített előadást [26]. Új, aszfalt anyagú erősítőrétegek megfelelő teljesítményét gyakran veszélyezteti a maradó pályaszerkezeti rétegek esetleges repedezettsége. Ezek a repedések áthatolhatnak az új rétegen, ún. reflexiós repedés formájában. Ez utóbbi a víz vagy törmelék pályaszerkezetbe behatolását teszi lehetővé, csökkentve az erősítőrég élettartamát. Nagy gazdasági jelentősége lehet tehát annak, ha ezeknek a reflexiós repedéseknek a kialakulási esélyét érdemlegesen csökkentik. A szerzők a következő két,

4. ábra: A Glasgrid elnevezésű üvegrost rács



reflexiós repedés visszaszorító technológia hatékonyságát vették vizsgálat alá: Glasgrid néven szabadalmaztatott üvegrost rács (4. ábra) és polimerrel modifikált bitumenes aszfalt feszültségelnyelő, közbenső réteg. A két technológia alkalmazásával kísérleti szakasz épült, referenciaszakasszal. A szakaszok állapotát hat éven keresztül, félévente figyelemmel kísérték, és nemcsak egymással, hanem a felújítás előtti pályán tapasztalt repedések mennyiségével is összehasonlították. A repedéscsökkentésben a Glasgrid rendkívül hatékynak bizonyult, mivel még 6 év után is a korábbi repedéseknek csupán 30%-a ütött át az új kopórétgen.

Az amerikai Bryce és szerzőtársai a különböző állapotmegőrző technológiáknak a burkolatteljesítményre gyakorolt hatását taglalták [27]. Közismert, hogy az állagmegőrző technikák célja az útburkolatok funkcionális minőségének megőrzése és/vagy javítása, a víz pályaszerkezetbe történő behatolásának megakadályozásával, a leromlás lassításával vagy a lokális hibák javításával. Így a költséges felújítások vagy pályaszerkezet-csere időpontja érdemlegesen elodázható; bár a szerkezeti kapacitást nem növeli, a burkolatteljesítmény nagyobb lesz, az üzemi élettartam meghosszabbodik, és az élettartamköltségek mérséklődnek. Az állagmegővő technológiáknak a burkolat rövid és hosszú távú teljesítményére gyakorolt hatásáról – egyebek mellett – az amerikai LTPP (hosszú távú burkolatteljesítmény) program hasznos információkat hozott létre. Az előadás a vékony aszfaltrétegeknek a pályaszerkezet azonnali és hosszú távú teljesítményre gyakorolt hatásával összefüggő információkat értékelte. Az állapotparaméterek közül a hosszirányú felületi egyenetlenséget és a keréknyomvályú-mélységet vették vizsgálat alá; mindkét paraméternél érdemleges rövid és hosszú távú javulást regisztráltak.

9. A MÁS INFRASTRUKTÚRA VAGYONELEMEKKEL VALÓ GAZDÁLKODÁS

Az ír Feighan és szerzőtársai a járdagazdálkodás témakörébe vezették be a hallgatóságot [28]. Írországban szakértőcsoport működött a gyalogjárdák állapotának jellemzése és a szó-

ba jövő hibatípusok definiálása tárgykörben. A tárgyalásba bevontak olyan biztosító társaságot is, amely nagyszámú, járdán bekövetkezett baleset biztosítási ügyeivel foglalkozik. Négyféle – beton, aszfalt, kőlapokkal burkolt és idomkő – burkolatú járdákra négyfokozatú állapotosztályozási rendszert alakítottak ki. Az állapotvizsgálati módszerre és az összesített értékelésre – a rendelkezésre álló szakirodalmi forrásokat is messzemenően hasznosítva – kézikönyvet szerkesztettek. A járdahibákat négy csoportra osztották: utazással összefüggésben levők, mozgási jellegűek, közműekkel kapcsolatosak és szegélyekkel összefüggők. A súlyosságát három kategóriába sorolták. A mobiltelefonos applikáció segítségével felvett járdaállapot-adatokat a PMS-be táplálják.

A japán Mizutani és szerzőtársai a drénaszfaltokra speciális gazdálkodási módszereket dolgoztak ki [29]. Az elmúlt évtizedekben a japán autópályákon egyre gyakoribbá vált a forgalombiztonsági céllal épített drénaszfaltok (vízáteresztő aszfaltok) alkalmazása. Ez utóbbiakon hamarabb keletkeznek lokális burkolathibák (főleg kátyúk), mint a hagyományos, tömör aszfalt kopórétégek felületén. Javaslatot készítettek a drénaszfalt pálya lokális hibáinak jellemzési módszerére. Ennek során az útburkolat felületét 1m*0,875m-es részekre osztják, amelyeken a meghibásodás folyamatát végigkísérik. Mivel minden burkolatrész rendszeres megfigyelése gyakorlatilag nem jöhet számításba, az állapotadatokat statisztikai módszerekkel – összegezett Markov leromlási modell alkalmazásával – nagyobb felületekre (egy-egy forgalmi sáv 10 m-es hosszúságú szakaszára) kiterjesztik. A módszer hatékonyságát számos esettanulmányban igazolták.

10. PMS ESETTANULMÁNYOK

A kanadai Wafa és szerzőtársai innovatív megoldást dolgoztak ki egy nagyváros közúti vagyongazdálkodására [30]. A mintegy 500 000 lakosú, gyors iramban fejlődő Hamilton városának közúti vagyongazdálkodásába a közelmúltban sok újdonságot vezettek be. Az előadók a különböző tervezési paraméterekkel, a jellegzetes helyszíni viszonyokkal, anyagtulajdonságokkal és a döntéshozatal se-

gító élettartamköltség-számítási eljárásokkal foglalkoztak. A legnagyobb terhelési szinttől az egészen kis forgalom nagyságig olyan innovatív anyagokat fejlesztettek ki, amelyek a burkolatok hosszú élettartamát képesek biztosítani. Döntési fát fejlesztettek ki, amelynek segítségével a megfelelő beavatkozási technológiákat ki lehet választani (1. táblázat). Az egyik városi útra végrehajtott esettanulmány a döntési fa sikerességét bizonyította. Említést érdemel az a tapasztalatuk, hogy a vékony beton erősítőréteget különösen hatékonynak találták.

A portugál Marcelino és szerzőtársai a burkolatállapot-jellemzés nemzetközi gyakorlatát tekintették át [31]. Az útburkolat-gazdálkodási rendszerek megfelelő működéséhez teljesítményi mérőszámok ismerete szükséges. Az egyik legfontosabb mérőszámcsoporthoz, a burkolatállapot-paraméterek felvétele, amelynek gyakorlata országoként különböző. Általános tapasztalatként megállapítható, hogy a korszerű útkezelés teljesítmény alapú és egyre inkább üzleti jellegű. A mérhető állapotjellemzők a használói várakozásokhoz való viszonyításra nyújtanak lehetőséget. Világszerte növekszik a teljesítményi alapú építési szerződések alkalmazása, sőt több országban – így az Egyesült Államokban és Ausztráliában – a teljesítményi alapú fenntartási szerződések is gyakoribbakká váltak. Általánosan az jellemző, hogy hossz- és keresztirányú felületi egyenetlenséget, a fe-

lületi textúrát, csúszásellenállást, teherbírást és felületi hibákat mérik. Érdekes az az amerikai javaslat, hogy a szerkezeti állapotot – teljesen újszerűen – a keréknyomvályú-mélységgel és a repedések mennyiségének felvételével jellemezzék. A különböző országok gyakran egymástól alapvetően eltérő állapotjellemzési gyakorlata lehetetlenné teszi nemzetközileg egységes „benchmark”-ok kialakítását.

Az amerikai Zimmerman előadásában azzal foglalkozott, hogy a PMS-ek működtetését milyen újabb szempontok befolyásolják [32]. A világ számos országában már több mint 30 éve útburkolat-gazdálkodási rendszerek (PMS-ek) működnek, amelyek a forráselosztásban, valamint a projektek és a beavatkozások sorolásában nyújtanak segítséget. Ezek működtetését azonban a korábbi gyakorlattól némileg eltérővé teszik a következő tényezők: az időközbeni technológiai fejlődés, a kezelőszervezetek nagyobb mértékű elszámoltathatóságára irányuló társadalmi igény, az „öregedő” infrastruktúrából származó problémák, a rendelkezésre álló közúti források korlátozottsága. Beszámolt az Egyesült Államok és Kanada ez irányú gyakorlatáról, ú.m.: az útburkolat-gazdálkodási szoftverek; a burkolatállapot-előrebecslő modellek „tudományossága”; a PMS adatok döntéshozatalban és forráselosztásban való hasznosítása; a PMS adatoknak az érdekeltekhez való eljutása; a PMS adatoknak a teljesítmény alapú szabályozások kidolgozásakor

1. táblázat: Erősítés előtt javítási technológiák

Hibafajta	Célszerű javítási módszer
Földmű és/vagy alsó alaprétteg hibái	Megfelelő szilárdságú anyaggal való csere
Olyan súlyos hibák, amelyek a térben egyenetlen aszfaltszilárdsághoz vezetnek	A hibás anyag eltávolítása után, geotextília elválasztó réteggel készült, aszfalt vagy beton anyagú pótlás; az esetleges víztelenítési problémák megoldása
Reflexiók repedések	Teljes vastagságú burkolatcsere betonréteggel vagy geotextília elválasztóréteg feletti aszfaltréteggel
Kátyúk	A kátyú aszfaltanyaggal való kitöltése
Burkolatgyűrődés	Marás
Keréknyomvályú	Marás
A kopóréteg legnagyobb adalékanyag szemcse átmérőjénél nagyobb megnyílású repedés	Aszfaltanyaggal vagy más önthető kitöltőanyaggal való javítás

történő hasznosítása; a továbbfejlesztési szándékú kezdeményezések és technológiák.

A chilei Lird és szerzőtársai városi útburkolat-gazdálkodási rendszer (PMS) kifejlesztéséről szoltak [33]. A városi burkolatgazdálkodási rendszer kidolgozói számos olyan problémával kerülnek szembe, amelyek a településeken kívüli utak burkolatának gazdálkodásakor nem merülnek fel. A fejlődő országok településeinek burkolata általában túlságosan alacsony szolgáltatási színvonalú, ami a lakosság számára különböző hátrányokat jelent, emellett még nemzetgazdasági szintű költségnövekedéssel jár. A problémák jelentkezésének két fő oka: a városi burkolatok kezelése rendszerint nem egyetlen szervezet feladata, illetve a tudományos alapú útburkolat-gazdálkodási rendszer nem áll rendelkezésre. Az előadók egy városi PMS-re adtak javaslatot. A rendszer valamennyi hálózati szinten és hosszú távon ható műszaki, gazdasági, földrajzi, társadalmi és környezeti tényezőt tekintetbe vesz. A PMS fő elemei: a városi utak műszaki állapotértékelésének módszertana; az előbbi eredménye alapján összesített városi burkolatállapot-index számítása hálózati alkalmazásra; a kialakított teljesítményi modellek; az egyes fenntartási stratégiák meghatározása, gazdasági elemzése és optimalása. A hálózati szinten történő alkalmazás olyan elsőbbségi sorolást is igényel, amely GIS-alapú és online kezelőfelületen működik.

11. KOCKÁZAT ÉS BIZTONSÁG

A kanadai Haas és szerzőtársai komplex közúti vagyongazdálkodási rendszert dolgoztak ki [34]. A különböző országok közúti vagyongazdálkodásában a vagyonelemeknek az egész

élettartamra történő optimalása céljából végzett számszerűsített felmérése fontos szerepet játszik. Emellett azonban olyan, „nehezebben jellemezhető” elemeket sem szabad figyelmen kívül hagyni, mint a forgalombiztonság, a szakmai ismeretek, az innováció, az erőforrások és a környezettel kapcsolatos intézkedések. A szerzők arra tettek kísérletet, hogy az előbbieken említett elemeket, számszerűsítetten a közúti vagyongazdálkodás részévé tegyék. Esettanulmányként – hidjaival együtt – egy úthálózatot választottak, ahol a forgalombiztonságot javító, számszerűsített beavatkozásokat is vagyongazdálkodási elemként kezelték. A 0 és 100 közötti skálájú, összesített vagyonindex (OAI) mintegy kétharmad részben az útburkolattól függ, míg a fennmaradó rész a hidakkal és a biztonságjavítással függ össze (2. táblázat). A tudás, az innováció, az erőforrás-megőrzés és a környezetvédelem vagyongazdálkodásba bevonásának lehetőségét szintén vizsgálták.

Az olasz Crispino és szerzőtársai az infrastruktúrával foglalkozó cégek kockázatkezelését tárgyalták [35]. Az egyes vizsgált vállalatoknál, azok különböző szabályozásait, szerződéskötési gyakorlatát és szervezési kérdéseit tekintettek át, amikor kockázatkezelésüket vizsgálták. A cégek kockázatkezelési rendszerének a következő területekre célszerű összpontosítaniuk:

- a kockázatkezelés minden üzleti tevékenységbe történő bevonása, hogy a kockázatcsökkentés stratégiáját és a hatékony forráselosztást meg lehessen tervezni,
- a kockázatkezelésnek az egyes szervezeti egységeken belül és külföldön való sikeres megoldása,

2. táblázat: Az összesített vagyonindex alindexeinek osztályzatai

		Osztályzat		
Vagyongazdálkodási katalógus	Vagyonállapot	3 (jó)	2 (közepes)	1 (gyenge)
Burkolatállapot	IRI (m/km)	<1.5	1.5-2.7	>2.7
	Táblalépcső (mm)	<2.5	2.5-5	>5
	Súrlódási tényező	>60	60-35	<35
	Nyomvályómélység (mm)	<6	15-6	>15

- a cégen belüli funkcionális gazdálkodási rendszerek integrálása,
- a kockázatkezelésnek a vállalat belső ellenőrzési rendszerébe és a döntéshozatali tevékenységet támogató auditálásokba való illesztése,
- annak a lehetőségnek a felmérése, hogy a „kockázat” átalakítható-e „lehetőség”-gé.

Az új-zélandi Hunt egy úthálózatra vonatkozó csúszásellenállási stratégiát alakított ki [36]. Közismert, hogy a közúti balesetek egyik kiváltója lehet a nem megfelelő burkolatállapot, elsősorban a kedvezőtlen csúszásellenállás. A szerző olyan kockázat alapú csúszásellenállási stratégiára tett javaslatot, amit korlátozott forrásmennyiség esetében célszerű alkalmazni, és amelynek fő lépései a következők:

- a forgalombiztonság szempontjából, különböző geometriai és forgalmi variációkhoz a csúszásellenállási követelmények kijelölése,
- az úthálózat – geometriai és forgalmi variációk szerinti – homogén szakaszokra osztása, ezzel kockázati kategóriák meghatározása,
- az egyes homogén szakaszokra csúszásellenállás-alapú elsőbbségi sorolás végrehajtása, figyelembe véve a pályaelhagyás következményeit, az ütközés valószínűségét, a forgalomnagyságot, a kopórétteg korát, illetve a megengedett járműsebességet,
- döntés arról, hogy mely kockázatos helyeken célszerű a pálya csúszásellenállásának mérése,
- a mérési eredmények és a helyszíni szemlén tapasztaltak alapján a szakaszok sorba állítása,

- hatékony állapotjavító technológiák kifejlesztése,
- a stratégia rendszeres figyelemmel kísérése az esetleges továbbfejlesztés érdekében.

12. „OKOS” INFRASTRUKTÚRA ÉS INFORMÁCIÓTECHNOLÓGIA

A brazil Bisconsini és szerzőtársa mobiltelefonnal gyűjtött adatok segítségével javasolta a felületi egyenetlenség meghatározását [37]. Közismert, hogy a pálya túlzott, hosszirányú egyenetlensége az utazási kényelmet csökkenti, a járműüzemeltetési költségeket megnöveli, és a burkolat üzemi élettartamát rövidíti. A felületi egyenetlenségmérő berendezéstípusok sorába az utóbbi időben a mobiltelefon is becsatlakozott, amennyiben ez utóbbiak gyorsulásmérő és GPS-alapú helymeghatározó funkciókkal is rendelkeznek (5. ábra). Vizsgálták, hogy ez az olcsó, könnyen kezelhető és termékekeny módszer eléggé megbízható adatokat szolgáltat-e. Különböző forgalmú útszakaszokon végzett kísérletek megerősítették azt az előzetes feltevést, hogy ez az eljárás – legalábbis hálózati szinten – megfelelő pontosságú pályae egyenetlenségi adatokat szolgáltat.

13. HÍD- ÉS ALAGÚTGAZDÁLKODÁS

A japán Utsunomiya és szerzőtársai előadásukban a hídburkolatokban keletkező kátyúk javításának tartósságával foglalkoztak [38]. Japán egyik legnagyobb forgalmú autópályá-

ján, a sok völgyhídon kétrétegű aszfaltbeton rétegből álló burkolatot építettek. A burkolaton keletkező kátyúk tartósan hatékony javítása mind vagyongazdálkodási, mind pedig forgalombiztonsági szempontból döntő fontosságú. Alapvető követelmény ezért, hogy a kátyúzó anyag könnyen bedolgozható legyen, és hamar szilárduljon. Szükségesnek tartják, hogy a szóba

5. ábra: Adatgyűjtés okostelefonnal



jövő kátyúzó anyagok (köztük újrahasznosított keverékek) teljesítményét komplex módon összehasonlítsák. Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok között újdonságnak számít a 40°C-os hőmérsékleten, egy ponton végzett terhelésű, fáradási vizsgálat. A vizsgálat sorozat eredményei alapján megállapítható volt, hogy 4-es víz/cement tényezőjű cementpép mind a folyósága, mind a korai szilárdság szempontjából kedvező. A cementpépes kátyújavítás után, az aszfaltburkolat süllyedés nélkül nagyon tartós-nak bizonyul. Dinamikus stabilitás szempontjából is előnyösebb a javított burkolatrész, mint környezete.

Az osztrák Weninger-Vycudil és szerzőtársai autópálya-kezelő szervezetük, az ASFINAG megbízásából élettartam-központú gazdálkodási rendszerre tettek javaslatot a hidakhoz [39]. A korábbi gyakorlattal szemben ez a fenntartástervező rendszer projekt szintű, nem az egész állományra vonatkozó. Nagy mennyiségű állapotadat és korábbi hídmérnöki tapasztalat felhasználásával a Markovláncokat hasznosító, teljesítmény-előrebecslő modelleket dolgoztak ki. A modellek gyakorlati alkalmazásának demonstrálásaként, kísérleti projekt keretében, a gyűjtött állapotinformációkat speciális szoftverrel dolgozták fel. Előrebecsülték a teljes hídállomány 30 éves fenntartási igényét.

14. A KONFERENCIASOROZAT JÖVŐJE

A Világkongresszuson a Tudományos Bizottság öt európai tagja, köztük a cikk szerzője – Luis Picado Santos portugál professzor vezetésével – ülést tartott. Ennek során, a következő EPAM konferencia házigazdájának kiválasztása volt a legfontosabb kérdés. Mintegy félévvel korábban a probléma megoldódni látszott, amikor a Tudományos Bizottság még az IBDiM-mel, a lengyel kutatóintézetrel az új konferencia szervezésének egyes kérdéseiről tárgyalt. Ez év elején azonban ez az intézet a rendezéstől visszalépett. A baveno-i Tudományos Bizottsági ülésre a Varsói Műszaki Egyetem képviselőjét is meghívták, aki ott kifejtette szándékát a következő konferencia 2021-es vagy 2022-es évi rendezésére. Pár hónapon belül születik a kérdésben végleges döntés.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 12/16 June 2017. Conference Handbook, 74 p.
- [2] 1st European Pavement Management Systems Conference, 24-27 September 2000, Budapest, Hungary. CD-ROM Proceedings.
- [3] World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 12/16 June 2017. CD-ROM Proceedings.
- [4] Mulry, B. – O'Brien, D. – Gardner, M. P. – Feighan, K.: Comparison of different visual and automated pavement condition survey techniques. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 12 p.
- [5] Yarza, P – Urbaz, E. – Roux, H – Jensen, P.: High Speed Data Collection and Automatic Crack Mapping at the Network level on the Bundaberg Region. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 12 p.
- [6] Nakamoto, Y. – Unotsu, T. – Uenakada, H.: Development of Detection Technology of Potholes Using Infrared Radiation. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [7] Kulauzović, B. – Jamnik, J.: Bridge Weigh-in-Motion as a tool for Road Damage Remediation. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [8] Pandey, S. – Harish Chowdary, T. – Rokade, S: Effect of higher axle loads on service life of bituminous pavement. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 13 p.
- [9] Duarte, F – Ferreira – Fael, P.: A new decision-aid tool for simulation of tire-pavement interaction and for quantification of energy harvesting on pavements. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [10] Erlingsson, S. – Ahmed, A. W.: Mechanistic rutting modelling of an LTPP road structure. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 11 p.

- [11] Paz, A. –Khadka, M.: Existing Pavement Deterioration Models: Limitations and a Potential Solution. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [12] Manoharan, S. – Chai, G. – Chowdhury, S. – Golding, A.: Prediction of remaining structural service life using traffic speed deflectometer. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 11 p.
- [13] Buckland, Th. – Abell, R. – Thiessen, Ph. – Collins, J.: Valuing road maintenance funding alongside wider benefits. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [14] Tartari, E. – Kaba, F.: Natural bitumen – the perfect additives for high-performance asphalt mixes. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 19 p.
- [15] Heller, S.: Condition Related Keys for Allocation of Asset Maintenance Funds Between Road Networks. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 8 p.
- [16] Moodley, S.: Prioritising maintenance and rehabilitation projects by developing appropriate strategies to ensure sustainable pavement preservation. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 8 p.
- [17] Weninger-Vycudil, A. – Kokot, D. – Mladenović, G. – Cirilovic J. –Kulauzović, B. – Lepert, Ph. – de Lurdes Antunes, M. – Marcelino, P. – Litzka, J. – Wistuba, M. – Tanasić, N. – Schiffmann, F. –Hajdin, R.: CEDR-project ISABELA – The way to integrate social performance indicators into asset management. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [18] Paez, E. A. – Lopes, S. B. –Fernandes, J. L.: Development of a pavement condition index for urban pavement management systems. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [19] Feighan, K. – Casey, T. – Maher, P.: Pavement KPIs at Strategic and Tactical Levels on the Irish National Roads Network. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [20] Buss, A. – Schram, S.: Framework for streamlined life cycle cost analysis for low volume roads. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [21] Santos, F. – Ferreira, A. – Flintsch, A. – Cerezo, V.: Consideration of life cycle greenhouse gas emissions in optimal pavement maintenance programming: a comparison between single and multi-objective optimization approaches. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [22] Laurent, J. – Hébert, J. F. – Talbot, M.: Using full lane 3D road texture data for the automated detection of sealed cracks, bleeding and raveling. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 11 p.
- [23] Ćirilović, J. – Mladenović, G. – Queiroz, C.: Integrated LCA and LCCA Network Level Pavement Maintenance Model. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [24] Tsai, Y. – Wu, Y. Ch.: Critical Assessment of the Consequences of Delayed Pavement Resurfacing and Rehabilitation Using Pavement Condition Evaluation Data. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [25] Pasetto, M. – Giacomello, G. – Pasquini, E. – Baliello, A.: Recycling bituminous shingles in cold mix asphalt for high-performance patching repair of road pavements. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [26] Shuler, S. – Ranieri, V.: Managing Reflection Cracking in Asphalt Pavements. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 11 p.
- [27] Bryce, J. – Rada, G. – Hicks, G.: Effect of Preservation Treatments on Pavement Performance. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [28] Feighan, K. – Burke, B. – Fox, P. – Mc-Carthy, J.: Footway Management – New

- Developments in Ireland. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [29] Mizutani, D. – Obama, K. – Susaki, N. – Yasumura, K.: Management methods for drainage pavements considering local damages. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [30] Wafa, R. – Tighe, S. L. – Fung, R.: Development of innovative asset management solutions for a large Canadian city. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [31] Marcelino, P. - de Lurdes Antunes, M. – Fortunato, E.: Current international practices on pavement condition assessment. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [32] Zimmerman, K. A.: Putting Your Pavement Management System to Work. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [33] Lird, A. O. – Torres-Machi, C. – Godoy, P. – Alondra, Ch. – Mourgues, C. – Tighe, S. – Videla, C.: Development of an Urban Pavement Management System. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [34] Haas, R. W. – Hudson, W. R. – Falls, L. C.: Incorporating Safety, Knowledge, Innovations, Resource Conservation and Environmental Stewardship as Quantifiable Assets in Pavement Asset Management. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [35] Crispino, M. – Capalbo, F. – Ketabdari, M.: Risk management in infrastructure companies. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 13 p.
- [36] Hunt, S.: Skid Resistance Strategy for a Road Network. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 11 p.
- [37] Bisconsini, D. R. – Fernandes, J. L.: Determination of pavement roughness with data collected by smartphones. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [38] Utsunomiya, K. – Kinoshita, T. – Higashiyama, H. – Nakanishi, F.: An Evaluation Methodology on Fatigue Durability of Repairing Materials for Pothole Damages of Bridge Pavement. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.
- [39] Weninger-Vycudil, A. – Antony, Ch. – Honeger, Ch.: Future oriented life-cycle approach on bridges in Austria. CD-ROM Proceedings of World Conference and Asset Management, Milan (Baveno), 2017. 10 p.



World Conference on Pavement and Asset Management

Many high-level papers of World Conference on Pavement and Asset Management held in Italy can be readily utilized by the Hungarian road experts. Really useful information can be obtained from the presentations in the topics of data quality, deterioration models, economic, political and environmental management strategies, life cycle assessment and costing, as well as bridge management. The PMS case studies presented can be used in the further development of Hungarian Pavement Management System.



Weltkonferenz für die Verwaltung der Straßenbeläge und des Straßenbestands

Die große Anzahl der Vorlesungen auf hohem Niveau der in Italien veranstalteten Weltkonferenz für die Verwaltung von Straßenbelägen und des Straßenbestands können auch für die Fachleute im Straßenwesen Ungarns nützlich sein. Es wurden wichtige Informationen vor allem auf den folgenden Gebieten vorgeführt: Datenqualität, Abnutzungsmodelle, politische und umweltwirtschaftliche Strategien, auf die ganze Lebensdauer bezogenen (Kosten)Analysen sowie Brückenbewirtschaftung. Die gezeigten PMS (Straßenbelag-Bewirtschaftung System) Fallstudien können bei der Weiterentwicklung des gleichen Fachgebiets in Ungarn verwendet werden.

Szintbeni közúti csomópontok teljesítőképessége – Jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok alkalmazhatósága

A közúti infrastruktúra fejlesztés tervezése hosszú távú és rendkívül költségigényes feladat. A fejlesztési döntések nagy távlatokra határozzák meg a közúti közlekedési rendszerek működését. Időnként a műszaki szabályozás és a tervezési előírások eltérnek egymástól, esetenként hiányosak. A gyors építések miatt az egyes előírások szakmai vitája elmarad vagy késik. Ilyenkor a gyakorlat kikényszeríti egy-egy csomópont utólagos átépítését, ami költségigényes, zavarja a forgalmat és csak utólag vagy részben képes javítani a tervezési hibák okozta zavarok kiküszöbölését. A KRESZ előírások is késve követik az építési újdonságokat, tehát fontos az építés és a közlekedés szabályainak egyidejű egyeztetése, amelyhez jelentős segítséget nyújthat egy nem nagyon elterjedt módszer, megoldás tudományos ismertetése, az előnyök részletes bemutatásával.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.3

Barna Szabolcs – Dr. Schuchmann Gábor

BME Építőmérnöki Kar, Út- és Vasútépítési Tanszék

e-mail: barna.szabolcs@epito.bme.hu, schuchmann.gabor@epito.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A közúti csomópontokban jönnek létre a betorkolló folyópályaszakaszok közötti forgalmi kapcsolatok. Tervezésük során meghatározó a forgalmi kapcsolatok iránya és mértékadó nagysága, továbbá mindig figyelembe kell venni a helyszíni adottságokat (utak hálózati szerepe, környezeti körülmények stb.) is. Mindezek alapján olyan teljesítőképességű kialakítást kell alkalmazni, amely képes a főle- és az alárendelt forgalmi áramlatok számára is elfogadható idővesztéseket és várakozási időket biztosítani [1]. A legelterjedtebb szintbeni közúti csomóponttípusok a körforgalom, a jelzőlámpás forgalomirányítású és

jelzőlámpás forgalomirányítás nélküli becsatlakozások, kereszteződések. Ezekkel szemben a jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópont kevésbé ismert csomóponttípus. A magyar szabályozás sem foglalkozik részletesebb leírásával, annak ellenére, hogy több ilyen típusú csomópont is üzemel már Magyarországon, például Győrben és Szegeden, illetve 2017. júniusától Budakalászon, az M0-s és a 11-es számú főút csomópontjában.

2. JELZŐLÁMPÁS KÖRFORGALMAK

A 60-as évek végétől, a körpályának elsőbbséget biztosító modern körforgalmak megjelenésével, létrejött a legbiztonságosabb közúti csomóponttí-

pus. Ez a megállapítás azonban csak az egysávos változatokra volt igaz, mivel a nagyobb, koncentrikusan többsávos kialakítás, a baleseti statisztikák alapján az egyik legveszélyesebb csomóponttípus volt. A bekövetkezett balesetek többnyire elkerülhetők lettek volna a jelzőlámpás forgalomirányítás mellett. Ez a kényszerhelyzet hozta létre a meglévő körök „lelámpezását”, kezdetben kevés sikerrel (aminek talán legfőbb oka a jelzőlámpás irányítás és a körforgalmú működés üzeinek látszólagos ellentmondása). Világosan látszanak azonban azok a helyzetek, ahol érvényesülnek az előnyök: pl. a magasabb sebesség korlátozása, a gyalogos átkelés megkönnyítése, az idővesztések és sorhosszak csökkentése, a megnövekedett kapacitás és a javuló forgalombiztonság.

A jelzőlámpás irányítás megjelenése magával hozta azt a felismerést, hogy a geometriai kialakításnak is követnie kell ezt az új irányítási eszközt, és megjelentek a spirális geometriával kombinált jelzőlámpás körforgalmak. Ezek pozitív tapasztalatai alapján ma már egy teljesen önálló, saját geometriai és jelzőlámpás forgalomirányítási követelményekkel rendelkező csomóponttípusról, a jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontról beszélhetünk [2], [3], [4].

Magyarországon 2006-ban készült el az első két ilyen szabályozású csomópont Győrben. Számuk az eltelt több mint tíz év alatt alig nőtt, hiszen egy-egy csomópontot adtak csak át Szegeden és Budakalászon. Így előfordulhat, hogy az országban közlekedők jelentős része nem is találkozott még ilyen új típusú csomóponttal. A hagyományos kialakításoknál a megszokottaktól való eltérés miatt sokaknak az első találkozás problémás lehet. Ezen a szélesebb körű elterjedés és a rendszeres használat, valamint a közlekedők tájékoztatása is segíthet, így növelve a csomóponttípus jövőbeni elfogadottságát.

3. SZABÁLYOZÁSI LEHETŐSÉGEK

A Magyar Ütügyi Műszaki Előírás által is ismertettelt direkt irányítási módokkal foglalkoztunk, amelyek egyaránt szabályozzák a belépő, a körpályán haladó, valamint az onnan kilépő forgalmakat. A magyar szabályozás a következő három irányítású módot ismerteti [5]:

3.1 Turbina-elv

A program egymás után, az óramutató járásával megegyezően ad szabad jelzést a belépő járművek számára, majd a körpályán található jelzőlámpák (ún. jelzőlámpás kordonok) szabályozzák a folyamatos haladást. Ennek a módnak nagy előnye az aszimmetrikus forgalmi terhelés kiszolgálása, valamint, hogy nincs szükség önálló balra kanyarodó sávra: akár a teljes kapacitás biztosítható a balra kanyarodó járművek részére. A program elkészíthető tetszőleges számú ág esetén is, azonban az ágak bizonyos száma (és ezáltal egy bizonyos méret) felett a periódusidő jelentős megnövekedésével kell számolni [4], [5], [6].

3.2 Torkolatpáronkénti irányítás

Ennél a változatnál két szemben levő ág forgalma egyszerre kap szabad jelzést. Minden balra kanyarodó járműnek meg kell állni a szemből behaladó forgalom előtt, úgy, hogy az utolsóként megálló jármű ne korlátozza az ellentétes oldalon felsorakozó járművek későbbi kihaladását. Ahhoz, hogy ez a többi forgalmi irány zavarása nélkül lejátsszódhasson, a balra kanyarodó forgalom számára biztosítani kell az önálló sávhasználatot. A felsorakozott járművek a csomópont másik két, egymással szemben lévő ágán lévő forgalom elindulása előtt elhagyják a csomópontot. A balra kanyarodás kapacitását a körpályán rendelkezésre álló hely nagysága mellett a periódusidő is meghatározza, hiszen nincs elvi akadálya annak, hogy az egyenesen és jobbra haladó forgalomnak hosszabb szabad jelzést biztosítsunk, mint a balra kanyarodóknak. Ez a programstruktúra nagyon hasonlít a hagyományos kereszteződések kétfázisú programjaihoz, így ennek az alkalmazása a legegyszerűbb egy már meglévő, hangolt rendszerben. A kialakítás leginkább a négyágú csomópontok esetén kedvező, de megoldható ennél több ág esetén is [7], [8], [9], [10].

3.3 Teljes turbina-elv

A körforgalmú csomópont ágai ugyanabban a fázisban kapják meg a szabad jelzést, majd a belépő járművek felsorakoznak az első kör-

pálya kordon mögött úgy, hogy az utolsónak megálló ne akadályozza a megelőző ág első kihaladó járművének későbbi mozgását. A felsorakozást követően az összes jármű egy fázisban hagyja el a körpályát. A belépő forgalom szabad jelzését az első kordon mögött rendelkezésre álló hely határozza meg. Spirális sávvezetés esetén a kordon jelzőlámpái eltérő időpontban kell, hogy szabad jelzést adjanak, függően a körpálya sávjainak fonódásától. Erre azért van szükség, hogy elkerüljük a körforgalom önzáródását. Az ágak középszigethez való érintőirányú csatlakoztatása csökkenteni tudja a kordonok között szükséges időeltolások számát. Ezenkívül, ha a körpálya elég nagy, olyan programot is létrehozhatunk, amely megállás és felsorakozás nélkül biztosítja a továbbhaladást. Ilyenkor kevesebb jármű haladhat be a körpályára, mint amennyi ténylegesen elférne. A három programtípus közül ennek van a legkisebb periódusideje, ami miatt jól alkalmazható nagy méretű, sokágú csomópontoknál [5], [6], [10].

Természetesen a fenti három típus kombinációja, vegyes alkalmazása is lehetséges [6]. Ezeken kívül léteznek indirekt irányítású megoldások is, amelyek csak bizonyos ágakon befolyásolják a körpálya megközelítését, de nem változtatnak a körpálya elsőbbségén. Ezeket legtöbbször járműdetektálással együtt alkalmazzák [3], [11], de most nem vizsgáltuk azokat.

4. A TELJESÍTŐKÉPESSÉG VIZSGÁLATA

A teljesítőképesség meghatározásához a PTV Vissim mikroszimulációs programjával végeztünk méréseket [12]. Összesen 9 db csomópont modelljét készítettük el, amelyek közül a jelzőlámpával irányított csomópontokhoz különböző periódusidejű jelzésidőterveket is alkalmaztunk, így összesen 14 db modell szolgáltatta az adatokat a vizsgálatához.

Az összehasonlíthatóság érdekében az összes csomóponti modell azonos alapbeállításokat használt. A forgalom nagysága minden irányból azonos volt, és csak személygépjárművekből állt. A megengedett sebesség 50 km/h, a

kanyarodási sebességeket az alábbi képlettel határoztuk meg [4]:

$$v \left[\frac{km}{h} \right] = 0,67 \times R [m] + 11$$

Az összes vizsgált csomópont négyágú volt, ahol a függőleges irány sávjai 3,5 m, a vízszintes irány sávjai 3,25 m szélesek, a körpályán a sáv szélesség egységesen 5 m. A járműosztályozók hossza (ha alkalmaztuk) egységesen 100 m, valamint a csomópontok előtti többsávú szakaszok utolsó 50 m-en a sáv váltási lehetőségek korlátozottak. A csak táblával szabályozott csomópontok és körforgalmak elsőbbségadási viszonyait a program beépített „konfliktus terület” opciójával definiáltuk. A balra, az egyenesen és a jobbra továbbhaladó gépjárművek számának aránya 1:3:2 volt minden vizsgált csomópontban.

A következő 9 db ábra a vizsgált csomóponti modelleket mutatja be. Legegyszerűbb csomópontként egy jelzőlámpás forgalomirányítás nélküli kereszteződést alakítottunk ki, mindkét irányban 2x1 sávú keresztmetszettel, amelyben a függőleges irányoknak elsőbbsége volt a keresztező (vízszintes) irányokkal szemben (1. ábra). A csomópont eredményeire a jelzőtáblás 1 kifejezéssel hivatkoztunk. A második csomópont - jelzőtáblás 2 hivatkozással - az első továbbfejlesztése, ahol azonos beállítások mellett a fölérendelt forgalom mindhárom irányának egy-egy külön sáv állt a rendelkezésére (2. ábra). Összesen 3 db körforgalmat modelleztünk. Az első - körforgalom 1 hivatkozással - egy 12 m-es belső sugarú körpályával kialakított egysávú változat volt (3. ábra). A kétsávú körforgalmak közül 2db különböző méretű turbó körforgalmat modelleztünk. A kisebbnél - körforgalom 2 hivatkozással - 12 m-es R1 belső sugarat, a nagyobbbanál - körforgalom 3 hivatkozással - 20 m-es R1 belső sugarat alkalmaztunk (4. és 5. ábra). A nagyobb geometriához elkészítettünk egy turbina elv szerint működő, 90 mp-esre megnövelt periódusidejű jelzéstervet. Az alapprogramtól való eltérésre a geometria és a minden irányból azonos forgalom által okozott különböző sávterhelések kiegyensúlyozása érdekében volt szükséges.

1. ábra: Jelzőtáblával szabályozott csomópont 1



2. ábra: Jelzőtáblával szabályozott csomópont 2



3. ábra: Körforgalom 1 - egysávos



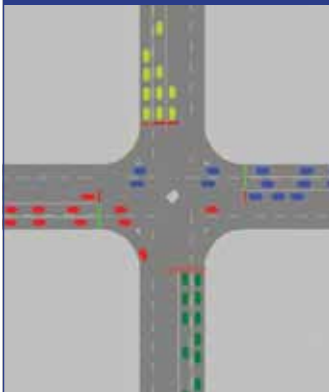
4. ábra: Körforgalom 2 - turbó körforgalom R1 = 12 m



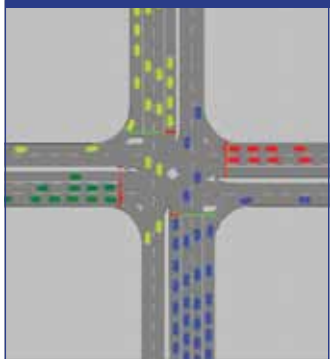
5. ábra: Körforgalom 3 - turbó körforgalom R1 = 20 m



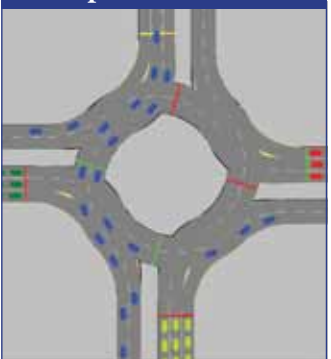
6. ábra: Jelzőlámpával irányított kereszteződés 1



7. ábra: Jelzőlámpával irányított kereszteződés 2



8. ábra: Jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópont 1



9. ábra: Jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópont 2



A 6. ábrán látható a kisebb, hagyományos jelzőlámpás irányítású kereszteződés (jelzőlámpás 1 hivatkozással). Minden irányból 3 sávos a járműosztályozó, amely egy balos, egy egyenes és egyenes-jobbos sávból állt (belülről kifelé haladva). A csomópontot vizsgáltuk 60 és 90 mp-es periódusidejű programmal is. A 7. ábra mutatja a függőleges irányban plusz egy egyenes sávot tartalmazó járműosztályozóval kialakított, nagyobb jelzőlámpás irányítású kereszteződést. A csomópont eredményeit (jelzőlámpás 2 hivatkozással) egy 90 mp-es és egy 120 mp-es periódusidejű program alkalmazásával is ábrázoltuk, illetve a hosszabb program melletti méréseket, az összes irányban 50 m-rel meghosszabbított, 150 m-es osztályozókkal is vizsgáltuk. Az utolsó két ábrán található a jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok. Az első geometriája egy turbó körforgalom 3 sávos továbbfejlesztése volt, úgynevezett rotor körforgalom [13], ahol az összes irányban egy balos-egyenes, egy egyenes és egy jobbos sáv állt rendelkezésre (belülről kifelé haladva) a továbbhaladáshoz (8. ábra). Jelzésterve a turbina elvet követte, periódusideje 80 mp (eredmények jelzős kör 1 hivatkozással). A második szintén 3 sávval, de spirális vezetésű kanyarodósávokkal, érintőirányú ágcsatlakozásokkal alakítottuk ki (9. ábra). A belső lekerekítések sugarát 12 m-nek, és a lekerekítések közötti távolságot 20 m-nek választottuk. A sávkiosztás az előzőtől eltérő, egy balos, egy egyenes és egy egyenes-jobbos (belülről kifelé haladva) sávból lehetett tovább

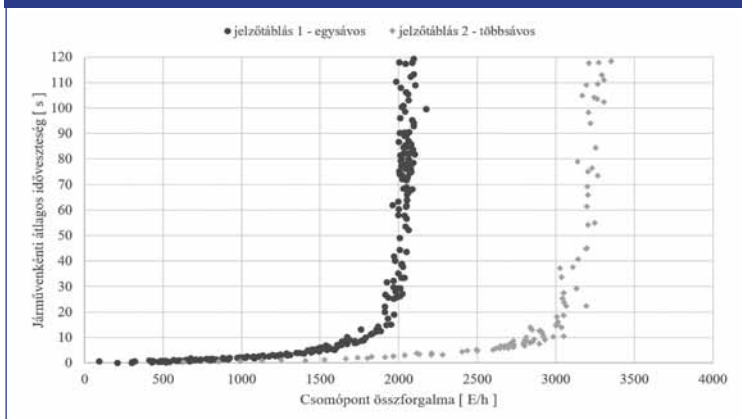
menni. A vizsgálat során használt 60 és 90 mp-es periódusidejű programok a torkolatpáronkénti irányítás elve szerint működtek. A 90 mp-es programnál, az önálló balra kanyarodó sávok szabad jelzéseinek kivételével, az összes irány zöldidejét növeltük.

5. EREDMÉNYEK

A szimulációs vizsgálat során óránkénti bontásban, folyamatosan mértük az egyes változatoknál a különböző forgalomnagyságokhoz tartozó járművenkénti átlagos utazásiidő-értékeket az adott csomópont áteresztőképességének határáig. A méréseket minden esetben ugyanazon keresztmetszetek között végeztük, így az egyes kialakítások mért értékeinek a legkisebb modellezett csomópontban (1. ábra), a forgalom akadályoztatása (elsőbbségadási kötelezettség) nélkül mért értékeivel való összehasonlításával meghatározhattuk a járművenkénti átlagos idővesztéseket. A méréseket többször megismételtük különböző, véletlenül generált forgalomra is (random seed), hogy elegendő számú adat álljon elő. Az idővesztéseket a forgalomnagyság függvényében ábrázoltuk a 10-13. ábrákon.

A kapott eredmények (a forgalomnagyságokat tekintve) összevethetők más munkák eredményeivel is, hiszen azok értékei az utazási idővel szemben előre megadott paraméterek. A maximálisan áthaladni képes járművek számát az jelzi, amikor az adott értékhez tartozó,

10. ábra: Jelzőtáblával szabályozott kereszteződések: forgalomnagyság és idővesztés összefüggései



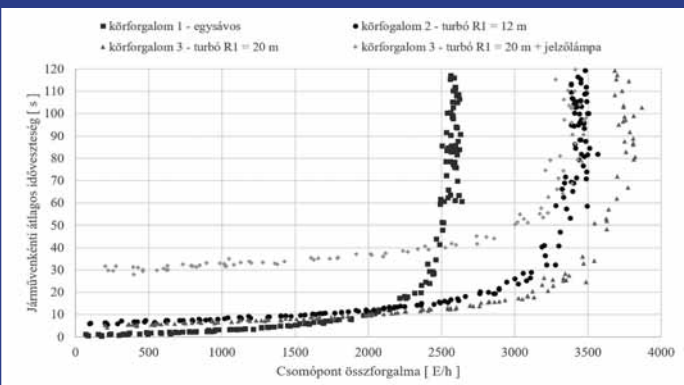
mért idővesztések értékei bizonyos mértékű szórással a végtelen felé kezdenek el folyamatosan növekedni, illetve jelzőlámpás szabályozás mellett azok meghaladják a periódusidőt.

Az idővesztések fentebb leírt módon történő meghatározása azzal az előnnyel is jár, hogy az ábrákon látható eredmények tartalmazták az egyes geometriai és méretbeli eltérések miatt

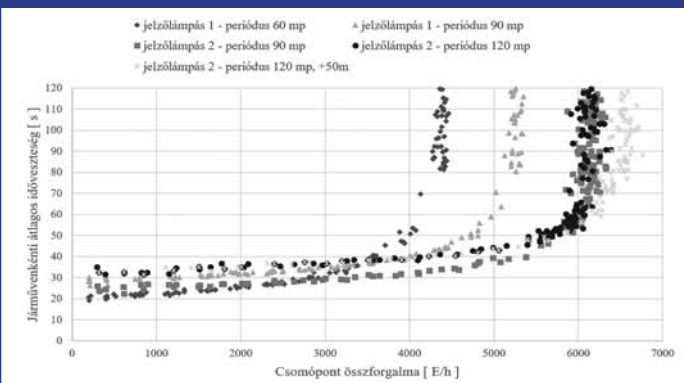
keletkező idővesztéseket is. Ezt jól példázza a 11. ábra, amely a körforgalmak adatait tartalmazza. Míg az egysávos kialakítás, a jelzőtáblás kereszteződésekhez hasonlóan, nullához közeli kezdeti veszteségeket okoz, addig a nagyobb méretű turbó körforgalmaknál ez az érték több másodperc, hisz a 1. ábrán bemutatott csomópontokhoz képest az összes iránynak többlettutat kell megtennie a vizsgált keresztmetszetek között. Ez a hatás a jelzőlámpás forgalomirányítású csomópontoknál hatványozottabban jelentkezik, hisz itt a nagyobb geometriai méreteken túl az alkalmazott fix periódusidejű programok akkor is tiltják a továbbhaladást, amikor az egyébként (lámpa nélkül, fizikai akadály híján) lehetséges volna (12. és 13. ábra).

Az eredményekből is látható, hogy a jelzőlámpa nélküli forgalomirányítású csomópontok esetében jelentősen növelhetjük a kapacitást, ha a különböző forgalmi irányokat szétválasztjuk, csökkentve a konfliktusba kerülő áramlatok számát (10. ábra). Azonban ez a csomópont méretének növekedésével jár, ami növeli a baleseti kockázatokat. Ezt a problémát csökkenthetjük körforgalmak alkalmazásával, amelyek úgy képesek nagy kapacitást biztosítani (11. ábra), hogy minimalizálják a konfliktusba kerülő forgalmi irányok számát. Így nagyobb forgalombiztonságot nyújtanak a jelzőtáblás szabályozású becsatlakozásokkal, keresztező-

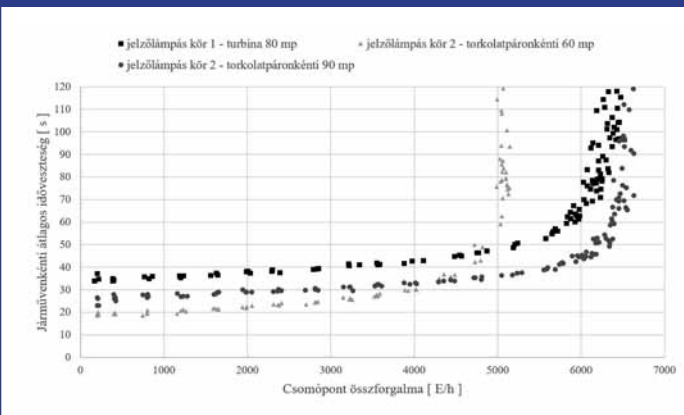
11. ábra: Körforgalmak: forgalom nagyság és idővesztés összefüggései



12. ábra: Jelzőlámpával irányított kereszteződések: forgalom nagyság és idővesztés összefüggései



13. ábra: Jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok: forgalom nagyság és idővesztés összefüggései



désekkel szemben. Igaz, ezért cserébe az összes iránynak le kell mondania az elsőbbségről a körpálya javára [1].

A 11. ábrán látható a nagyobb turbó körforgalom (5. ábra) jelzőlámpázásának eredménye. A kezdeti nagy időveszteségek mellett a kialakítás csak közelíteni tudja a jelzőlámpa nélküli változat eredményeit, ezért egy vagy két sáv esetén, gyalogos forgalom nélkül, nem ajánlott direkt módú jelzőlámpás irányítás alkalmazása a körforgalmú csomópontoknál. Ilyen esetekben jobb eredményt érhetünk el indirekt irányítási elvű kialakításokkal, amelyekkel csökkenthetjük az ágankénti időveszteségek közötti különbségeket [11].

A 12. ábra tartalmazza a jelzőlámpás forgalomirányítású kereszteződések eredményeit. Jól látható, hogy ezeknél a típusoknál könnyen növelhető a kapacitás a periódusidő és a sávszámok növelésével, javítva a szabad jelzések és periódus hosszának hányadosát, illetve csökkentve az egy sávra jutó mértékadó forgalom nagyságát. Az ábra arra is rávilágít, hogy egy bizonyos mértékű forgalom felett, ha a periódusidő növekedését nem követi a járműosztályozó mérete, akkor nem jelentkezik annak kapacitásnövelő hatása (12. ábra).

A jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontokhoz tartozó eredményeket a 13. ábra szemlélteti. A torkolatpáronkénti irányításhoz tartozó csomópont (9. ábra) 60 mp-es programja, az önálló balra kanyarodó sáv miatt, amelynek a beállított továbbhaladási arányok miatt kevesebb, mint a fele volt a kihasználtsága a többi forgalmi irányhoz képest, kisebb kapacitást eredményez a szintén 3 sávos turbina elv szerint működő, 8. ábrán látható csomópont-hoz viszonyítva, mivel ott sokkal kiegyensúlyozottabb a sávkihasználtság a közös használatú forgalmi sávoknak köszönhetően. Azonban ez a kapacitásérték is jelentősen meghaladja a hagyományos, jelzőlámpával irányított 6. ábrán látható csomópont teljesítőképességét azonos periódus mellett (12. és 13. ábra). A 90 mp-re növelt, torkolatpáronkénti irányításhoz tartozó program esetében, a balra kanyarodó forgalom szabad jelzésén kívül minden további irány szabad jelzését megnövel(het)tük, csökkentve a fentebb leírt sávkihasználatlanság hatását. A

változtatás teljesítőképességre gyakorolt pozitív hatása szemmel láthatóan is megjelenik az eredményeken, hisz az így elért kapacitás vetekszik a 50 m-rel megnövelt hosszú, 4 sávos járműosztályozót is tartalmazó, 7. ábrán látható jelzőlámpás kereszteződés értékeivel (12. és 13. ábra). A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok ugyanolyan kapacitást képesek biztosítani kevesebb sávszám és alacsonyabb periódusidő esetén, így alacsonyabb kezdeti időveszteségek mellett, mint a hagyományos jelzőlámpás kereszteződések. Ez annak köszönhető, hogy az így kialakított csomópontokon belül a párhuzamosan megjelenő, hagyományos kialakítás mellett konfliktusba kerülő forgalmak sávkapacitásai átfedésbe kerülnek, így magasabb értékű telített forgalomnagyság alakul ki.

6. KONKLÚZIÓ

A jelzőtáblás szabályozás teljesítőképességének határát jelentősen növelhetjük jelzőlámpával történő irányítás segítségével. Az eredményekből látszik, hogy a jelzőlámpával irányított körforgalmú csomópontok sikeresen alkalmazhatóak nagy kapacitásigényű forgalmi szituációk esetén. Azonban a szükséges geometria kialakítás helyigénye és a hozzájuk tartozó jelzésidőtervek alapvető eltérései (a hagyományos jelzőlámpás forgalomirányításnál megszokottakhoz képest) korlátozzák az ilyen csomópontok szélesebb körű alkalmazását. Az újabb csomóponttípus szokatlanságából, ismeretlenségéből adódóan sokan idegenkedhetnek használatuktól, de ezen megfelelő tájékoztatással a jövőben lehet segíteni. Az elfogadottság növekedését követően a közlekedési szakemberek is bátrabban alkalmazhatják ezt a rendszert, amely a legnagyobb teljesítőképességet képes nyújtani a szintbeni közúti csomópontok között.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Fi István: Közúti csomópontok tervezési elvei és forgalmi méretezésük, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005
- [2] Hallworth M. S.: Signalling roundabouts, Traffic Engineering & Control, 1992, 33/6, 354–363

- [3] Stevens C. R.: Signals and meters at roundabouts, Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa, 2005 August 18–19, <http://www.ctre.iastate.edu/pubs/midcon2005/StevensRoundabouts.pdf> (2017.02.15.)
- [4] Dr. Maklári Jenő: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 2002/2, 72-88
- [5] Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.219 A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése, 2009
- [6] Dr. Maklári Jenő: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, 2007, http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/2007/download/MJ_jelzolampas_szabalyozasu_korforgalmak.pdf (2017.02.15.)
- [7] Dr. Maklári Jenő: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés, 2002/3, 137-148
- [8] Tracz M., Chodur J. (2012): Performance and safety of roundabouts with traffic signals, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 53:789–800, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.928>
- [9] Bai Y., Chen W., Xue K. (2012): Association of signal-controlled method at roundabout and delay, Journal of Software, 7(2):346–351, DOI: <https://doi.org/10.4304/jsw.7.2.346-351>
- [10] Barna Szabolcs - Schuchmann Gábor (2012): Traffic performance of signalized circular intersections, Pollack Periodica 12(2):67–78., DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2017.12.2.6>
- [11] Akcelik R.: Roundabout metering signals: capacity, performance and timing, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Transporion Research Board, Stockholm, Svédország, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.488>
http://www.sidrasolutions.com/Documents/Akcelik_RoundaboutMeteringSignals_6thISHC2011.pdf (2017.02.15.)
- [12] PTV Group: PTV VISSIM 7 User Manual, Karlsruhe, Németország, 2014
- [13] Fortuijn L.: Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2009, 2096:16–24, DOI: <https://doi.org/10.3141/2096-03>



The performance of road level junctions – The applicability of roundabout nodes with traffic lights

The boundaries of the performance of traffic control using road signs can be significantly increased by the introduction of traffic light control systems. It can be seen from the results that roundabout intersections with traffic lights can be applied successfully in traffic situations with high capacity demand. However, the necessary space requirements for the geometry design and the corresponding deviations of the associated signalling time schedules (as compared to conventional traffic light control systems) limit the wider application of such nodes. Due to the unfamiliarity and unusual nature of the new node type, many traffic participants may be frustrated with their use, but this can be helped in the future by providing adequate information. Following the increase in acceptance, transport professionals will be able to apply this system, which can provide the highest performance among road level junctions, more courageously.



Die Leistungsfähigkeit von plangleichen Straßenverkehrsknoten - die Anwendbarkeit von lichtsignalgesteuerten Kreisverkehrsknoten

Die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Verkehrsssteuerung mit Verkehrszeichen können durch die Einführung von Lichtsignal-Kontrollsystemen deutlich erweitert werden. Aus den Ergebnissen lässt sich ablesen, dass die lichtsignalgesteuerten Kreisverkehrsknoten in Verkehrssituationen mit einem hohem Kapazitätsbedarf erfolgreich eingesetzt werden können. Die notwendigen Platzanforderungen für die geometrische Auslegung und die grundsätzlichen Abweichungen der dazu gehörenden Signalzeitpläne (im Vergleich zu den herkömmlichen Lichtsignalsteuerungen) begrenzen jedoch die breitere Anwendung solcher Knoten. Aufgrund der Ungewöhnlichkeit und der Unbekanntheit dieses neuen Knotentyps können viele Verkehrsteilnehmer durch ihre Verwendung frustriert sein; dies kann aber in der Zukunft dadurch unterstützt werden, dass angemessene Informationen bereitgestellt werden. Mit der zunehmenden Akzeptanz können die Verkehrsfachleute dieses System, das unter den niveaugleichen Straßenknoten die höchste Leistungsfähigkeit bieten kann, mutiger einsetzen.

A közlekedés és a területfelhasználás kölcsönhatásának modellezésében rejlő hazai lehetőségek – egy budapesti modell tanulmányai¹

Napjainkban a közlekedési rendszerek fejlesztésekor a döntéshozók már nem csupán a társadalmi-gazdasági értelemben vett hatékony megoldásokat keresik, de egyre inkább szükségük van az összetettebb kritériumok, mint például a társadalmi jólét, a biztonság, a klímaváltozással járó kedvezőtlen hatásokkal szembeni rugalmas ellenállóképesség, stb. szerinti vizsgálatokra is. Az utóbb felsorolt szempontoknak való megfelelésben fontos szerepe van a természeti, földrajzi jellemzők alakulásának, a népesség, az energia- és a nyersanyagforrások, valamint a különböző tevékenységek területi megoszlásának, a közlekedés és a területhasználat között érvényesülő kölcsönhatásoknak. A vázolt bonyolult, többszörös visszacsatolásokat tartalmazó, dinamikus összefüggések modellezése, illetve az ezúton nyerhető eredmények széles körű megismertetése egyre fontosabb feladat.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.4

Juhász Mattias – Dr. Koren Csaba

Széchenyi István Egyetem

e-mail: mjuhasz@sze.hu koren@sze.hu

1. BEVEZETÉS

A közlekedés stratégiai szintű tervezése kapcsán az elmúlt évtizedekben világszerte megnőtt a lehetőség szerint pontos hatás-előrebecslés igénye. A döntés-előkészítés kulcsszereplői és a döntéshozók is egzakt információkat szeretnének kapni egy fejlesztési elképzelés vagy változat várható forgalmi, valamint annak alapján levezethető gazdasági és társadalmi hatásairól [1].

Ez az információigény az elmúlt években egyre csak erősödött, amely folyamatnak két mozgatórugóját lehet megfigyelni. Egyrészt a stratégiai tervezésben érdekelték minél inkább meg kívánnak győződni arról, hogy fejlesztéseikkel egyik oldalról az előzetesen kitűzött célok teljesüléséhez járulnak hozzá, valamint nem okoznak elfogadhatatlan mértékű, esetlegesen nem kívánatos mellékhatásokat. A másik motívum a finanszírozási oldalon található, amikor is a finanszírozó (legyen az akár az Európai Unió

¹ A cikk az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 projekt támogatásával készült.

vagy egy a közpénzekkel gondosan gazdálkodó kormányzat) kíván megbizonyosodni arról, hogy a fejlesztés közgazdasági értelemben hatékony, azaz társadalmi szinten megtérül. Hazai viszonylatban főleg az EU-s társfinanszírozások kapcsán – kötelező érvénnyel – kerültek előtérbe az említett információigényt kielégítő, megalapozó vizsgálatok.

A közlekedéstervezés terén a várható hatások becslésében a forgalmi vizsgálatoknak és különösen a komplex hálózatokat és viselkedési jellemzőket leképezni képes makroszintű forgalmi modellezésnek van kiemelkedő szerepe. Sok esetben a mikroszintű vizsgálatok fontosak lehetnek, de a jelen cikk fókuszában a nagyobb, stratégiai léptékű fejlesztések állnak. A forgalmi modellezés eredményeként előálló outputok segítségével jól leírhatók egy-egy közlekedési beavatkozás várható forgalmi hatásai, amelyek egyúttal input adatokat is jelentenek a legtöbbször költség-haszon elemzés formájában megjelenő társadalmi-gazdasági elemzésekhez [2].

A nyugat-európai gyakorlatban, amely a forgalmi előrebecslések szempontjából élenjárónak tekinthető, néhány évtizede megjelentek olyan modellek is, amelyek nem csak a közlekedési hatásokat vizsgálják, hanem a közlekedés és a területfelhasználás kölcsönhatását is figyelembe veszik. Ezek az úgynevezett Land-Use and Transport Interaction (rövidítve és a továbbiakban: LUTI) modellek, amelyeknek főleg a városi közlekedés szintjén van relevanciájuk. A hazai gyakorlatban jelenleg ezek a modellek még nem jelentek meg, sőt a módváltást is magukba foglaló modellek is csak néhány éve terjedtek el. Utóbbi kapcsán fontos megjegyezni, hogy egységes országos és fővárosi modell is rendelkezésre áll.

A cikk célja, hogy tájékoztassa a szakmai közvéleményt egy hazai, a nemzetközi gyakorlat alapján és Budapest példáján kifejlesztett LUTI modellről, valamint néhány esettanulmányon keresztül demonstrálja annak működését. További cél a modell fejlesztésének és a demonstrációs példák tapasztalatainak alapján következtetések levonása, tanulságok megfogalmazása.

2. AZ ALAPMODELL

2.1. A modellépítés célja, megfontolásai

Az említett budapesti LUTI modell létrehozásának alapgondolata, hogy lehetővé tegyen egy visszacsatolást a közlekedés területfelhasználásra gyakorolt hatásán és annak a közlekedésre való visszahatásán keresztül, egyben segítse elő a közlekedési beavatkozások jelenleginél teljesebb körű hatásértékelését, például mutasson rá a fejlesztések területfelhasználásra gyakorolt hatására, legyen figyelembe rendszer szinten jelentkező egyéb hatásokat, stb.

A gondolatmenetben fontos szerepe volt annak, hogy ne csak a klasszikus fejlesztéseket lehessen értékelni, hanem a korlátozó jellegű beavatkozások hatásának értékelése is lehetővé váljon. Az elmúlt években például több közúti forgalomcsillapítással kapcsolatos fővárosi elképzelés sem tudott túllépni a döntés-előkészítés fázisán, és bár ennek egyéb okai is kétség kívül feltárhatók, de azonosítható, hogy a hatás-előrebecslések sem voltak teljes körűek. Az olyan projektekkel, mint a személyforgalmi behajtási díjjal kapcsolatos fokozott kockázatok ellehetetlenítették, de legalábbis megnehezítették a fejlesztési döntést. Ráadásul ezek a bizonytalanságok lehetőséget adnak különféle politikai, szakpolitikai játszmákra, amelyek tovább nehezítik a fejlesztések döntési környezetét. Az előzőek alapján a közúti forgalomcsillapítások példáján először felvázoltunk egy hatásértékelő keretrendszert, amelynek a jelen cikkben bemutatott modellrendszer a tulajdonképpeni magját adja [3; 4].

A modellfejlesztés első lépéseként a nemzetközi gyakorlat áttekintése (részleteiben lásd [5]) és a hatásértékelési célokból, valamint a közlekedési és területfelhasználati rendszerek működéséből levezetett elméleti modell-kapcsolatok feltérképezése történt meg [6]. Második lépésként a fővárosra vonatkozóan egy szerteágazó adatgyűjtésre került sor. Eleve azért Budapestre esett a választás, mert itt volt hazai környezetben a legnagyobb esélye a legteljesebb körű és területegységekre is rendelkezésre álló adatok meglétének. A modell elsősorban

a KSH területi statisztikáira, a népszámlálási adatokra, valamint ingatlanár adatbázisokra támaszkodik.

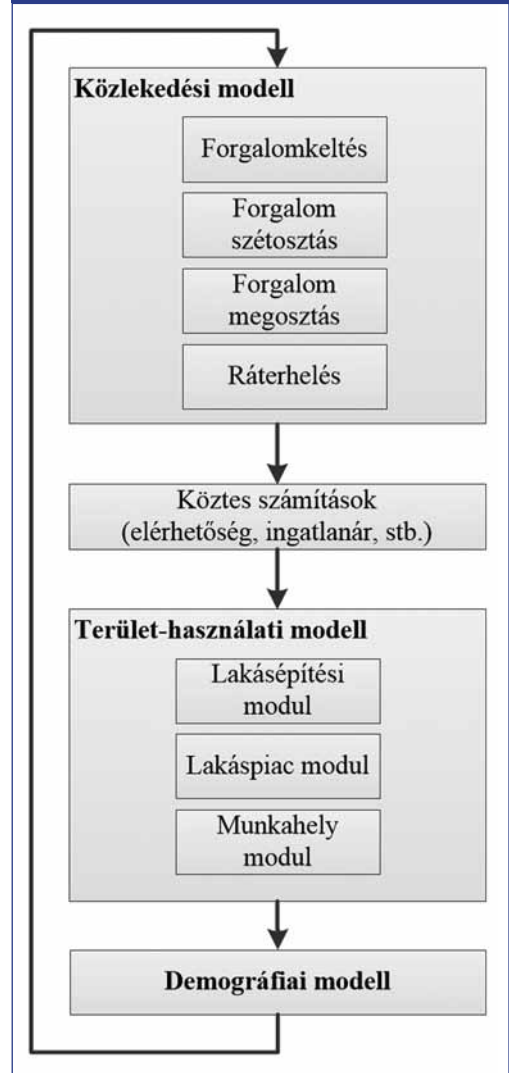
Ezt követően választottuk ki azokat a megoldásokat, részmodelleket, amelyek ötvözésével, esetenként módosításával egy a fővárosra adaptálható LUTI modellt lehetett készíteni. A rendelkezésre álló adatstruktúrákhoz igazodóan egyes részeknél a modellrendszert egyszerűsíteni kellett annak érdekében, hogy a későbbiekben valós adatokkal kalibrálható legyen a modell. E szempontból a modell szándékosan nem túl részletezett, ami az általános jellegű felhasználását is elősegíti.

2.2. A modell felépítése

A modell alapvetően három jól elkülönülő, de dinamikusan együttműködő részből áll: egy közlekedési, egy területhasználati és egy demográfiai modellszorból. A közlekedési modell egy konvencionális négylépcsős modell, amely a közlekedési szokásokat képezi le a területfelhasználás, a hálózati és szolgáltatási jellemzők, valamint egyéb meghatározó paraméterek (pl. üzemenyagár, időérték, stb.) alapján. A közlekedési modell outputjaként meghatározhatók a hálózaton kialakuló utasforgalom nagyságok, eljutási idő és költségek. A területhasználati modell ezek alapján egy elérhetőségi mutató segítségével, valamint egyéb külső paraméterek (pl. zöldterületi fejlesztések mértéke) alapján leképezi a lakóhely választási és munkahely elhelyezkedési (telephelyválasztási) döntéseket. Tulajdonképpen, egyik irányból az elérhetőségi mutató köti össze a közlekedési és a területhasználati modellt. Egy adott forgalmi körzet elérhetőségi mutatója az összes lehetséges utazási célponthoz a módválasztás alapján súlyozott és normált eljutási idejét veszi figyelembe. A területhasználati modell a lakóingatlan-építés mértékét is modellezi. Végül a demográfiai modell az elöregedő társadalmi szerkezetet reprezentálva képezi le az életkorcsoportok között bekövetkezett változásokat, és az így kialakuló demográfiai és egyéb jellemzők kerülnek inputként vissza egy következő időállapot közlekedési modelljébe. A modellrend-

szér éves időintervallumokkal dolgozik, ami lehetővé teszi egyes folyamatok részletes leképezését. A modell alapstruktúráját az 1. ábra mutatja be.

1. ábra: A LUTI modell felépítése



A modell elméleti felépítését tekintve a bécsi MARS [7], az angol DELTA/START [8] és a holland TIGRIS XL [9] modelleket, mint mintákat használta fel egyes moduljaiban, de a főváros specifikusság miatt szinte mindenhol módosított formában alkalmaztuk az

összefüggéseket. A modellépítés menetét, valamint a modell felépítését [6], illetve [10] írja le részletesen.

2.3. A modell kalibrálása

A modellépítés és kalibrálás során nem volt lehetőség széles körű kikérdezésekre és a szokásjellemzők direkt megfigyelésére (stated-, illetve revealed-preferences vizsgálatokra). A modellépítés meglévő modellek, részmodellek módosításával és kombinálásával történt, figyelembe véve a budapesti sajátosságokat és a rendelkezésre álló adatok körét. Utóbbinál fontos megjegyezni, hogy a területegységenkénti (minden modell körzetre való) és időszakonkénti (évenkénti) rendelkezésre állás is fontos szempont volt. A kalibrálás pedig az eredmény- és magyarázó változók (pl. lakosság, illetve az elérhetőségi mutatóban bekövetkezett) múltbéli változásainak megfigyelésén alapult. Az adatok egyes esetekben még így is hiányoztak (pl. szükséges éves adat, nem megfelelő aggregáltsági szint), így esetenként interpolálással, súlyozással, átlagolással vagy becsléssel kellett élni.

A modell kalibrálásának alapja a 2007 és 2013 közötti időszak volt, amely nem túl hosszú, ugyanakkor 2007 előtt több szükséges adat nem állt rendelkezésre, a 2014-ben belépő M4-es metró kezdeti hatását pedig szándékosan nem vettük figyelembe.

A kiinduló forgalmi modell adatok (hálózati modell és célforgalmi mátrix) felvételéhez a főváros egységes forgalmi modelljét (EFM) használtuk fel. Az EFM 2015-re állt rendelkezésre. Ezért először a zónarendszerét egyszerűsítettük alkerületi szintre, majd ennek és a KSH adatok alapján a közlekedési modell moduljait kalibráltuk. Ezt követően 2007-ig visszamenőleg elő kellett állítani a forgalmi modell állapotokat, hogy ki lehessen számítani az egyes évekre vonatkozó elérhetőségi mutatókat. Ezek és egyéb háttér adatok (pl. ingatlanárak) alapján már kalibrálni lehetett a területfelhasználási modulokat. Egyes modulok esetében az éves változások nagyon hektikusak voltak, ugyanakkor a hétéves időszak egészére a megfigyelhető változásokat

jól lehetett magyarázni. A kalibrálás részleteit [10] ismerteti.

A modell becsléseinek jóságát, csupán tájékoztató jelleggel az 1. táblázat foglalja össze. A közlekedési modell esetében alkerületi szinten történt a kalibrálás. A területhasználati modellt kerületi szinten kalibráltuk, mert csak így álltak rendelkezésre az adatok 2007 és 2013 között. Ugyanakkor a következő fejezetben alkerületi szintre diszaggregálva mutatjuk be az egyes változásokat. A demográfiai modellt szintén a 2007-2013 időszakra kalibráltuk. Az R^2 érték kiszámítása kapcsán a legtöbb esetben a megfigyelt (valós) és a modell által becsült adatokat vetettük össze. A közlekedési modell esetében az EFM-ből leegyszerűsített és a szintetikus előállított mátrixok cellaértékei voltak az összehasonlítás alapjai.

1. táblázat: A modell kalibrálás eredménye a modell moduljainak szintjén (forrás: [10])

Modulok		R^2
Forgalomkeltés		0,93
Forgalom szétosztás		0,80
Módválasztás	Szkg.	0,51
	Közösségi közlekedés	0,63
	Kerékpár	0,22
Teherforgalom		0,18
Ingatlanárak		0,98
Lakásépítés		0,71
Lakáspiac		0,87
Munkahelyek	Szolgáltatások	0,82
	Termelés	0,77
Demográfia		0,99

Fontos megjegyezni, hogy a közlekedési modell esetében meglehetősen alacsony R^2 értékek adódtak. Ennek egyik oka, hogy ezek a modulok egymásra épülnek és így a kezdeti lépésekben keletkező hibák a későbbi lépésekben már halmozódva jelentkeznek. Azt is látni kell, hogy a LUTI modell kialakításában nem volt cél az EFM meglehetősen részletes és megalapozott forgalmi modelljének pontos reprodukálása, csupán egy elfogadható közlekedési

modell előállítása volt a cél, amelynek segítségével kalibrálható a többi modul. A szintetikusan előállított mátrixokat egyébként sem önmagukban használtuk fel, hanem az EFM logikájának megfelelően – mivel az direkt mátrixokat használ – a „pivoting” eljárással vezettük át az igénymodell által prognosztizált változásokat a direkt mátrixokra [11].

3. ESETTANULMÁNYOK

A modell jósága azonban elsősorban valós eseteken, példákon tesztelhető csak igazán jól. Az elméleti modellt, még a kalibrálást és az abból eredő – többnyire kényszerű – változtatásokat megelőzően egy képzeletbeli városi forgalomcsillapítási példán demonstráltuk [6]. Jelen cikkben már a kalibrált modellre és a fővárosra készült három esettanulmányt mutatunk be. Ezek célja kettős: egyrészt a modell működését és az eredmények formátumát bemutatni, másrészt rajtuk keresztül ellenőrizhető, hogy a modell eredményei mennyire reálisak.

Az esettanulmányok minden esetben valamilyen beavatkozás csomag hatását mutatják be a jelenlegi helyzet jövőbeli kivételével, mint referencia esettel összehasonlításban. A modell a 2015-ös alapállapotból 15 évet fut és a 2030-as állapot tulajdonképpen az összehasonlítás tárgya a beavatkozás esetének és a beavatkozás nélküli eset különbségére vonatkozóan. A beavatkozás tehát tulajdonképpen pontszerűen, 2015-re vonatkozóan történik és aztán 15 évig

változtatlan feltételek mellett megvárjuk annak területfelhasználásra gyakorolt hatását.

3.1. Az M4-es metró hatása

Az első esettanulmány azzal az M4-es metró építéssel kapcsolatos, amelyet szándékosan hagyunk figyelmen kívül a kalibráció során. Ebben az esetben azt látjuk, hogy milyen hatása lenne az M4-es metró hiányának (!), összehasonlítva a metró létesítést követő állapottal. Nem csupán a metró hiányát, hanem az azzal összefüggő közösségi közlekedési módosítások hiányát is figyelembe vettük.

Ahogy azt a korábbiakban is ismertettük, a közlekedési hálózatban és szolgáltatásokban lévő változások lényegében az elérhetőségi mutatón keresztül fejtik ki hatásukat a területfelhasználásra. Éppen ezért elsősorban e mutató változását érdemes vizsgálni, hiszen egyéb például területfejlesztési beavatkozás híján ez mozgatja az egyébként összetett lakóhely és telephely választási döntéseket. Az első esettanulmányra vonatkozóan a 2. ábra mutatja be az M4-es metró hiánya által okozott változást. A számérték értelmezéséhez fontos ismét hangsúlyozni, hogy egy adott forgalmi körzet elérhetőségi mutatója az összes lehetséges utazási célpontnak (más körzetek háztartásai, munkahelyei) az aktuálisan jellemző módválasztás alapján súlyozott és normált (!) eljutási idejét veszi figyelembe. Az ábrán ennek az értéknek a változását látjuk másodpercben kifejezve. A

negatív értékek az elérhetőséget romlását fejezik ki. Látható, hogy a változások abszolút értékben nem túl jelentősek, ami az elérhetőségi mutató definiálására (a módválasztással való súlyozásra és a normálásra) vezethető vissza. Ilyen módon az elérhetőségi mutató értékei nem azonosak és nem vethetők össze az eljutási időkből tapasztalható változásokkal. Itt 10-20 másodperc változás már jelentősebb eljutási idő módosulást jelez.

2. ábra: Az elérhetőségi mutató változása az M4-es metró hiánya esetén



Amint az látható, a metró feltételezett hiánya főleg Újbuda és Budaörs térségének elérhetőségét rontja, míg a DNy-ÉK-i tengelyen, valamint Dél-Pest irányában is erősebben érezhető ez a hatás.

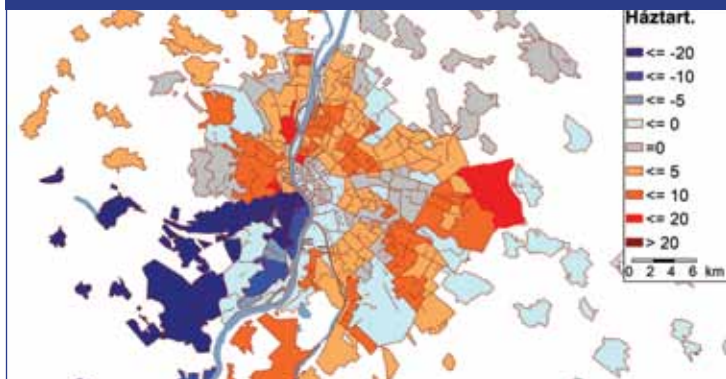
Az elérhetőségi változás a háztartások lakóhely választási döntéseit a 3. ábrán bemutatottak szerint befolyásolja.

A metró feltételezett hiányából adódóan elsősorban a dél-budai területeken figyelhető meg csökkenés, amelyet elszórt növekedések kompenzálnak. Amint látható a változások abszolút értékben nem tekinthetők jelentősnek, de ezek kizárólag a metró miatti változások és a forgalmi modell 192 zónájára értendők.

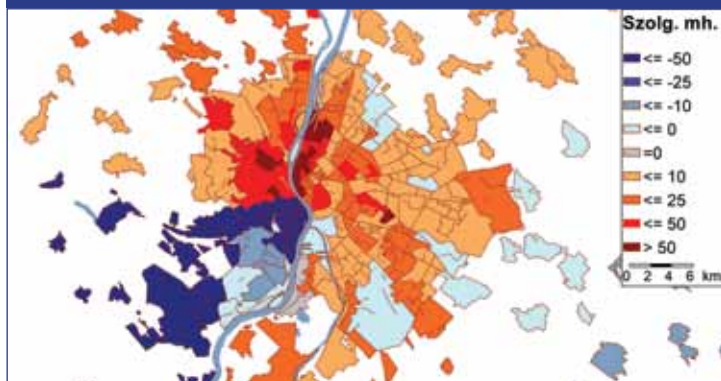
A háztartásokhoz hasonlóan a munkahely elhelyezkedések megváltozását mutatják be a 4. és 5. ábrák. A modell két kategóriát különböztet meg: szolgáltató és termelő munkahelyek.

A háztartásokhoz hasonló mintázatok láthatók, azzal a különbséggel, hogy a szolgáltató munkahelyek főleg a belvárosi térségbe települnek, míg a termelő munkahelyeknél elszórtabb kompenzációja figyelhető meg a dél-budai csökkenésnek.

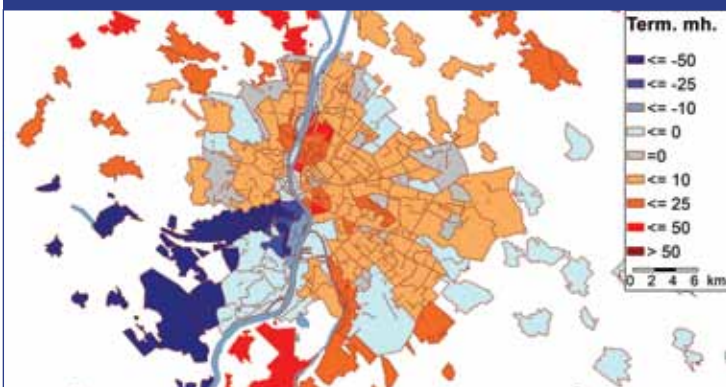
3. ábra: A háztartások számának változása az M4-es metró hiányának hatására (2030)



4. ábra: A szolgáltató munkahelyek számának változása az M4-es metró hiányának hatására (2030)



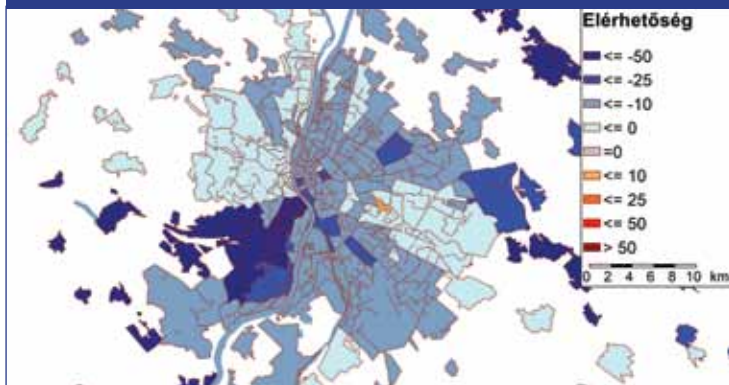
5. ábra: A termelő munkahelyek számának változása az M4-es metró hiányának hatására (2030)



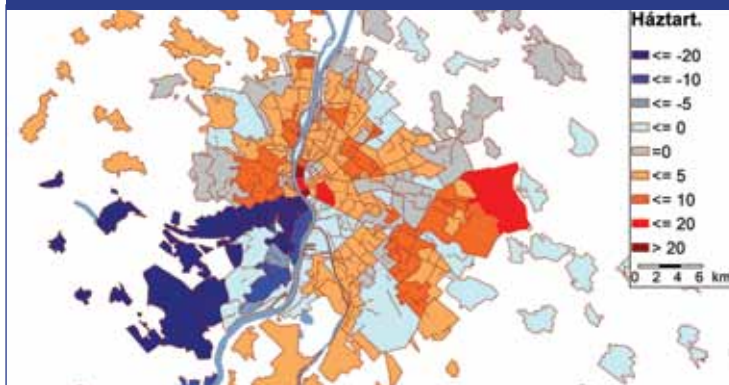
3.2. Belvárosi forgalomcsillapítások

A második esettanulmány a belvárosi térség további (az elmúlt évek beavatkozásait folytató) feltételezett forgalomcsillapítása, amely a pesti alsó rakpartok belvárosi szakaszának lezárásában és a Rákóczi út 2x1 sávossá való átépítésében nyilvánul meg közlekedési szempontból. Ezt kiegészítendő azonban zöldterületi fejlesztésekre kerül sor a forgalomcsillapítással érintett zónákban. Nem meglepő módon az elérhetőség az előző esettanulmányhoz hasonlóan szinte mindenhol romlik, különösen a dél-budai területeken. A romlás szempontjából itt is megfigyelhető egy DNY-ÉK-i és ha nem is olyan erősen, de egy É-D-i tengely. Ezeket a 6. ábra mutatja be.

6. ábra: Az elérhetőségi mutató változása a belvárosi forgalomcsillapítások esetén



7. ábra: A háztartások számának változása a belvárosi forgalomcsillapítások hatására (2030)



A belvárosi forgalomcsillapításnak a lakóhely választási döntésekre gyakorolt hatása a 7. ábrán látható. Főleg a belvárosi, különösen a zöldterületi fejlesztéssel érintett területeken növekszik a lakosság száma, míg a dél-budai régióban csökken.

A telephelyválasztásra gyakorolt hatásokat a 8. és 9. ábrák mutatják be. Mindkét munkahely kategóriában a háztartásokhoz hasonló a helyzet. A szolgáltatási szektorban erősebb a belváros felé történő elmozdulás, míg a termelő szektorban egy elszórt növekedés kompenzálja az enyhébb dél-budai visszaesést.

3.3. Az üzemanyagárak drasztikus növekedésének hatása

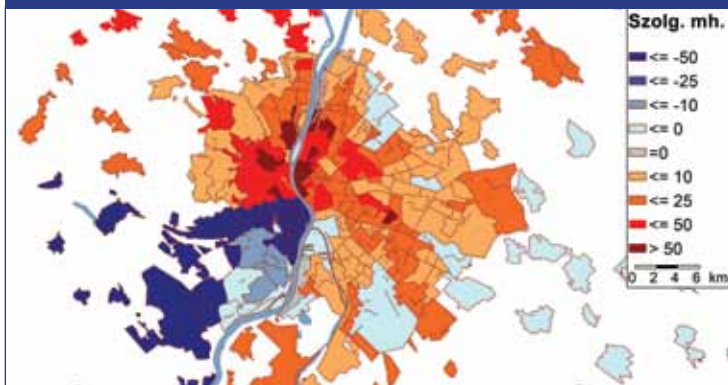
A harmadik esettanulmány az üzemanyagárak változásának hatását teszteli. Ez egy közvetett közlekedési beavatkozást jelent a járműüzemeltetési költség paraméterén keresztül, amely a módválasztási döntéseken, illetve azok következtében megváltozó eljutási viszonyokon keresztül gyűrűzik be az elérhetőségi mutatóba és ezáltal a területfelhasználást érintő döntésekbe. Ebben az esetben 50%-os növekedést feltételeztünk, amely a 2015-ös átlag kb. 370 Ft/l-es árat kb. 550 Ft-ra növeli. Ennek hatására kb. 18-20%-kal csökken a személyautót használók száma. A módváltók nagy része (kb. 75%) közösségi közlekedésre vált, de nő a kerékpározás részaránya is. A valóságban nyilvánvalóan lennének elmaradó utazások, azonban a modell ennek számszerűsítésére jelen állapotában nem alkalmas.

Az elérhetőség változását a 10. ábra mutatja be.

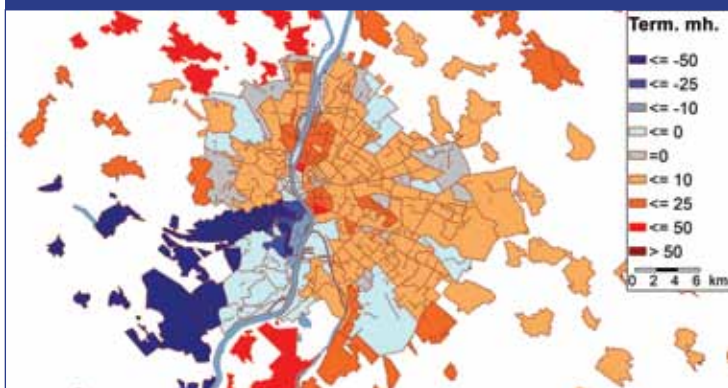
A módváltók miatt általánosságban javulnak a közúti viszonyok, hiszen a kevesebb személygépjármű utazás kevesebb torlódást is jelent. Ugyanakkor a közel 14-15%-os növekedés még nem jelenti a közösségi közlekedési szolgáltatások színvonalának katasztrofális visszaesését. Előzők alapján, mivel az elérhetőségi mutató a módváltási arányok figyelembevételével is számol, így szinte mindenhol javulnak az elérhetőségi viszonyok. Főleg azon területeken látunk erősödést, ahol eddig nagy csúcsórai torlódások voltak a jellemzők, ugyanakkor van versenyképes közösségi közlekedési alternatíva (pl. M1-M7 bevezető szakasz helyett M4-es metró a ráhordó vonalakkal együtt vagy a Hűvösvölgyi út helyett hűvösvölgyi villamosvonal). Az elérhetőség szempontjából romló területek azok, ahol a módváltás olyan eszközökre történik, amelyek lényegesen rosszabb eljutást biztosítanak. Utóbbiak elsősorban a kelet- és dél-pesti külvárosok, ahol nincs a közúti alternatívához képest minőségi kötőtpályás közösségi közlekedés.

A területfelhasználást érintő hatásokat a 11., 12. és 13. ábrák mutatják be.

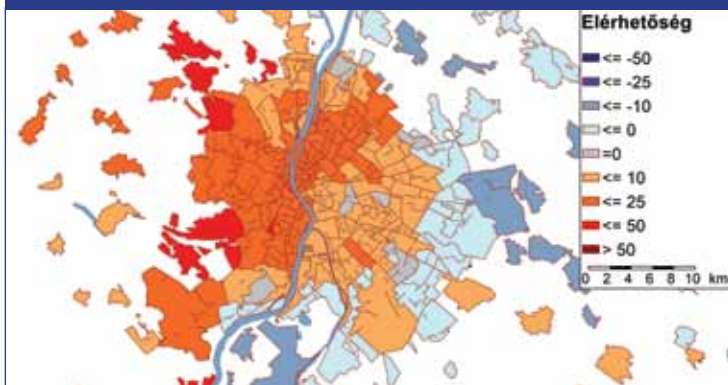
8. ábra: A szolgáltató munkahelyek számának változása a belvárosi forgalomcsillapítások hatására (2030)



9. ábra: A termelő munkahelyek számának változása a belvárosi forgalomcsillapítások hatására (2030)



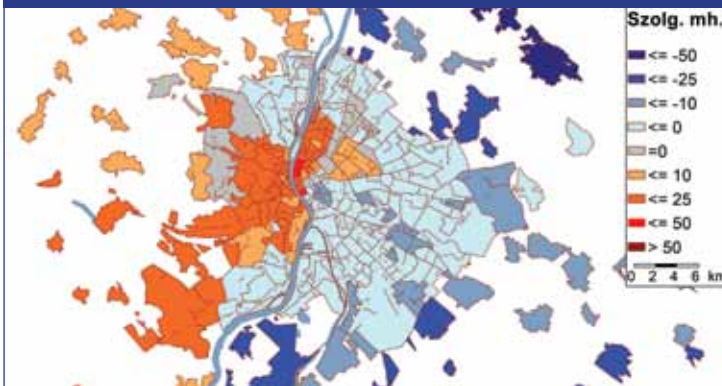
10. ábra: Az elérhetőségi mutató változása az üzemanyagár növekedés esetén



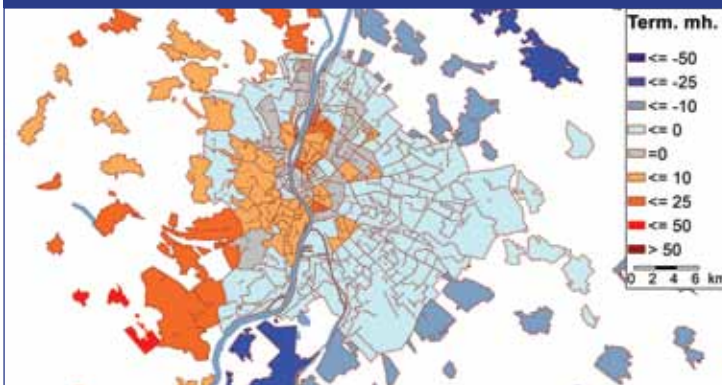
11. ábra: A háztartások számának változása az üzemanyagár növekedés hatására (2030)



12. ábra: A szolgáltató munkahelyek számának változása az üzemanyagár növekedés hatására (2030)



13. ábra: A termelő munkahelyek számának változása az üzemanyagár növekedés hatására (2030)



Az üzemanyagár növekedésének hatására a háztartások száma elsősorban a belvárosi térségben és az elérhetőségi változással érintett területeken nő, az elérhetőségi szempontból romló külvárosi területeken pedig csökken. A helyi sajátosságok (pl. a rendelkezésre álló területet) befolyása mellett nagyjából ugyanez a folyamat figyelhető meg a munkahelyek esetében. Ezek az eredmények hasonlóak mint az angliai Manchester LUTI modelljének az üzemanyagár-növekedés területhasználati hatásának vizsgálata kapcsán kaptak [12].

4. KÖVETKEZTETÉSEK, TANULSÁGOK

A bemutatott LUTI modell és annak esettanulmányai kapcsán az alábbi következtetések vonhatók le:

- A modell logikus és észszerű eredményeket produkál. Az előrebecsült hatások, változások előjele és értéke elfogadható, a várakozásoknak megfelelő.
- Az előzőektől függetlenül az eredmények óvatosan kezelendők, hiszen a modellben sok az egyszerűsítő kényszer feltételezés. A modell ebből a szempontból inkább kiindulásnak, mintsem egy tökéletesen működő gépezetnek tekinthető.
- Az előző ponthoz csatlakozva a modell lehet-

ne sokkal részletesebb is, azonban ennek előfeltétele a megfelelő adatok rendelkezésre állása. A jelenlegi modell előállítás és kalibrációja kapcsán a munka nagy része így is az adatok megfelelő struktúrában történő előállítása, „manipuláció” volt.

- Amennyiben a modell közlekedéspolitikai, stratégiai alkalmazása kívánatos és jelenlegi stádiumában is használható eredményeket produkál, – lehetővé téve az operatív alkalmazást – akkor a folyamatos használat mellett lehetőség nyílik továbbfejlesztésre és az ehhez szükséges adatstruktúrák tudatos megteremtésére.
- A modell alkalmazásának célszerűsége kapcsán elmondható, hogy a LUTI modell jelentős többletet adhat, ha pontos prognózisra van szükség. Ez különösen azon nagy volumenű fejlesztéseknél lehet fontos, ahol várhatóan nagy a területfelhasználásra gyakorolt hatás, vagy ahol egy komolyabb területfejlesztés befolyásolhatja a közlekedési beruházás sikerességét. Ezek a kérdések főleg hosszú távon megtérülő vagy ütemekre bontott fejlesztések esetén lehetnek érdekesek.
- Ugyanakkor nem szabad túlbecsülni a LUTI modellek hozzáadott értékét. Fontos, hogy egy-egy közlekedési fejlesztés hatására számszerűen kis változásokról van szó (pl. néhány tíz háztartás változás/zóna), hiszen rengeteg a rendszerbe épített egyensúlyt teremtő mechanizmus van jelen (pl. ingatlanár, torlódások kialakulása, stb.). Ettől függetlenül a LUTI hatások egy-egy beavatkozás esetében jelentős mértékűek lehetnek, és figyelmen kívül hagyásuk egyes esetekben a beruházás elmaradásához, rossz formában történő megvalósításához, vagy épp az elvétési igény fel nem ismeréséhez vezethet.

Célszerű lenne, ha a következő években a hazai szakemberek foglalkoznának a LUTI témával és lennének akár az EFM továbbfejlesztése kapcsán a témába vágó megbízások, kutatások. Részletes adatfelvételekkel nyilvánvalóan tovább lehetne finomítani a bemutatott modellt vagy annak egyes részeit. Csak remélni lehet, hogy az EU-s finanszírozás a jövőben várhatóan csökkenő tényezője mellett a hazai forrásfelhasználást biztosító intézményi háttér, nyugat-európai mintára szintén (vagy még

inkább) megköveteli a részletes és pontos alátámasztó vizsgálatokat a közpénzek hatékony felhasználása érdekében. Remélhetően a hazai projektmenedzsment körökben sokszor EU-s kényszernek tekintett megalapozó elemzések részletességükben és pontosságukban így továbbfejlődnek és nem kiüresednek, vagy szükségtelenné válnak. Ha így lesz, akkor a LUTI modelleknek minden bizonnyal lesz szerepük a következő évtizedek városi közlekedésstratégiai tervezésében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] James LAIRD, Chris NASH and Peter MACKIE [2014]: Transformational transport infrastructure: cost-benefit analysis challenges. *Town Planning Review*, 85(6):709-730. DOI: <https://doi.org/10.3828/tp.2014.43>
- [2] Juan de Dios ORTÚZAR, Luis G. WILLUMSEN [2011]: *Modelling Transport*, 4th Edition. Wiley, Chichester. p. 586.
- [3] Mattias JUHÁSZ [2014]: Assessing the requirements of urban traffic calming within the framework of sustainable urban mobility planning. *Pollack Periodica*, 9(3):3–14. DOI: [10.1556/Pollack.9.2014.3.1](https://doi.org/10.1556/Pollack.9.2014.3.1)
- [4] Mattias JUHÁSZ, László KERÉNYI, Tamás MÁTRAI [2014]: Development of a policy assessment framework for urban traffic calming through the case study of Budapest. *Proceedings of the European Transport Conference 2014*, Paper no. 4123.
- [5] Michael WEGENER [2004]: Overview of land-use transport models, In: Hensher & Button (Ed.) *Transport Geography and Spatial Systems - Handbook 5 of Handbooks in Transport*, Kidlington, Pergamon/Elsevier Science, pp. 127–146.
- [6] Mattias JUHÁSZ [2015]: Development of a land-use and transport interaction model as a part of a policy assessment framework for urban traffic calming. *Pollack Periodica*, 10(2):81–92. DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2015.10.2.8>

- [7] Paul PFAFFENBICHLER [2003]: The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), Doctoral Thesis. Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen der Technischen Universität Wien.
- [8] David SIMMONDS, Ben STILL [1997]: The implementation of the DELTA/START land use transport model, Working Paper 494. Leeds, ITS University of Leeds.
- [9] Barry ZONDAG and Gerard DE JONG [2011]: The development of the TIGRIS XL model: A bottom-up approach to transport, land-use and the economy. Research in Transportation Economics, 31(1):55–62., DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2010.11.008>
- [10] Mattias JUHÁSZ, Csaba KOREN [2017]: Creating a two-way Land-Use and Transport Interaction model for Budapest. Acta Technica Jaurinensis, 10(2):99-123., DOI: <http://dx.doi.org/10.14513/actatechjaur.v10.n2.432>
- [11] MODELL TERCETT KONZORCIUM [2015]: Egységes Forgalmi Modell (EFM) Budapest és agglomerációjának teljes területére, Modellezési és használati útmutató. Készítette: Főmterv Zrt. – Közlekedés Kft. - Trenecon Kft., Megrendelő: BKK.
- [12] Andy DOBSON, Emma RICHMOND, David SIMMONDS [2009]: Design and use of the new Greater Manchester Land-use/Transport Interaction Model (GMSPM2). Proceedings of the European Transport Conference 2009, Paper no. 3224.



Possibilities of modelling Land-Use and Transport Interaction in Hungary: Experiences from a model for Budapest

The role of ex-ante assessments forecasting and analysing the effects of transport projects are becoming more and more significant in strategic planning and decision-making. One of the most important tools of estimating expected impacts in transport planning is transport modelling. In the past decades new models have been developed that examine not only transport related effects but consider the interaction between transport and land-use as well. These are the so-called Land-Use and Transport Interaction (LUTI) models that have not gained ground in Hungary yet. However, they could have a huge relevance in urban areas. The aim of this paper is to present a new LUTI model specially developed for Budapest based on international practice and to demonstrate through case studies how it functions. Based on the results the paper points out some interesting conclusions.



Möglichkeiten des Modellierens der Wechselwirkung zwischen Flächennutzung und Verkehr in Ungarn: Erfahrungen von einem Modell für Budapest.

Die Rolle der ex-ante Bewertungen, die die Auswirkungen von Verkehrsprojekten prognostizieren, wird in der strategischen Planung und Beschlussfassung immer bedeutender. Eines der wichtigsten Werkzeuge, zukünftige Auswirkungen in der Verkehrsplannung zu schätzen, ist das Verkehrsmodellieren. In den letzten Jahrzehnten sind neue Modelle entwickelt worden, die nicht nur Verkehrsbezogene Auswirkungen untersuchen, sondern auch die Wechselwirkung zwischen Verkehr und Flächennutzung modellieren. Diese sind die sogenannte Land-Use and Transport Interaction (LUTI) Modelle, die sich in Ungarn noch nicht durchgesetzt haben. Jedoch konnten sie eine große Relevanz in städtischen Bereichen haben. Das Ziel dieses Beitrags ist, ein neues LUTI Modell zu präsentieren, das besonders für Budapest entwickelt ist, das auf der internationalen Praxis gestützt ist, weiterhin durch Fallstudien zu demonstrieren, wie es funktioniert. Gestützt auf den Ergebnissen weist der Beitrag auf einige interessante Folgerungen hin.

Pilóta nélküli légi járművek okozta kihívások a légiforgalmi irányításban

1. rész: Problémák feltárása

A pilóta nélküli légi járművek számának folyamatos emelkedése újabb kihívások elé állítja a légi közlekedési iparágat, azon belül is a légiforgalmi irányítást, amelynek feladata, hogy ellenőrzött légtérben a légi járművek biztonságos közlekedése érdekében fenntartsák a légtérfelhasználók közötti megfelelő és szükséges elkülönítést. A hagyományos légi járművek védelmére új működési környezet kialakítására van szükség, amely kellő garanciát nyújt a különböző légtérfelhasználók számára, miközben lehetővé teszi az adott repülési feladat elvégzését. A felvázolt problémákra megoldást biztosító lehetőségeket a következő számunkban megjelenő 2. rész tárgyalja.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.5

Sándor Zsolt, PhD. – Boros Péter

okleveles közlekedésmérnök kutatás-fejlesztési szakértő
független közlekedési szakértő
e-mail: zsolt.sandor1@gmail.com, peter.boros@hungarocontrol.hu

1.BEVEZETŐ

A kisméretű, kereskedelmi forgalomban elérhető RPA rendszerek (*Remotely Piloted Aircraft Systems – pilóta nélküli légijárműrendszerek, továbbiakban RPAS*) az utóbbi években egyre jobban terjednek. A műszaki és technológiai fejlődés hatására ezen járművek – *köznapi néven: drónok* – térhódítása a jövőben még szignifikánsabbá válik. Az újabb műszaki technológiák megjelenése és a tömegtermelés által a költségek és a végfelhasználói árak csökkennek, továbbá a felhasználási lehetőségek folyamatos növekedése lehetővé teszi egy új iparág kibontakozását. Míg korábban a pilóta nélküli légi járműveket (*Unmanned Air Vehicle, továbbiakban UAV*) elsősorban a katonaság alkalmazta a támadások és felderítések során, addig ma már inkább a kereskedelmi

célú felhasználás kerül előtérbe a szolgáltatási, mezőgazdasági és könnyűipari területen. A felhasználási igények kielégítése a korábbiaktól jelentősen különböző megvalósítást kíván mind a légi járművek kialakításában és paramétereiben, mind a vezérlés módjában.

A polgári felhasználási igények fokozatos növekedése húzóerőként hat a repülési ipar ezen területére, ezáltal a repülési iparág II. világháború óta tartó fejlődése a korábbiaktól eltérő pályát ír le. A fejlesztések nyitottak, a fejlesztők bármely fejlettségi szinten csatlakozhatnak, ami azt eredményezi, hogy a piacon a legváltozatosabb megoldások megtalálhatók. Az olcsó, elterjedt és könnyen hozzáférhető eszközök hatására a felhasználói oldal is felhígul, így a repülésben szinte bárki részt vehet, ami komoly biztonsági kockázatot rejt. Az RPA rendszerek

fokozódó elterjedése veszélyeztetheti a polgári légi forgalom és a mesterségesen épített infrastruktúra biztonságát, nem beszélve az emberi életről. Mindezek miatt olyan megoldásokra van szükség, amelyek komplex módon kezelik a felmerülő repülésbiztonsági és repülésvédelmi kérdéseket úgy, hogy az újonnan megjelenő és a légtérbe belépő, azt felhasználó pilóta nélküli légi jármű-rendszerek ne veszélyeztessék a hagyományos légtérfelhasználókat.

A probléma nemzetközi voltát szemlélteti, hogy a világ fejlett országaiban a vezető tudományos kutatóintézetek kutatják azokat a válaszokat, amelyek a kihívást képesek kellő biztonsági garanciával kezelni. Amerikában a NASA¹ az FAA² -vel közösen, Európában a EUROCONTROL a vezető repüléstudományi kutatóintézetekkel és légiforgalmi szolgáltatókkal (NATS³, DLR⁴, DFS⁵, Indra, Thales, stb.) együtt keresik a megoldásokat. A cikkben említett kihívások, indokok, megoldások országokon átívelően jelentkeznek, azonban egyes esetekben saját nemzeti szintű megoldásokat alkalmaznak, illeszkedve a helyi jogszabályi környezethez.

2. PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK TÁRGYKÖRÉNEK ISMERETÉSE

Annak érdekében, hogy a cikk témájául szolgáló kifejezések használata az olvasó számára egyértelmű legyen, az alábbiakban áttekintjük a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos definíciók [1], [2], [3], [11]:

- **Légi jármű:** bármely épített szerkezet, amelynek légkörben maradása a levegővel való olyan kölcsönhatásból ered, amely más, mint a földfelszínre ható légerők hatása.
- **Pilóta nélküli légi jármű⁶:** olyan polgári légi jármű, amelyet úgy terveztek és úgy tartanak üzemben, hogy vezetését nem a

fedélzetén tartózkodó személy végzi > *maga a repülő szerkezet a repülés fizikai megvalósításához szükséges egyéb – pl. irányító – berendezések nélkül.*

- **Pilóta nélküli légi jármű-rendszer:** a légi járművet, a légi jármű vezetéséhez szükséges távvezérlő munkaállomást és az ezek közötti folyamatos adatkapcsolatot nyújtó berendezést, valamint a légi járművel végrehajtott repüléshez szükséges egyéb berendezéseket magában foglaló rendszer és az irányítást végző humán összevők együttese > *azon berendezések összessége, amely segítségével a légi jármű távvezérelt módon képes egy-egy repülési feladat végrehajtására.*
- **Pilóta nélküli légi jármű-vezető:** az a személy, aki az adott pillanatban a pilóta nélküli légi jármű távvezetését végzi vagy az autonóm repülést felügyeli, és birtokában van mindazon ismereteknek, amelyek a repülési feladat végrehajtásához szükségesek.
- **Távvezérlő munkaállomás⁹:** az az állomás és a kapcsolódó berendezések összessége, amelyről a pilóta nélküli légi jármű távvezetése történik, beleértve a felhasznált adatviteli technológiát is.
- **Autonóm repülés:** olyan művelet, amely során a pilóta nélküli légi jármű a tervezett feladatokat a saját műszereire támaszkodva, önállóan, a pilóta nélküli légi jármű-vezető beavatkozása nélkül képes végrehajtani.
- **Telemetria:** repülési paraméterek folyamatos továbbítása a légi járműről a távvezérlő munkaállomás felé.

2.1. Pilóta nélküli légi járművek csoportosítási lehetőségei

Jelenleg erre még nincs egységes szabvány, azonban az amerikai Védelmi Minisztérium különböző ismérvek felhasználásával csoportosítja a már létező megoldásokat. Több lehetőség kínálkozik a különböző ismérvek alapján [2], [4], [5], [6], [7], [8], [11]:

¹ National Aeronautics and Space Administration: Nemzeti Repülési és Űrhajzási Hivatal

² Federal Aviation Administration: Szövetségi Légügyi Hivatal

³ National Air Traffic Services Holdings: Egyesült Királyság légiforgalmi irányító szolgálata

⁴ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Német Űrkutatási Központ

⁵ Deutsche Flugsicherung: Német légiforgalmi irányító szolgálat

⁶ európai terminológiában: *remotely piloted aircraft (RPA)*, amerikai terminológiában *unmanned aerial vehicle (UAV)*

⁷ európai terminológiában: *remotely piloted aircraft systems (RPAS)*, amerikai terminológiában *unmanned aerial system (UAS)*

⁸ *remote pilot (RP)*

⁹ *remote pilot station (RPS)*

2.1.1. Méret alapján: (lásd. 1. táblázat)

1. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása a méret alapján			
Típus	Nagyságrend	Terhelés	Kiegészítő információk
Extra kisméretű eszközök	néhány centiméter	néhány 10 gramm	nano, mikro, mini UAV-k
Kisméretű eszközök	néhány 10 centiméter	néhány kg-s teher (pl. kamera, szenzorok, stb.)	köznapi szóhasználatban ezeket tekintjük drónoknak
Közepes méretű eszközök	néhány méter	néhány 10 kg-s teher	légi járművek emberi erővel történő – kézzel – indítása nem megvalósítható Légiforgalmi irányítási szempontból nem relevánsak, csak elkülönített légtérben, illetve megfelelő válaszjeladó berendezéssel felszerelve üzemeltethető.
Nagyméretű eszközök	néhány 10 méter	katonai harcászati berendezések 100 kg-s teher	Légiforgalmi irányítási szempontból nem relevánsak, csak elkülönített légtérben, illetve megfelelő válaszjeladó berendezéssel felszerelve üzemeltethető.

2.1.2. Teljesítmény alapján: (lásd. 2. táblázat)

2. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása a teljesítményük alapján						
Teljesítményszint	Típus	Üzemi magasságtartomány		Hasznos teher	Üzemidő	Hatótáv
Kisteljesítményű UAV	MAV ¹	alacsony magasság	maximum néhány 10 méter	pár gramm	néhány perc	néhány 100 méter
Közepes teljesítményű UAV	LASE ²		néhány 10-100 méteres magasság	néhány (1-5) kg	néhányszor 10 perc	néhány km
Nagyteljesítményű UAV (jellemzően katonai vagy állami célú felhasználásra alkalmazott berendezések)	LALE ³		néhány 100 méteres magasság	néhány (1-10) kg	néhányszor 30 perc	néhány 10 km
	MALE ⁴		közepes magasságban, néhány km-es magasság	néhányszor 10 kg	néhány óras nagyságrend	több száz km
	HALE ⁵	nagy magasságban (10-30 km között)	néhányszor 100 kg	néhányszor 10 óra	akár több ezer km	

2.1.3. Típus és kialakítás szerint: (lásd. 3. táblázat)

3. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása típus és kialakítás alapján				
levegőnél könnyebb légijárművek	levegőnél nehezebb légijárművek			
ballon és léghajó	merev szárnyú	hibrid (függőleges fel- és leszállásra képes merevszárnyú, billenőszárnyú, billenőrotoros)	forgószárnyas (egy rotorral: hagyományos, koaxiális Flettner rotorral szerelt)	forgószárnyas (több rotorral: 3-8)

¹ Micro Air Vehicle
² Low Altitude, Short Endurance
³ Low Altitude, Long Endurance
⁴ Medium Altitude, Long Endurance
⁵ High Altitude, Long Endurance

2.1.4. Funkció alapján (high-level szintű felsorolás):

- o Állami feladatok (beleértve a katonaság által végzett tevékenységeket is):
 - rendvédelem támogatása,
 - légi- és bűnügyi felderítés,
 - bűnüldözés,
 - kutatás-mentés,
 - katasztrófavédelem támogatás,
 - határvédelem,
 - légi támogatás,
 - légi megfigyelés, kiemelt események biztosítása, stb.
- o Humanitárius tevékenységek (*más módon nem megközelíthető területek ellátása*)
- o Mezőgazdasági tevékenységek támogatása (*permetezés, ellenőrzés, stb.*)
- o Vezetékellenőrzés (*gáz, kőolaj, távvezeték, stb.*)
- o Környezeti és természeti megfigyelések
- o Távérzékelés, fotogrammetria
- o Légi felvételek készítése (*fényképek és mozgókép*)
- o Védelmi megfigyelések (*biztonsági rendszerek kiegészítése vagy kiváltása légi megfigyelés által*)
- o Tudományos tevékenységek és kutatások (*járműgyártás, légkörfizika, stb.*)
- o Légi áru- és személyszállítás
- o Hobbi és rekreációs tevékenységek: kedvtelési célból végzett, szabadidős, kizárólagosan szabadtéri tevékenységek összessége (*filmezés, drónversenyek, stb.*)

2.1.5. Tömeg alapján: illeszkedve a tervezett hazai szabályozáshoz

- o 250 gramm alatt,
- o 250 gramm és 2 kg közötti,
- o 2 kg és 25 kg közötti
- o 25 kg feletti (egészen 150 kg-ig)

2.2. Pilóta nélküli légi járművek iparági kapcsolódási pontjai

A pilóta nélküli légi járművek és azok használata a repülési iparágon belül számos szereplő

között folyamatos együttműködést igényel. Iparági szereplők:

- Jogalkotók: hazai és nemzetközi szabályozási környezetet kialakító szervezetek.
- Felügyeleti és ellenőrzési szerepköröket ellátó intézmények.
- Járműgyártók, fejlesztők és tudományos kutatóintézetek, amelyek a járművekre épített berendezéseket fejlesztik.
- Üzemeltetők és felhasználók, akik a pilóta nélküli légi járművekkel különböző célokból tevékenységeket folytatnak, amelyek lehetnek állami, kereskedelmi (*ipari, mezőgazdasági, stb.*) vagy magán tevékenységek.
- UTM¹⁰ szolgáltatók (amely részben akár globális rendszerház is lehet): biztosítják a pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjéhez szükséges rendszereket, amelyek hasonlóak a jelenlegi légiforgalmi menedzsment (ATM) rendszerekhez, azonban kifejezetten az UAS megoldásokat támogatják. Ezek további szolgáltatókra bonthatók:
 - o radargyártók, felderítési /radarszolgáltatók,
 - o AIS¹¹ szolgáltatók: légiforgalmi tájékoztató anyagok elérhetőségét biztosító szolgálat,
 - o Kommunikációs szolgáltatók,
 - o ATM-UTM integrátor: biztosítja, hogy a különböző felhasználási területekre készült rendszerek között az adatok továbbítása megtörténjen.
- ANSP¹² / ATM szolgáltatók.
- Oktatást biztosító szervezetek.
- Biztosító társaságok, akik a kötelező felelősség biztosítást nyújtják az üzemeltetőknek.
- Érdekképviseleti szervezetek.
- Hagyományos légtérfelhasználók (IFR, VFR légi forgalom).
- Repülőterek (különböző osztályúak).

3. A TÉMA INDOKOLTSÁGA

3. 1. Operatív irányítási szempontok

A légiforgalmi irányítás szempontjából a legnagyobb kihívást az alacsony magasság-

¹⁰ Unmanned Aerial System Traffic Management System – pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjét biztosító rendszer együttes

¹¹ Aeronautical Information Services - Légiforgalmi Tájékoztató Szolgálat

¹² Air Navigation Service Provider: Légnavigációs Szolgáltató

tartományban – very low level VLL – *(terep felett, maximum néhányszor 500 láb magasan)* üzemelő, kisméretű, pontos helymeghatározást lehetővé tévő radar-válaszjeladóval nem felszerelt pilóta nélküli légi járművek jelentik, amelyek pontos pozíciója nem ismert a légiforgalmi irányítás számára. A kisméretű UAV-k a kialakításuk miatt a hagyományos elsődleges légtérellelőrző radarokkal nem deríthetők fel. Ezen alacsony magasságtartományban a drónok ideiglenesen vagy tartósan átfedésben lehetnek a többi, hagyományos légi jármű által használt légtérrel és a pozíciók ismeretének hiánya, továbbá az RPA rendszerek észlelhetőségének nehézsége jelentős repülésbiztonsági kockázatot jelent *(főleg a hagyományos légi forgalom által érintett forgalmas területek felett: repülőterek környezete, mentőhelikopterek útvonala, stb.)*.

A légiforgalmi irányítás oldaláról jelentkező beavatkozási lehetőségek hiánya, illetve jelentős nehézsége újabb problémákat vetnek fel, mivel előfordulhatnak olyan forgalmi helyzetek, amikor szükségessé válik az azonnali beavatkozás *(pl. útvonal módosítása)*.

Operatív szempontból a legjelentősebb probléma, ha két légi jármű ütközik. Ez különösen veszélyes, ha a levegőben két összemérhető tömegű vagy sebességű légi járművel történik.

Mindezek elkerülése érdekében olyan megoldás kialakítása szükséges, amely segítségével kellő garanciával megvalósítható a pilóta nélküli légi járművek működésének integrálása a többi *(hagyományos)* légtér-felhasználó közé. Ennek érdekében jelenleg a légiforgalmi irányítási iparágon belül kialakulóban van egy újabb szegmens az UTM. Ennek feladata a hagyományos légi járművek fogalmi menedzsmentjéhez hasonlóan a pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjének biztosítása, amely számos a repüléshez közvetetten kapcsolódó területre is kiterjed.

3. 2. Gazdasági tényezők

Az RPAS piac világszerte folyamatosan bővül, ami mind az értékesített légi járművek darabszámában, mind az iparági befektetésekben is érzékelhető. A SESAR JU¹³ felmérése alapján Európában, az utóbbi időszakban minden évben a duplájára emelkedett az értékesített drónok száma. 2016. év végén kb. 1-1,5 millió drón volt használatban, amelyekből kereskedelmi tevékenységre ennél jóval kevesebbet, kb. 10 000 darabot, míg a többit a polgárok kedvtelési célra használták [9].

A SESAR JU előrejelzése szerint 2035-re a pilóta nélküli légi járművek (UAV) piacának éves forgalma eléri a 10 milliárd EUR-t, 2050-re a 15 milliárdot. Ezen összegek legnagyobb részét a kormányzati és kereskedelmi megrendelések adják.

Amerikában az FAA végzett kutatásokat és trendelemzést a témával kapcsolatban. A legfrissebb (2016. év végi) adatok alapján elkészült 2017-es előrejelzés az alábbi megállapításokat tette a 250 gramm és 2,5 kg közötti kisméretű drónokkal – *small UAV (sUAV)* – kapcsolatban [10]:

- 2015 decemberétől 2016. év végéig 626 ezer – sUAV-t – regisztráltak az egyéni, nem kereskedelmi célú felhasználók, azonban a becslések szerint közel kétszer ennyire tehető az sUAV-k száma. Még a konzervatív becslések alapján is több mint a háromszorosára (3,55 millióra) nő az sUAV-k száma 2021-ig.
- A kereskedelmi célú felhasználások számát tekintve a szektor még a kezdeti emelkedés beindulásának fázisában van. A következő évekre az előrejelzések azt várják, hogy egyre meredekebben emelkedik az ilyen célú felhasználás. A legviszafogottabb becslések alapján is 2021-ig a 2016-os méret ötszörösére nőhet a piac, de azt jóval meg is haladhatja. A felhasználást tekintve az sUAV-k legjellemzőbb kereskedelmi tevékenységek: légi felvételek készítése, ingatlanok felmérése; építkezések, ipari létesítmények és közművek vizsgálata; mezőgazdasági megfigyelések stb.

¹⁴ Single European Sky ATM Research Joint Undertaking

- A regisztrált pilóta nélküli légitárgy-vezetők száma, - akik on-line képzést végeznek el és tudásszint felmérőt írnak - 2021-ig várhatóan meghússzorozódhat.

2016-ban a világban 100-as nagyságrendben működtek cégek, amelyek a pilóta nélküli légitárgy-rendszerekkel kapcsolatosan végeztek tevékenységet. Ezek a berendezések fejlesztésétől, a kereskedelmi tevékenységeken át egészen a biztosításokig terjedtek. Csak Amerikában 600 cég gyárt különböző, a kereskedelmi forgalomban elérhető RPA rendszereket.

Továbbá figyelembe kell venni, hogy az előjelzések nem foglalkoztak azon repülésekkel, amelyeket a csomagküldő szolgáltatók használnának, tekintettel arra, hogy erre még nem létezik olyan szabályozás, amely lehetőséget biztosít ilyen típusú repülések üzemszerré megvalósításához. Ezek jellemzően olyan műveletek, ahol a légitárgy vezetőjének nincs vizuális kapcsolata a légitárgyvel (BVLOS¹⁴). Amennyiben megvalósulnak az ilyen repülések jogszabályi feltételei, akkor az újabb milliószerű növelheti az UAV-kel végrehajtott műveletek számát [10].

3.3. Jogszabályi hiányosságok és a feladatok elvégzésének nehézségei a légtérhez való korlátozott hozzáférés miatt

A pilóta nélküli légitárgyvel való közlekedés egységes szabályozása még számos fejlett országban kidolgozás alatt áll. Jelenleg nem állnak rendelkezésre olyan szabályok, amelyek lehetővé teszik az RPA rendszerek egyszerű, gyors és hatékony használatát. Mivel az iparág fejlődés előtt áll, és a technológia felhasználási lehetősége szinte korlátlan, így a jogalkotó csak reaktív módon tudja követni az eseményeket, illetve ezen eszközök működését a korábban kialakított környezetbe kell beilleszteni, amelyet az RPAS technológia már meghaladott. A Chicagói Egyezmény rendelkezik a pilóta nélküli légitárgyvekről, amely ezeket az eszközöket pilóta nélküli repülésre alkalmas légitárgynek határozza meg, azonban ezek nem

rendelkeznek olyan technológiai berendezésekkel, amelyekkel maradéktalanul megfelelnek a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) által meghatározott, a légitárgyvekre vonatkozó előírásoknak. Ezért nem alkalmazhatók rájuk ugyanazok a szabályok, mint amikor a repülés a pilóta fedélzeti jelenléte mellett valósul meg.

Az Európai Unió és a tagállamok közötti megosztás alapján a tagállami szabályozás hatálya a 150 kg alatti pilóta nélküli légitárgyvekre terjedhet ki, azonban jelenleg nincs olyan jogszabály, amely kifejezetten a 150 kg alatti pilóta nélküli légitárgyvekre vonatkozik.

A jelenlegi hazai gyakorlat szerint a drónok használatához eseti légtérrel kell kérnie az üzemeltetőnek, hogy a kijelölt légtérben a repülési feladat elvégezhető legyen oly módon, hogy az ne veszélyeztesse a többi légtérfelhasználót. Ez azonban jelentős adminisztrációs teherrel jár mind az üzemeltetői, mind a szolgáltatói oldalon, ami egyes esetekben ellehetetleníti az ad hoc vagy nagyon rövid határidejű - egyébként népszerűséget generáló - feladatok elvégzését, az egyszerű munkavégzést, mivel a teljes eseti légtér-kijelölési folyamat időszükséglete a 2-3 hetet is elérheti. Tekintettel a széles körű alkalmazási lehetőségeire, valamint a pilóta nélküli légitárgy-vezetők számának növekedésére, egyre nagyobb igény mutatkozik az eseti légtérrel kijelölésére, így csökkentve a rugalmas légtérfelhasználás lehetőségét, aminek megvalósítását számos más szabályozás is nehezíti.

Ez a jelentős adminisztrációs többlet egy olyan akadály, amit orvosolni kell, és létre kell hozni egy olyan működést szabályozó megoldást, amely lehetővé teszi az akár azonnali légtérhasználatot is.

Mindezen jogi akadályok jelenleg gátolják az UAV-k nagyarányú elterjedését. Amennyiben ezek elhárulnak, úgy az iparági fejlődésnek újabb dimenziói nyílnak meg, és hatására további jelentős felfutás várható.

¹⁴ Beyond Visual Line Of Sight: olyan repülések, melyek esetén a légitárgy vezetőjének nincs vizuális kapcsolata a légitárgyvel, csak a telemetriai adatok alapján végzik annak vezérlését.

4. MŰSZAKI KIHÍVÁSOK

4.1. Felderítés

Lényeges, hogy a légiforgalmi irányítást és a légiforgalmi tájékoztatást ellátó szervezetnek tudomásuk legyen minden, a levegőben tartózkodó járműről. A hagyományos légi járművek tömegük, kiterjedésük és műszerezettségük tekintetében alkalmasak arra, hogy róluk rendelkezésre álljon radar felderítési adat (*akár elsődleges, akár másodlagos radarjel formájában*).

Az RPA rendszerek esetén ez a légiforgalmi irányításban használt eltérő hatótávolságú polgári, primerlégtér ellenőrző radarokkal nem mindig valósítható meg, mivel a kisebb repülő járművek mérete a radarok felbontóképessége alatt található, és szerkezetük olyan anyagból készült (műanyag, kompozit, stb.), amelyeket ezen berendezések nem tudnak azonosítani, mivel ezek nem reflektálják a radaroktól származó sugarakat. Ez jellemzően a néhány 10 cm kiterjedésű légi járművekre vonatkozik. Nagyobb – 20-30 kg feletti – járművek esetén az elsődleges radar már képes azokat érzékelni, tekintettel arra, hogy ezek már rendelkeznek akkora felülettel, amelyek visszaverik a radarhullámokat.

További felderítési nehézséget jelent, hogy a pilóta nélküli légi járművekre nem kötelező felszerelni a válaszjeladót – *transzpondert* –, továbbá ezek leginkább a terepszint felett alacsony magasságon hatják végre a repülési feladatukat – *terepszint felett maximum 100-200 méterrel* –, ahol a hagyományos felderítő és légtérellenőrző rendszerek (sem a primer, sem a szekunder radarok) nem képesek érzékelni a járműveket. A terepszint folyamatos változása miatt a magasabb területek megakadályozzák a radarhullámok terjedését, így alacsony magasságban radarfedésben árnyékolt területek adódhatnak.

Jelenleg több megoldás is létezik arra, hogy a kisméretű repülő tárgyakat felderítésük, azonban ezek műszakilag teljesen függetlenek az ATM rendszertől, így ahhoz, hogy a légiforgalmi irányításban használt rendszerekben

ezen adatok elérhetőek legyenek, szükséges integrálásuk.

Felderítés szempontjából az alábbi megoldások állnak rendelkezésre:

- RPA rendszereket vezérlő rádiófrekvenciák megfigyelése és annak elemzése;
- SpotterRF Perimeter megfigyelő radarok,
- Holografikus radarok;
- FMCW – frekvencia modulált, folyamatos hullám – radar;
- Radar és képfeldolgozó kombinált rendszer, ami képes az elsődleges céljel vizualizációjára az optikai szenzorok által;
- Akusztikus szenzorok: minden drónnál a rotorok működése egyedi karakterisztikával rendelkezik, így az akusztikus szenzorok észlelik és meg tudják határozni az adott területen közlekedő drónt.

Lényeges, hogy az RPA rendszerek azonosításához – *az alkalmazott műszaki megoldások korlátozott volta miatt* – jóval nagyobb és kiterjedtebb infrastruktúra hálózatra van szükség, mint a hagyományos légi járművek észleléséhez.

4.2. Repülésbejelentés és útvonaltervezés (FPL)

A pilóta nélküli légi járművekkel történő repülési feladatok végrehajtásával összefüggésben repülési terv leadása nem kötelező. Ezáltal a légiforgalmi irányítás számára nem ismert, hogy milyen időpontban, milyen területek felett várható egy-egy repülési tevékenység.

Egyes RPAS megoldások (repülési műveleteket tervező applikációk) már képesek feldolgozni a tervezett repülési feladatot, azonban az így keletkező adatok jelen körülmények között a légiforgalmi irányítás számára nem elérhetők, mivel a szigetüzemben működő rendszerek és az irányítói forgalmi menedzsment rendszerek között nincs összeköttetés. Ráadásul az előzetes vagy valós idejű repülésmegfigyelő rendszerek használata a felhasználó által alkalmazott repülésirányító rendszertől függ, amit befolyásol az RPA rendszer vezérlési módja és a gyártó által használt irányítási platform.

További nehézséget jelent, hogy az ilyen típusú repülést támogató rendszerek nincsenek összeköttetésben az AIS szolgáltatókkal, így az ott megjelenített légtér és egyéb adatok hitelessége nem garantált.

4.3. Légijármű-azonosítás

A hagyományos légi járművek esetén a légiforgalmi irányítás által használt repülési adatokat feldolgozó rendszer képes egyértelműen azonosítani a légtérben tartózkodó légi járműveket a repülési terv és a radarjelek alapján, azok összerendelésével. Így az irányítók számára rendelkezésre állnak azon információk, ami alapján egyértelműen meghatározható, hogy melyik légi jármű milyen repülési feladatot hajt végre.

Pilóta nélküli légi járművek esetén ez nem valószínűsíthető meg, mivel eleve korlátozottak a felderítési lehetőségek – *mind az elsődleges, mind a másodlagos radarjelek alapján* –, és a repülési tervek is hiányoznak, ami alapján ezek összerendelése nem megoldható. A jelenlegi felderítő rendszerek egyes esetekben maximum a levegőben tartózkodó drón típusának azonosítására alkalmasak.

4.4. Safety & Security

Repülésbiztonsági (safety) szempontokból a többi légtérfelhasználóval való esetleges konfliktusok elkerülése a legfontosabb. A jelenlegi fejlettségi szinten az eltérő műszerezettséggel rendelkező pilóta nélküli légi járművek nem képesek minden esetben érzékelni a többi légi járművet, és nem is rendelkeznek olyan automata ütközésselkerülő rendszerrel, amely egy konfliktushelyzetben előre rögzített szabályok szerint a repülési útvonal megváltoztatásával biztosítja a veszély elhárítását.

Egy másik jelentős probléma a vezérlőjel elvesztése vagy bármilyen más műszaki meghibásodás esetén alkalmazandó protokoll a repülések végrehajtása során. Mivel erre nincs egységes megoldási javaslat, így jelenleg az adott RPAS gyártóján múlik, hogy milyen eljárást követ ezen események bekövetkezése esetén. Élet- és vagyonbiztonság szempont-

jából kritikus navigációs alkalmazások – légi közlekedés – területén a felhasználás megbízhatósága elengedhetetlen.

A biztonság összefügg a légi járművekre vonatkozó légi alkalmassági követelmények szigorúságával is. A szabályok segítségével meghatározhatók azok az alapvető szerkezeti és működési követelmények, amelyek biztosítják a biztonságos repülés végrehajtását.

Repülésvédelmi (security) szempontból a terrorizmus egyre fokozódó megjelenése miatt a drónok elterjedését fokozottan kell vizsgálni. Tekintettel a felderítési nehézségekre az UAV-k használata egyes terrorista csoportok számára kézenfekvő lehet. Védelmi szempontból jelenleg nem megoldott:

- a telemetriai jellemzők folyamatos nyomon követése, amely kiterjedését tekintve túlmutat az UAV és a földi irányító közötti adatvitelre,
- az adatátviteli protokollok és azok adattartalmának elemzése,
- a kibervédelmi megoldások, a vezérlés zavarásának megakadályozása vagy éppen ennek megvalósítása,
- a pilóta nélküli légi járművek vezérlésének átvétele,
- a speciális (pl. tiltott, korlátozott) légterekbe való berepülés megakadályozása,
- a drónok által szállított teher azonosítása,
- az UAV-k elfogása, vezérlésük átvétele, deaktiválása vagy a repülésből való végleges kiemelése.

4. 5. Adatátvitel és kommunikáció

Lényeges, hogy a pilóta nélküli légi járművekkel való kommunikáció a hagyományos repülőgépektől eltérő módon valósul meg, tekintettel arra, hogy az adattartalom eltérő és az adatmennyiség egy-egy repülési feladat végrehajtása során jóval nagyobb. Emiatt olyan adatkommunikációs csatornát kell alkalmazni, amely képes arra, hogy valós időben, késés nélkül, a vezérléshez szükséges sávszélesség biztosítása mellett kiszolgálja az igényeket (*vezérlőjelek fedélzetre juttatása és a telemetriai adatok lesugárzása a földi állomásra*). Jelen-

leg a kis hatótávú – a távvezérlő munkaállomás hatókörében – megvalósított repülések esetén a WiFi és a hozzá hasonló kis teljesítményű kommunikáció a hatékony megoldás. Nagyobb távolságot lefedő repülésekhez már olyan csatorna alkalmazása válik szükségesé, amit a jelterjedési korlátok nem zavarhatnak. Ezek jellemzően a harmadik és negyedik generációs mobil adatátviteli megoldások, amelyek képesek kiszolgálni az aktuális igényeket. A jövőben azonban, ha nő a világhálóra kapcsolt berendezések száma (IoT), úgy már a 4G sem lesz képes a szükséges pontosságra. A jelenleg kutatási és fejlesztési szakaszban lévő ötödik generációs hálózatok már képesek lesznek az ilyen – *ma még extrémnek tartott terhelési* – igények kiszolgálására is.

További megoldandó feladat annak biztosítása, hogy a pilóta nélküli légi járművek képesek legyenek egymással kommunikálni, és így feloldják az esetleges konfliktushelyzeteket (hasonlóan, ahogyan ma az ACAS/TCAS rendszerek működnek) vagy rajban való repülés esetén tartani tudják az egymáshoz viszonyított helyzetüket.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekből látható, hogy a pilóta nélküli légi járművek használatával kapcsolatos tevékenységek milyen összetett kihívásokat jelentenek, amelyek hatékony kezelése és megoldása elengedhetetlen a légi közlekedés biztonságos lebonyolítása érdekében. A kihívások súlyát növeli, hogy a légiközlekedési iparágon belül az UAV/UAS megoldások fejlődnek, így a szegmens bővül.

Az RPA rendszerek fokozódó elterjedését több, egymással szoros kapcsolatban lévő tényező kölcsönhatása eredményezi:

- számos gazdasági szereplő foglalkozik a pilóta nélküli légi járművek gyártásával és fejlesztésével, így egyre olcsóbbá és egyre nagyobb körben elérhetővé válnak,
- a fokozatosan megjelenő új funkciók hatására egyre nagyobb arányban váltható ki a humán munkaerő,
- az új funkciók látens igényeket is képesek kielégíteni,

- kezelésük egyszerűbbé vált az utóbbi időszakban, és az irányítása nem igényel különleges tudást, ismeretet, előképzettséget,
- kutatás fejlesztés érdekében az iparágon belül számos – különböző tevékenységi körrel rendelkező – szereplő fogott össze, hogy a piacon nagyobb erővel rendelkezzenek.

A következő években az iparágon belül a technológiai fejlesztések hatására jelentős bővülés várható, ami indokolja, hogy mihamarabb megoldások szülessenek. Az UTM jelentősége felértékelődik, és új szolgáltatások megjelenése várható, amelyek kezdeti formái – start up vállalkozások megjelenése, kutatási együttműködése, stb. – már most is láthatók.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] LT (1995): 1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről
- [2] Drón törvény (2016): Pilóta nélküli légi járművekről szóló rendelettervezet www.kormany.hu/download/8/db/e0000/RPAS_honlapra.pdf
- [3] ECTL TZ (2016): Eurocontrol – Remotely Piloted Aircraft Systems – A Regulatory Overview Luxembourg 2016
- [4] GEOG 892: PennState College of Earth and Mineral Sciences, Department of Geography: GEOG 892 Geospatial Applications of Unmanned Aerial Systems (UAS)
- [5] Watts, A.C.; Ambrosia, V.G.; Hinkley, E.A. (2012): Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. Remote Sens., 4(6):1671-1692. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4061671>
- [6] DoD (2011): Department of Defense: Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan, March 2011 UAS Task Force Airspace Integration Integrated Product Team.
- [7] Valavanis and Vachtsevanos (2015): Kimon P. Valavanis, George J. Vachtsevanos: Handbook of Unmanned Aerial Vehicles 2015, ISBN: 978-90-481-9706-4

- [8] Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, Dr. P. M. Jawandhiya (2013): Review of Unmanned Aircraft System (UAS). International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) 2(4), ISSN: 2278 – 1323
- [9] UTM Special (2017): UTM Special Report – Urban Planning. Air Traffic Management Magazine. Issue 1 2017. pp. 30-33. ISSN: 0969-6725
- [10] FAA Forecast (2017): FAA Aerospace Forecast, Fiscal Years 2017-2037 https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/
- [11] media/FY2017-37_FAA_Aerospace_Forecast.pdf
- Thomas Prevot, Joseph Rios, Parimal Kopardekar, John E. Robinson III, Marcus Johnson, and Jaewoo Jung: "UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations", 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (2016), AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-3292) <http://dx.doi.org/10.2514/6.2016-3292>



The Challenges of Unmanned Aerial Vehicles in Air Traffic Control; Part 1: Exploring Problems

The steady increase in the number of unmanned aerial vehicles poses new challenges to the aviation industry, including air traffic control, the task of which is to maintain adequate and necessary separation between airspace users in controlled airspace to ensure the safe aerial transport. In order to protect traditional aircraft, it is necessary to create a new operating environment that provides a sufficient guarantee to different airspace users while allowing the flight tasks to be performed. This article describes the areas that are currently posing the highest risk for air traffic management due to the use of drones. The options for solving the problems outlined in Part 1 are discussed in Part 2, which appears in our next issue.



Die Herausforderungen der Luftsicherung durch unbemannte Luftfahrzeuge; Teil 1: Erforschung der Probleme

Die stetige Zunahme unbemannter Luftfahrzeuge bedeutet neue Herausforderungen für die Luftfahrtindustrie, einschließlich der Flugverkehrskontrolle, deren Aufgabe es ist, eine angemessene und notwendige Trennung zwischen den Luftraumnutzern im kontrollierten Luftraum aufrechtzuerhalten, um den sicheren Transport von Luftfahrzeugen zu gewährleisten. Im Interesse vom Schutz der traditionellen Flugzeugen ist es notwendig, ein neues Betriebsumfeld zu schaffen, das den verschiedenen Luftraumnutzern eine ausreichende Garantie bietet und gleichzeitig die Durchführung der Flugaufgaben ermöglicht. In diesem Artikel werden die Bereiche beschrieben, die aufgrund des Einsatzes von Drohnen derzeit das größte Risiko für das Flugverkehrsmanagement darstellen. Die Möglichkeiten zur Lösung der in Teil 1 beschriebenen Probleme werden in Teil 2 diskutiert, der in unserer nächsten Ausgabe erscheint.

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

Szele András

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki kar, Vásárhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskola
e-mail: szele@kti.hu

Kisgyörgy Lajos

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar, Út- és Vasútépítési Tanszék
e-mail: kisgyorgy@uvt.bme.hu

A menekülőutak használatának jelentősége a rendszeresen torlódó közúthálózatokon

A rendszeresen torlódó közúthálózatok forgalmi jelenségei közül a torlódásokat kikerülő menekülőutak használata kevésbé kutatott jelenség. A vizsgálatok szerint a rendszeresen torlódó közúthálózatokon a menekülőutak használata meghatározó módja a forgalmi működésnek. A forgalmi mérések, szimulációk segítségével feltárt jelenség néhány aspektusa és törvényszerűsége fontos a megoldások keresésében, mivel a jelenlegi forgalmi tervezési rendszer még nem ismerte fel a probléma általános voltát és jelentőségét, így a megfelelő válaszok kidolgozása is várat magára.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.6

1. BEVEZETÉS

A városi, elővárosi hálózatokon a torlódások oka általában egy, néha több csomóponti keresztmetszet kapacitáshiánya. Ez a kapacitáshiány hosszú sorokban és késedelmekben ölt testet. A legfontosabb városi utak és a nagyvárosok bevezető útjai rendszeresen, hosszabb időszakon keresztül torlódnak. A modern városi közlekedéstervezés egyik legnagyobb kihívása a torlódások kezelése. Városi, elővárosi forgalmi tervezés esetében ma már nem ritka, hogy a várható forgalmak meghaladják a tervezési rendszer által megengedett küszöbértéket, azonban sem elegendő hely, sem elegendő forrás, sem igazán jó megoldás nincs a forgalmi helyzet javítására. Ilyen esetben felértékelődnek azok a torlódástudatos tervezési megoldások, amelyek elfogadják a torlódásokat, és a torlódásos közúthálózatokon megjelenő forgalmi igények befolyásolásával, a forgalom menedzsméntjével és szabályozásával kívánnak eredményt elérni. Ezen eszközök használatához azonban ismerni kell a torlódások kialakulásának hálózati szintű okait és következményeit. Új lehetőségek feltárásának egyik módja az ismert jelenségek új megközelíté-
sű vizsgálata. Ilyen új megközelítés ígéretét hordozta Vörös 2003-ban készült munkája [1][2], amelyben a budapesti torlódásokat vizsgálva rámutatott, hogy a szűk keresztmetszethez térben közel becsatlakozó mellékirányok forgalmi szerepüket meghaladó arányban tudnak becsatlakozni a főirány torlódó forgalmába. Ezt a jelenséget a becsatlakozó mellékirányok életképességének nevezte. A jelenség szoros összefüggést mutatott a járművezetők menekülőutakat kereső aktivitásával.

2. A NEMZETKÖZI SZAKIRODALOM

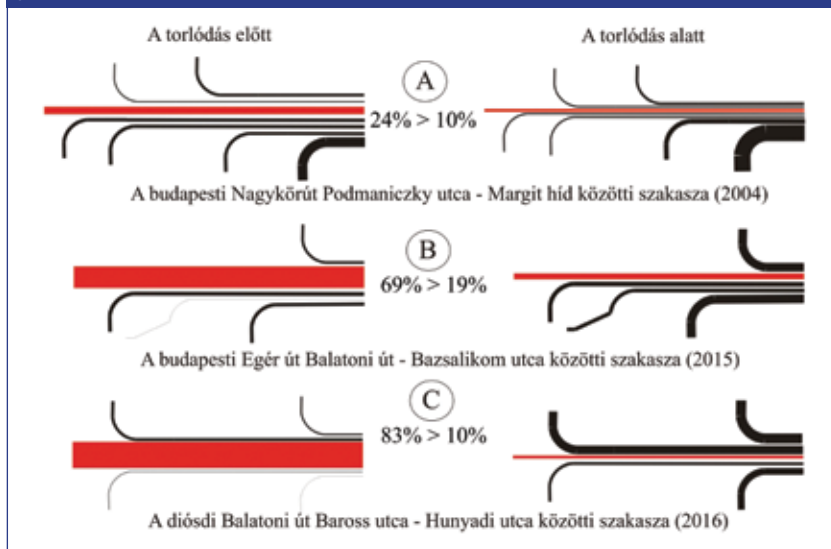
A nemzetközi szakirodalom széles körben tárgyalja a torlódásokat, osztályozásuk, káros hatásaik számszerűsítése, életminőségre, termelékenységre való hatásuk régóta az érdeklődés homlokterében van. Az OECD által kiadott összefoglaló munka [3] szerint a városok rendszeres torlódásait általában

a gazdasági prosperitás eredményezi. A legfontosabb feladat pedig nem a torlódások megszüntetése, hanem a túlzott torlódások elkerülése, különösen akkor, ha költséghatékony megoldások állnak rendelkezésre. A torlódások kezelésére más átfogó cikkekkel egyetemben [4] a torlódási díj és a vele együtt alkalmazott forgalombefolyásolási, forgalomtechnikai intézkedéseket javasolja. A jól működő példák ismeretében ezzel az állásponttal nehéz vitatkozni, bár a torlódási díj messze nem tökéletes eszköz. Nyilvánvaló előnyei mellett használatának jelentős korlátai is vannak: alapvetően csak a torlódási díjjal védett területen és közvetlen közelében csökkenti a forgalmat, jelentős beruházási igénye van, és igazságszági kérdéseket vet fel, hogy főként a gazdagabbak számára teszi elérhetővé a védett terület útjait. A szakirodalom alapján kijelenthető az, hogy a menekülőutak és a torlódások kapcsolata, sőt, általánosan a forgalmi tervezésben használható új módszerek keresése kívül esik a kutatások fókuszán. A létrejövő eredmények általában túl bonyolultak, vagy a közúti közlekedés mai rendszerébe nem illeszthetők be. A torlódások közúthálózatok speciális tervezése még nem került bele a tervezési kánonba, jóllehet a szükséges számítási módszerek rendelkezésre állnak [5]. Ezek a módszerek alapvetően az 1950-es évek kutatási eredményeinek talaján állnak, és kiállták az idő próbáját. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy ezeket a számításokat általában nem végzik el a tervezési munkák során, és a 2000-es évekig nem jelentek meg a közúti tervezéssel átfogóan foglalkozó könyvekben sem [6] [7]. A legtöbbet hivatkozott számítási módszer [8] a kinematikai hullálméletet alkalmazva ad viszonylag egyszerűen használható eszközt a torlódások útszakaszokat tervező szakemberek kezébe.

3. A PROBLÉMA

A torlódások forgalmi mérései során azt tapasztaltuk, hogy a torlódások kialakulása alatt a torlódó főirányba becsatlakozó mellékirányok forgalma szemmel láthatóan megnövekedett. A számszerűsítést célzó részletes mérések azt mutatták, hogy a torlódásba becsatlakozó mellékirányok forgalmának növekedése a vártnál is jelentősebb (1. ábra), és a vizsgált rendszeresen torlódó útszakaszon minden esetben jelentős forgalmi átrendeződés történt a főirányból a mellékirányok javára. A mérések során az egyes forgalmi áramlatok arányát a vizsgált útszakasz kimeneti csomópontjában határoztuk meg, ami a legtöbb esetben egyben a torlódást okozó keresztmetszet is.

1.ábra: A forgalmi áramlatok aránya a torlódást okozó keresztmetszetben a torlódás előtt és alatt. Piros színnel jelöltük a főirány forgalmát.



A torlódásba való becsatlakozás képességének leírására definiáltuk a forgalmi irány életképességének fogalmát: minden forgalmi irány rendelkezik egy, az elhelyezkedés, a kiépítés és a szabályozás által determinált jellemzővel, amely azt mutatja meg, hogy az adott forgalmi irány milyen mértékben képes a saját forgalmát a torlódó sorba juttatni. Az életképesség számszerűsítésére a torlódást okozó keresztmetszet kilépő forgalmában a vizsgált forgalmi áramlat aránya szolgál. A torlódást okozó keresztmetszet kapacitása véges, ezért ha egyes forgalmi áramlatok életképessége növekszik, azaz nagyobb forgalmat tudnak a torlódást okozó keresztmetszet forgalmába becsatlakoztatni, akkor más forgalmi áramlatok aránya csökkenni fog. Tehát ha a mellékirányok forgalmi aránya a torlódást okozó keresztmetszetben nő, akkor a főirány részaránya csökken. Vizsgálataink szerint a mellékirányok életképességének növekedése mögött álló forgalmi igényt a menekülőutak használata biztosítja.

4. A MENEKÜLŐUTAK HASZNÁLATA MÖGÖTT ÁLLÓ JELENSÉGEK

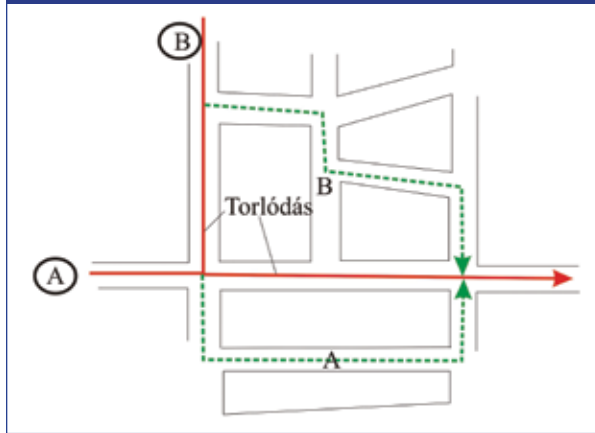
A rendszeresen torlódó közúthálózatokon közlekedők általában napi szinten használják az adott közúthálózatot, a legtöbb járművezető jól ismeri a torlódásokat és a menekülőutakat, így kialakítják saját stratégiájukat a torlódó útszakasz leküzdésére, és útjuk során választanak a főirány használata és a menekülőutak használata között. Mivel a döntési pontokon nem mindig egyértelműen eldönthető a forgalmi helyzet (például nem belátható a torlódó szakasz), ezért sok járművezető a torlódó időszakokban eleve a menekülőutakon tervezi az útját.

A torlódás előtti időszakban a főirányú forgalom nem keres menekülőutakat, a becsatlakozni kívánó forgalom a lehető leggyorsabb útvonalon kapcsolódik be a főirány forgalmába, a járművezetők a főirányt keresik. A torlódások időszakának kezdetétől, gyakran függetlenül a valós forgalmi helyzettől, egyre többen döntenek úgy, hogy a menekülőutakat használják. Ekkor a járművezetők egy része már kerüli a főirányt és a menekülőutakon keresztül a torlódást okozó csomóponthoz való leggyorsabb eljutást keresi. Ez az útvonal általában a torlódást okozó csomópont közelében csatlakozik a torlódó főirányba.

A főirány torlódásának oka a torlódást okozó keresztmetszetben fellépő kapacitáshiány. A torlódást okozó keresztmetszetben alapvetően a főirány forgalmának kellene felhasználnia a rendelkezésre álló szűkös kapacitást. A torlódást okozó csomópont közelében becsatlakozásoknál belépő járművek azonban a főirányban sorban álló járműveket megelőzve jelentős részben használják a torlódást okozó keresztmetszet kapacitását, így a főirány forgalma tovább lassul és a torlódás egyre kiterjedtebbé válik. Emiatt még többen döntenek úgy, hogy menekülőutat választanak, és sor elejére beállva tovább rontják a főirány forgalmi helyzetét. A rendszeresen torlódó útszakaszok főirányának torlódásai tehát részben a járművezetők forgalommal szembeni elvárásai (a torlódás feltételezése) és az ebből következő döntés (a menekülőutak választása) miatt alakulnak ki, illetve válnak kiterjedtté. A torlódások ilyen formában való kialakulása és kiterjedtté válása tehát öngerjesztő folyamat.

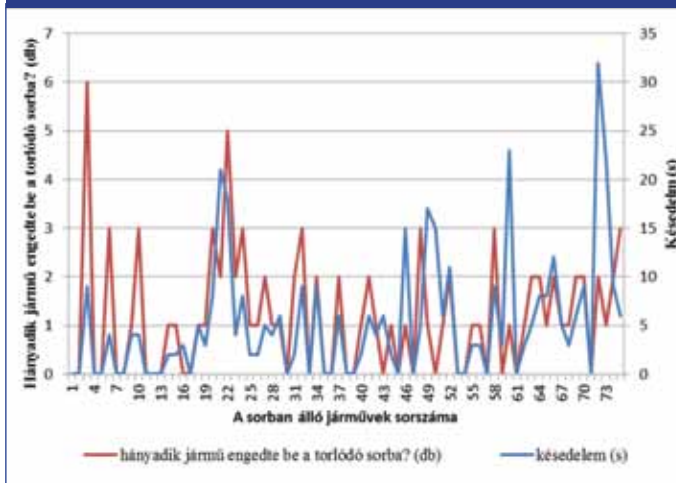
A főirányt elkerülni kívánó forgalom menekülőút használata mögött álló forgalmi igényt magyarázza az ismert alapelv, hogy a járművezetők a számukra legalacsonyabb költséggel járó, általában leggyorsabb útvonalat választják céljuk eléréséhez. Rendszeresen torlódó közúthálózatok esetében ez úgy jelentkezik, hogy a járművezetők egy része kiválik a torlódó főirányból és menekülőutakat keres („A” mozgás a 2. ábrán), más része pedig úgy választja meg a főirányba való belépés pontját, hogy a lehető legrövidebb torlódó útszakasszal találkozzon („B” mozgás a 2. ábrán). Mindkét megjelenési forma a torlódást okozó csomópont közelében becsatlakozási pontokat kereső forgalmat hoz létre.

2.ábra: A menekülőutak megjelenési formái



Figyelemre méltó, hogy ez a jelentős forgalmi igény milyen könnyen tud be-, illetve visszacsatlakozni a torlódó sorba. A jelzőtáblával szabályozott csomópontokban mindenki által tapasztalható a sorban állók nagyfokú előzékenysége a becsatlakozásra várókkal szemben. Többek közt ez az előzékenység teszi olyan vonzóvá ezeket a mellékirányokat, hiszen gyakorlatilag ellenállás és idővesztés nélkül lehet becsatlakozni a torlódó sorba. A diósi Balatoni úton a torlódó sorba jobbra kisívből becsatlakozni kívánó mellékirány „Elsőbbségadás kötelező!” táblával szabályozott csomópontjában, a becsatlakozni kívánó járművek és a sorban álló járművek közötti interakciók megfigyelését célzó mérések (3. ábra) alapján átlagosan az 1,17-ik jármű engedte be a mellékirányban várakozó járműveket, ami 5,31 s átlagos késedelmet jelentett.

3.ábra: A torlódó sorban álló járművezetők előzékenysége számokban: A diósi Balatoni út – Kavicsos utca csomópontban jobbra kisívből a torlódó sorba becsatlakozók késedelmei és az őket beengedő járművek sorszáma



Talán még érdekesebb, hogy a jelzőlámpával szabályozott mellékirányok is gyakran sokkal hatékonyabban tudják a forgalmukat a torlódó sorba juttatni, mint az elvileg kitüntetett helyzetben levő torlódó főirány. Ennek okát még nem ismerjük, érdemes lenne a jelenséget részletesen megvizsgálni.

5. A MENEKÜLŐUTAK MŰKÖDÉSE RENDSZERESEN TORLÓDÓ KÖZÚTHÁLÓZATOKON

Három olyan rendszeresen torlódó úthálózatot mutatunk be, ahol a főirányú forgalom egy része a nem erre a célra kiépített mellékutcaikon és csomópontokon keresztül kerüli ki a főirány torlódásának egy részét, hanem a torlódó sor elejére csatlakozik vissza. A 4. ábrán bemutatott hálózaton két főirány van: a Nagykörút forgalmán kívül a Váci út-Margit híd irányú forgalom is főiránynak tekinthető.

4. ábra: Menekülőutak a budapesti Nagykörút Podmaniczky utca-Margit híd közötti szakaszán (2003)



A vizsgálatok a 2003-as forgalomtechnikai kialakítás mellett zajlottak, azóta ezen a hálózaton több fontos beavatkozás történt (például az Újpesti rakpart–Nagykörút csomópont jelzőlámpás irányítású lett). A Nagykörút (és részben a Váci út kanyarodósávja) torlódásainak elkerülése érdekében a Váci út felől érkező járművezetők a lakóutcákat (Balzac, Katona József, Pannónia) használják és a Nagykörútra csatlakozó jelzőlámpás csomópontokban kapcsolódnak be a torlódó sorba. A Pannónia utca és a Nagykörút jelzőlámpás csomópontját nyilvánvalóan nem a Váci út-Margit híd útvonal forgalmára tervezték, az Újpesti rakpart–Nagykörút csomópont kialakítása pedig nem ennek a főiránynak, hanem a Pesti Alsó Rakpart-Margit híd főiránynak a kiszolgálását célozta. Az 1. ábra "A" részén jól látható, hogy a torlódó időszakokban jelentős a forgalmi átrendeződés.

Az 5. ábrán bemutatott Eger úton is hasonló a helyzet.

5.ábra: Menekülőutak a budapesti Egér úton (2015)



A reggeli csúcsban kialakuló torlódásokat elkerülni kívánó járművek a lokális forgalom céljaira kialakított lakóutcákat használják, és a torlódó sor elejére csatlakoznak vissza (lásd még az 1. ábra „B” részét). Ugyanez a folyamat játszódik le a 6. ábrán bemutatott diósi Balatoni út Baross utca – Hunyadi utca úton is.

6.ábra: Menekülőutak a diósi Balatoni út Baross utca – Hunyadi utca közötti szakaszán (2016)



Itt a torlódó főirány helyzetét tovább rontja, hogy a csatlakozó mellékirányok vagy körforgalommal, vagy „Elsőbbségadás kötelező!” táblával szabályozottak, így a torlódó sorba való becsatlakozásuk szinte korlátozatlan (lásd még az 1. ábra „C” részét).

6. KONKLÚZIÓ

A vizsgálatok legfontosabb tanulsága az, hogy a rendszeresen torlódó közúthálózatokon a torlódó időszakban nemcsak a forgalom sebessége változik meg, hanem a forgalmi irányok szerepköre is. A mellékirányok feladata alapvetően a lokális forgalmak kiszolgálása. Méréseink alapján a torlódásokban megváltozik a mellékirányok funkciója, és főirányú forgalom jelenik meg rajtuk, amely jóval nagyobb lehet, mint az eredeti funkcióhoz tartozó forgalom. Így aztán mind a keresztmetszet, mind a csomópontok kialakítása elmarad a forgalom által igényelt szinttől. A forgalmi szerepkörök alapvető megváltozását a forgalmi tervezésnek is figyelembe kell vennie, így a menekülőutak azonosítása és forgalmuk kezelése kiemelten fontos feladat.

A menekülőutak használata által kialakuló forgalmi problémákat a csomópontok tervezése során célszerű kezelni. A rendszeresen torlódó úthálózatokon a torlódó útszakaszra becsatlakozó mellékirányokat érdemes lenne a torlódó időszakokban jelzőlámpás irányítással szabályozni, mert ez módot ad a becsatlakozó forgalmi áramlatok kezelésére, korlátozására. A torlódásokban megerősödő forgalmi áramlatokat a számukra biztosított zöld idők tudatos elosztásával lehet befolyásolni. A helyzet javításában a menekülőutak forgalmának jelentős lassítása is fontos szerepet játszhat. Stratégiai tervezési célként a főirány forgalmának tudatos előnyben részesítése javasolt, mivel ezzel elejét vehetnénk a menekülőutak használatának.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Vörös Attila - Szele András: A budapesti Szent István körút-Margit körút-Moszkva tér irányú forgalmi torlódások okai és a helyzet javításának lehetőségei (I), Városi Közlekedés 2004/6 336-342
- [2] Vörös Attila - Szele András: A budapesti Szent István körút-Margit körút-Moszkva tér irányú forgalmi torlódások okai és a helyzet javításának lehetőségei (II), Városi Közlekedés 2005/1 14-22
- [3] OECD, ECMT: Managing urban traffic congestion, Summary Document 2007
- [4] Phil Goodwin: The economic costs of road traffic congestion, Discussion Paper 2004
- [5] N. J. Garber, L. A. Hoel, Traffic and highway engineering 2009
- [6] F. D. Hobbs, Traffic planning and engineering 1979
- [7] M. G. H. Bell, P. W. Bonsall, G. R. Leake, A. D. May, C. A. Nash, C. A. O'Flaherty, Transport planning and traffic engineering 2006
- [8] M. J. Lighthill, G. B. Whitham, (1955) On kinematic waves II: a theory of traffic on long crowded roads, Royal Society of London pp. 317-345. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1955.0089>



THE IMPORTANCE OF THE USE OF ESCAPE ROUTES ON PUBLIC ROADS STRUGGLING WITH REGULAR CONGESTION



DIE BEDEUTUNG DER NUTZUNG VON FLUCHTSTRABEN IN DEN REGELMÄßIG VERSTOPFTEN STRABENNETZEN

Támogatóink



**KÖZÚTI
KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI
AKCIÓPROGRAM**



FŐMTERV KTI
Alapítva - Since 1938

STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



**Nemzeti Fejlesztési
Minisztérium**



HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



