

LXVI. ÉVFOLYAM 1. SZÁM
2016. FEBRUÁR

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

Támogatóink 2015-ben



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



Nemzeti Fejlesztési
Minisztérium



HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat



KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RUNDSCHAU
Zeitschrift des Ungarischen Verein für Verkehrswissenschaft
REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS
Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports
SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT
Publication of the Hungarian Society for Transport Sciences

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Gillicze 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. Tánzos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László

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

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

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

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

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

NYOMDAI KIVITELEZÉS:
Informax Millennium 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 Közlekedéstudományi Szemlélt vagy annak
részeit a Szerkesztőbizottság írásos engedélye nélkül
bármilyen formában reprodukálni és közölni tilos.

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

A lap egyes számai megvásárolhatók
a Közlekedéstudományi Egyesület Titkárságán
(1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.),

TARTALOM

Karádi Dániel - Nagy Enikő - Dr. Csiszár Csaba
Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil
eszközön. 2. rész: A kutatás eredményei 4

Madácsi Richárd - Baráth Márta
- Dr. Sándor Zsolt PhD.
Az érkező légi forgalom folyamatos süllyedéssel
végzett megközelítését biztosító irányítói
támogatóeszköz koncepciója 11

Szabó Dénes
Az üzemanyag-fogyasztási rekordok kritikai
elemzése 21

Katona Géza
Útvonaltervező algoritmusok 35

Dr. habil. Lindenbach Ágnes
Forgalmi menedzsment terv az M1 autópálya M0
– Hegyeshalom, országhatár közötti szakaszára
a váratlanul bekövetkező események kezelése
érdekében 46

Melléklet
Közlekedésbiztonság – Közlekedési
környezetvédelem

Hamza Zsolt- Hóz Erzsébet - Dr. Török Árpád
M2-es autópálya közúti biztonsági felülvizsgálata
(KBF) 1. rész 59

Tisztelt Olvasó!
A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyom-
tatott, hanem digitális változatban is olvasható. A
www.dimag.hu portálon kiválasztható az az eszköz
– Pc, tablet, „okos telefon” – amire a lapot le szeret-
né 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 automa-
tikusan jelzi az új lapszám megjelenését. Valamenyi
letöltött lapszám tartalma a továbbiakban egy
helyen, az Ön által használt elektronikus eszközre
optimalizálva lesz elérhető. Reméljük, hogy hama-
rosan üdvözölhetjük a digitális előfizetőink között.

Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil eszközön. 2. rész: A kutatás eredményei

A légi utazás előkészítése igényli utazói oldalról a legtöbb időráfordítást a többi alágazathoz képest. A helyváltoztatási láncban a repülőgépig történő mozgási folyamathoz számos információkezelési folyamat kapcsolódik. Az utazás tervezését és lebonyolítását, az utazói döntéseket integrált alkalmazás segítheti. Teljesen integrált alkalmazás egyelőre nem létezik, bár ennek igényét (többek között) utazói felmérés is alátámasztotta. Az alkalmazás kifejlesztése érdekében, az integrációt megalapozó közlekedés informatikai elemzések és modellezés készült. A 2. részben a kutatási tapasztalatokkal és a továbbfolytatás irányainak megjelölésével válik teljessé a feldolgozás. (A témával kapcsolatos előzményeket, kutatási módszereket az 1. rész, a Közlekedéstudományi Szemle 2015. decemberi száma tartalmazza.)

Karádi Dániel – Nagy Enikő – Dr. Csiszár Csaba

e-mail: daniel.karadi14@gmail.com, eniko.nagy@mail.bme.hu, csiszar.csaba@mail.bme.hu

1. AZ INTEGRÁLT INFORMÁCIÓS RENDSZER MODELLJE

A modellezés 1. fázisában (makro megközelítés) a rendszerösszetevők, a működési folyamatok és a közöttük lévő kapcsolatok azonosítása után kidolgoztuk az integrált információs rendszer vázszerkezeti modelljét, amit az 1. ábra szemléltet. A közlekedés informatikai analitikus megközelítési mód helyességét tanszéki kutatási eredményeink is alátámasztják [1], [2], [3], [4] és [5].

Az ideális alkalmazás működésének alapja az a háttér integrált információs rendszer, amely a szükséges adatokat szolgáltatja. A nyers adatok kezelése helyett egyre inkább az értéknövelt (pl. előrebecsült) adatok használata is elvárt, ami egy ún. információs központ (O_g) kiépítésével valósítható meg. A

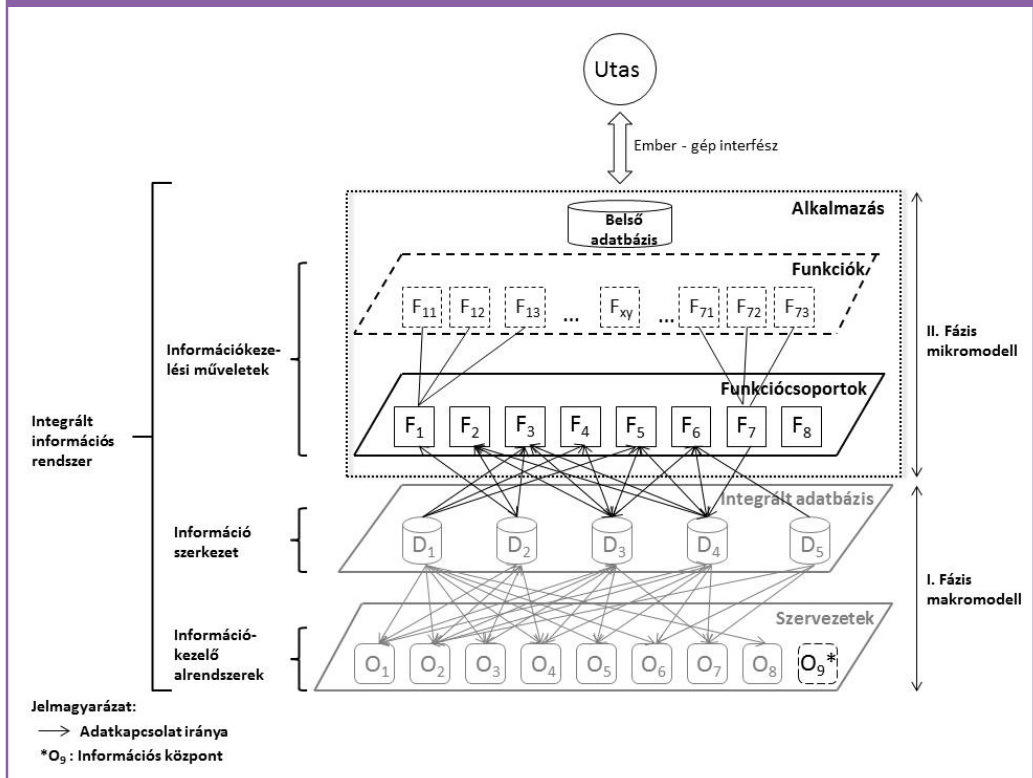
gépi alrendszerek szolgáltatják az alkalmazás működéséhez szükséges adatokat, azáltal, hogy az integrált információs rendszerben a szervezetek hozzáférést engedélyeznek saját adatbázisaikhoz. A gyűjtött adatok centralizált vagy decentralizált módon tárolhatók, attól függően, hogy vagy az adott szervezet, vagy egy központi adatbázis tárolja azokat.

2. AZ IDEÁLIS ALKALMAZÁS FUNKCIONÁLIS MODELLJE

A modellezés II. fázisában (mikro megközelítés) egyetlen információkezelő elemre, a mobil eszközre és az abban zajló információkezelési folyamatokra és működési jellemzőkre fókuszáltunk.

A funkciókat fejlesztési fokozatokba sorolva az 1. táblázat foglalja össze; meghatározásukhoz három 'forrást' használtunk fel:

1. ábra: Az integrált információs rendszer modellje



- a. összehasonlító és értékelő elemzés,
 - b. kérdőív zárt kérdései,
 - c. kérdőív nyílt kérdései.
- Az összetartozó funkciókat funkciócsoportokba rendeztük.

Az utazói véleményezés eredményeként összeállított fontossági rangsort az 2. ábra foglalja össze. Mivel a kutatási részfolyamatokat (elemzés, felmérés) párhuzamosan végeztük, ezért a kérdőíves felmérés időpontjában még nem tudtuk beazonosítani az 'ideális' alkalmazás valamennyi funkcióját, illetve egyes részfunkciókat külön kezeltünk, vagy funkciókat összevonva tekintettünk. Ennek következtében a rangsor bizonyos funkciókat nem tartalmaz, míg másokat szétbontva vagy egyesítve jelenít meg.

Mivel a terjedelmes funkciólista megvalósítása leginkább moduláris fejlesztések eredménye, ezért fejlesztési fokozatokat alakítottunk ki [6].

A funkciókat a fokozatok között a fontossági rangsor alapján osztottuk szét:

1. fejlesztési fokozat: az utazói elvárások szerinti legfontosabb, ún. alapfunkciók,
2. fejlesztési fokozat: az alapfunkciók továbbfejlesztése, valamint az elemzésben feltárt további előnyös megoldások beépítése,
3. fejlesztési fokozat: a meglévő funkciók javítása és a felmérésben feltárt egyéni utazói elvárásoknak megfelelő funkciók.

Az utas oldali funkcionális modell a funkciók és az adatscsoportok közötti kapcsolatokat ábrázolja a 2. táblázatban. A funkciók közötti adatáramlási kapcsolatok meghatározása a tervezést készítette elő. Kidolgoztuk a funkció kapcsolati mátrixot, amely a funkciócsoportok közötti adatkapcsolatokat mutatja be. Az eredményeket a 3. táblázat szemlélteti. Mindkét táblázat esetén fokoztuk a felbontási mélységet annak érdekében, hogy az átszállás támogató funkció kapcsolatrendszer

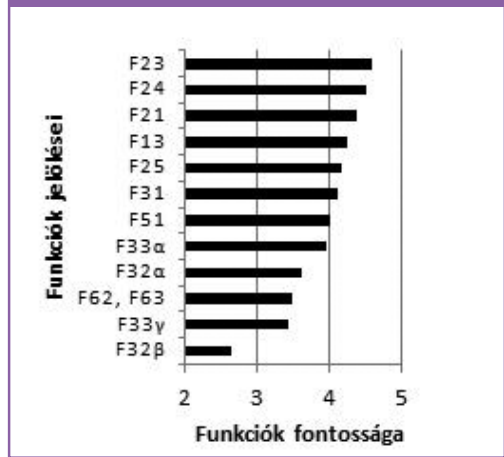
1. táblázat: Funkciók fejlesztési fokozatokba rendezve

| Funkciócsoportok jelölése | Funkciók jelölése | Forrás | Fejlesztési fokozat |
|---------------------------|-------------------|--------|---------------------|
| F ₁ | F ₁₁ | a.,b. | 1. |
| | F ₁₂ | a.,b. | 1. |
| | F ₁₃ | a.,b. | 1. |
| F ₂ | F ₂₁ | a.,b. | 1. |
| | F ₂₂ | a. | 1. |
| | F ₂₃ | a.,b. | 1. |
| | F ₂₄ | a.,b. | 1. |
| | F ₂₅ | a.,b. | 1. |
| F ₃ | F ₃₁ | a.,b. | 1. |
| | F ₃₂ | a.,b. | 1.,2. |
| | F ₃₃ | a.,b. | 1.,2. |
| F ₄ | F ₄₁ | a. | 1. |
| | F ₄₂ | a. | 3. |
| | F ₄₃ | c. | 3. |
| F ₅ | F ₅₁ | a.,b. | 1.,2. |
| | F ₅₂ | a. | 1.,2. |
| | F ₅₃ | c. | 3. |
| F ₆ | F ₆₁ | a.,c. | 3. |
| | F ₆₂ | a.,b. | 2. |
| | F ₆₃ | a.,b. | 2. |
| F ₇ | F ₇₁ | a. | 1. |
| | F ₇₂ | a. | 1. |
| | F ₇₃ | a. | 2. |
| F ₈ | F ₈₁ | a. | 1. |

beazonosítható legyen. A mobil eszköznel a mintaalkalmazás megtervezése és kifejlesztése érdekében a teljes felbontási mélységet alkalmaztuk, azaz eljutottunk az elemi egységekig (adatelemek és információkezelési műveletek).

Bár a légi közlekedés során kiemelt fontosságú részfolyamat az átszállás és az azzal kapcsolatos döntések, valamint mozgási műveletek információs támogatása, mégis a mobil alkalmazások funkciói között ez csak elvétve szerepel. Ezért a modell alkalmazhatóságának szemléltetése érdekében részletesen is kidolgoztuk az átszálló utasok repülőteri mozgását támogató funkció jellemzőit.

2. ábra: A funkciók fontosságának megítélése az utazók által, csökkenő sorrendben



A koncepciónk szerint az ideális alkalmazáson keresztül számos információs szolgáltatás érhető el, amelyek növelt értékű információkat is kezelnek. Az alkalmazás működését az integrált adatbázis támogatja.

3. A MINTAALKALMAZÁS JELLEMZŐI

Az átszállást támogató részfunkció (F33β) működésének bemutatására Microsoft Access környezetben adatbázist hoztunk létre és alkalmazást fejlesztettünk. A létrehozott adatbázis a részleteiben kidolgozott részfunkció mellett az 1. fejlesztési fokozat valamennyi funkcióját is megvalósítja.

Az ideális alkalmazás, így a mintaadatbázis főoldalára azon funkciók kerültek az átszállást támogató részfunkció mellett, amelyek az utazói kérdőíves felmérés eredménye alapján kiemelt fontossággal bírnak az utasok számára:

- F₁₁ menetrendi járatinformációk,
- F₁₂ járatok státusza,
- F₁₃ 'kedvenc' járatok aktuális információi,
- F₂₁ foglalások,
- F₂₂ eddigi foglalások kezelése,
- F₂₃ check-in,
- F₂₄ beszállókártya kezelése,
- F_{33β} átszállást támogató részfunkció.

Az 1. fejlesztési fokozat további funkciói az almenükön keresztül érhetők el, amelyek a főoldalról nyílnak. A menürendszer úgy alakít

tottuk ki, hogy az egyes funkciók az ismertett funkciócsoportok szerint kategorizálva jelennek meg. A felhasználóbarát jelleg megtartása érdekében minden funkcióhoz tartozó oldalról elérhető az azt megelőző felület, valamint a főoldal. A menürendszert a 3. ábra szemlélteti. Az egyes funkciók, valamint a részfunkció eseté-

ben a lépések reprezentálására az Access környezet űrlapjai szolgálnak. Az űrlapok az adatbázis táblarendszerében tárolt rekordokra épülnek; felhasználóbarát módon jelenítik meg az információkat a felhasználók számára. A táblarendszer kialakításánál figyeltünk arra, hogy ne alakuljon ki redundancia a tárolt adatok tekintetében.

2. táblázat: Funkció – adat kapcsolati matrix (A funkciócsoportok kétszintű felbontásával)

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | F ₅ | F ₆ | F ₇ | F ₈ |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D1 | - | - | ↗ | ↗ | ↗ | - | - | - |
| D2 | ↗ | ↔ | ↗ | - | - | - | - | - |
| D3 | - | ↔ | ↗ | ↔ | ↔ | ↔ | - | - |
| D4 | - | ↔ | ↗ | - | ↗ | ↔ | ↘ | - |
| D5 | - | - | - | - | - | ↗ | - | - |

| | F ₃₁ | F ₃₂ | F ₃₃ |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| D1 | ↗ | ↗ | ↗ |
| D2 | ↗ | ↗ | ↗ |
| D3 | - | - | ↗ |
| D4 | - | - | ↗ |
| D5 | - | - | ↗ |

| | F _{33α} | F _{33β} | F _{33γ} |
|----|------------------|------------------|------------------|
| D1 | - | ↗ | ↗ |
| D2 | - | ↗ | - |
| D3 | ↗ | - | - |
| D4 | ↗ | ↗ | - |
| D5 | - | ↗ | - |

Jelmagyarázat:

- ↗: a funkció inputja az adatscsoport,
- ↘: a funkció outputja az adatscsoport,
- ↔: a funkció inputként és outputként is kezeli az adatscsoportot,
- : nincs kapcsolat,
- fehér kitöltés: eseményorientált átvitel,
- sötétszürke kitöltés: időciklus szerinti átvitel,
- világosszürke cellák: eseményorientált és időciklus szerinti átvitel.

3. táblázat. Funkció – funkció kapcsolati matrix (A funkciócsoportok kétszintű felbontásával)

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | F ₅ | F ₆ | F ₇ | F ₈ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| F ₁ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | - | - | - | - |
| F ₂ | - | ↗ | ↗ | ↔ | - | ↗ | - | - |
| F ₃ | - | - | ↗ | - | ↔ | ↗ | - | - |
| F ₄ | - | ↔ | - | ↗ | ↔ | ↔ | - | - |
| F ₅ | - | - | ↔ | ↔ | - | ↔ | - | - |
| F ₆ | - | - | - | ↔ | ↔ | - | - | - |
| F ₇ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↔ |
| F ₈ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↔ | - |

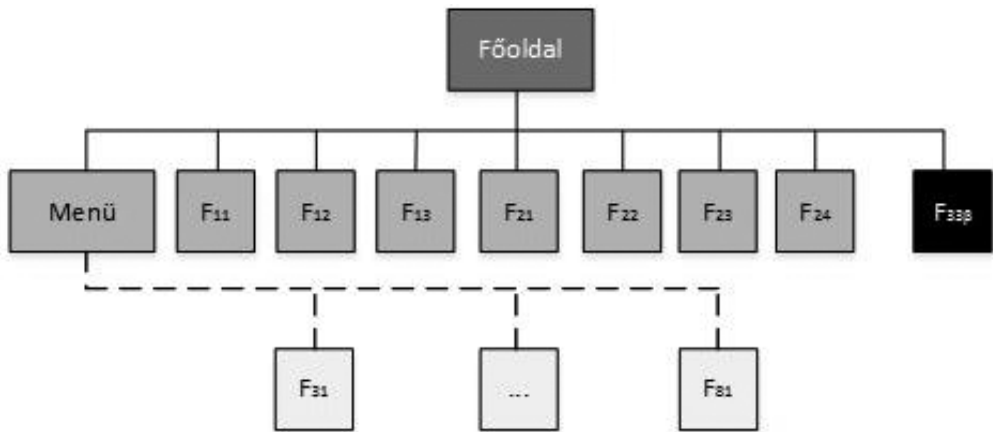
| | F ₃₁ | F ₃₂ | F ₃₃ | F ₅ | F ₆ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| F ₃₃ | - | - | ↗ | - | - |

| | F ₃₂ | F _{33α} | F _{33β} | F _{33γ} | F ₅ |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| F _{33β} | ↗ | - | ↔ | ↔ | ↗ |

Jelmagyarázat:

- ↗: a funkciócsoport outputja a másik funkciócsoport inputja,
- ↘: a funkciócsoport inputja a másik funkciócsoport outputja,
- ↔: funkciócsoportok közötti kapcsolat,
- ↗ : funkciócsoporton belüli kapcsolat,
- : nincs kapcsolat,
- fehér kitöltés: eseményorientált átvitel,
- világosszürke kitöltés: eseményorientált és időciklus szerinti átvitel.

3. ábra: Alkalmazás menürendszerének fa-ábrája



Jelmagyarázat:

Fi: Funkciók,

egyeses vonal: főoldalról elérhető funkciók,

szaggatott vonal: menüből elérhető funkciók,

szürke árnyalatai: funkciók elérhetőségének szintjei (sötétszürke a legfelső szint),

fekete: kiemelt részfunkció.

A 4. ábra szemlélteti a részfunkció logikai tervét, amely lényegében megegyezik a mintaalkalmazás adott részfunkciójához tartozó menürendszerrel. Jelöltük az egyes döntési situációk közötti kapcsolatokat és a döntéseket támogató információk képzéséhez alkalmazott adatszoportokat.

Az utasok döntései az átszállási folyamat során:

C1: átszáll vagy elhagyja a repülőteret,

C2: elhagyás esetén igénybe vesz-e repülőtéri szolgáltatást,

C3: átszállás esetén ismert-e a beszálló kapu (nem utazói döntés),

C4: kapuhoz vagy szolgáltatáshoz megy az utas (az idő függvényében),

C5: mely szolgáltatást vesz igénybe?

Minden folyamat a navigációval végződik, függetlenül attól, hogy a döntési helyzetekben mely opciót választja a felhasználó. A navigáció az egyik legfontosabb részét képezi az ideális alkalmazásnak, mivel a legnagyobb hiánypótló funkcióként jelenik meg a meglévő légi közlekedési mobil alkalmazások piacán.

Az adatbázis létrehozásánál figyeltünk arra, hogy a továbbfejlesztés megvalósítható legyen az adatbázis alapjául szolgáló táblarendszer jelentős átalakítása nélkül.

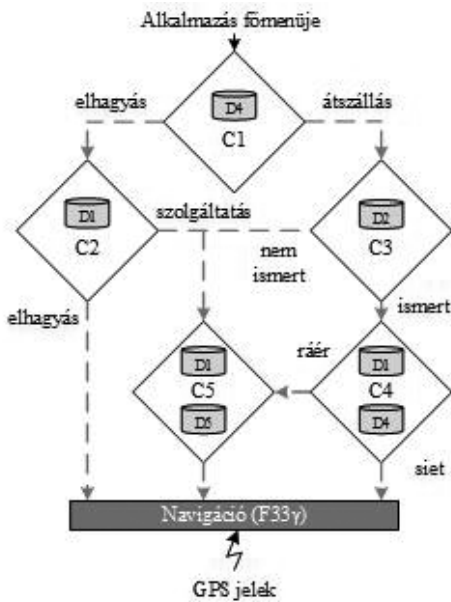
4. ÖSSZEFOGLALÁS – A KUTATÁS FOLYTATÁSÁNAK IRÁNYAI

A helyzetfelmérés alapján megállapítottuk, hogy jelenleg nincs olyan alkalmazás, ami információk tekintetben (tájékoztatás, kiszolgálás) önmagában lefedi a légi utazásokat is tartalmazó helyváltoztatósi láncokat.

A KIPA elemzés rámutatott arra, hogy a hagyományos társaságok alkalmazásai összetettebbek és könnyebben használhatók, mint a low-budget társaságok alkalmazásai. A nagyobb forgalmú légitikikötők applikációi fejlettebbek, mint az alacsonyabb utasszámmal rendelkező repülőterek alkalmazásai.

A kérdőíves felmérés alapján megállapítottuk, hogy utaskategóriánként nem különböznek az elvárások a mobil alkalmazással kapcsolatban, így utaskategóriánként nincs szükség speciális beállítási lehetőségekre.

4. ábra: Az átszállást támogató részfunkció (F33β) modellje



Cx: utazói döntések (mindegyikhez külön űrlap tartozik),
Dy: adatcsoportok,
szaggatott nyilak: űrlapok közötti átmenetek.

A multikritériumos elemzés és az utazói elvárások felmérése alapján kidolgoztuk az „ideális” javasolt mobil alkalmazást is magában foglaló integrált információs rendszer modelljét. A rendszer „központi” eleme az integrált adatbázis, amely az alkalmazás működésének adatforrása. A koncepciónk szerint az ideális alkalmazáson keresztül számos információs szolgáltatás érhető el, amelyek növelt értékű információkat is kezelnek. Kidolgoztuk az ideális alkalmazás funkcionális modelljét, amelynek alkalmazhatóságát részfunkción keresztül mutattuk be.

Mivel a teljes, integrált alkalmazás csak fejlesztési fozatokban valósítható meg, ezért több szempont figyelembevételével javaslatot adtunk a fokozatokra.

A kutatás tanulságai:

- szükséges a kutatás menet közbeni folyamatos megfigyelése, ellenőrzése, felülvizsgálata a részfeladatokból származó eredmények koherenciája érdekében,

- az alapos irodalomkutatást megnehezítette, hogy kevés a témához kapcsolódó, tudományos igényességű forrás, folyóiratcikk,
- az alkalmazások elemzésénél alaposan átgondoltan szükséges megválasztani az alternatívákat (alkalmazásokat), a vizsgálati szempontokat, a minősítési értékeket és a súlyozó tényezőket,
- a kérdőív kérdéseinek összeállítása és végrehajtása akkor történjen meg, ha a módszertan és az elvárt eredmények tisztázottak,
- a gépi alrendszereket különböző szervezetek használhatják, a kategorizálási megközelítések feleljenek meg a kutatási céloknak,
- a modell alkotóelemei közötti kapcsolatok nem mindig egyértelműek.

A kutatást több irányvonal mentén és céllal folytatjuk:

1. A modellek felbontási mélységének fokozása. Az információs rendszer modelljei az összetevő típusok (szervezet, funkció, adat) szerint a felbontási mélység fokozásával részösszetevőkre bonthatók, eljutva az elemi összetevőkhig.

2. A funkciók továbbfejlesztése.

Elsősorban a repülőtéri tevékenység ütemezés (F₃₃) funkció továbbfejlesztése a célunk, a személyre szabott irányítás és a helyváltoztatás közbeni döntéstámogatás tekintetében. Ennek a funkciónak a kidolgozásához a repülőtéri utaskezelési folyamatok és műveletek időadatait elemezzük, ami a várakozási idő előrejelzésének alapja.

3. Az alkalmazás bővítése új funkciókkal.

Cél az infokommunikációs technológia és az adatfeldolgozási módszerek fejlődésével reálissá váló új funkciók beillesztése. Így közelíthetők az ideális alkalmazás jellemzői, valamint a fokozódó utazói elvárások magasabb színvonalon, pontosabban elégíthetők ki. Az alkalmazás multimodális jellegének erősítésével támogatjuk a kiindulási és a rendeltetési pont közötti teljes helyváltoztatási folyamatot. Az értékelési funkció (utazói visszajelzések gyűjtése aktív közreműködéssel) bővítése biztosítja a kétirányú kommunikációt az utas és az üzemeltetők között. Az utasokról/-től kapott információk jelentősen elősegítik az üzemeltető oldali fejlesztéseket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Csiszár Cs.: Model of Integrated Intelligent Passenger Information Systems
Periodica Polytechnica Transportation Engineering, Vol.31. No. 1-2. pp. 17-44. Budapest, 2003. (ISSN 0303-7800) (ISSN 1587-3811) DOI: 10.3311/pp.tr.2003-1-2.02
- [2] Karádi D. – Nagy E. – Csiszár Cs.: Integrated Information Application on Mobile Devices for Air Passengers. 4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2015), 3-5 June 2015, Budapest, Hungary. pp. 304-311. DOI:10.1109/MTITS.2015.7223272, ISBN: 978-9-6331-3140-4, 978-963-313-142-8
- [3] Sándor Zs. – Csiszár Cs.: Modelling and Analysis Methods of Integrated Information Systems of Transportation. 4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2015), 3-5 June 2015, Budapest, Hungary. pp. 348-355. DOI:10.1109/MTITS.2015.7223278, ISBN: 978-9-6331-3140-4, 978-963-313-142-8
- [4] Sándor Zs. - Csiszár Cs.: A közúti közlekedés információsrendszerének modellje - 1. rész: Információszerkezeti modell. Közlekedéstudományi szemle 65:(4) pp. 32-41. (2015)
- [5] Sándor Zs. - Csiszár Cs.: A közúti közlekedés információsrendszerének modellje - 2. rész: Információkapcsolati modell. Közlekedéstudományi szemle 65:(5) pp. 29-39. (2015)
- [6] Esztergár-Kiss, D. - Csiszár, Cs.: Evaluation of Multimodal Journey Planners and Definition of Service Levels. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research; Volume 13, Issue 3 (September 2015) pp. 154-165. DOI 10.1007/s13177-014-0093-0; Print ISSN 1348-8503, Online ISSN 1868-8659



Integrated air passenger information application on a mobile device. 2nd part: The conclusions of the research

Compared to other sub-sectors of transport, air travel preparation is the most time-consuming segment of transport on the traveller side. A number of information management processes are linked to the motion procedure before reaching the aircraft. An integrated application can help with the decisions of the traveller and the planning and conducting of the journey. A fully integrated application does not exist yet, although the need for such a tool, among other things, has been confirmed by the results of a survey about travellers' needs. In order to develop such an application, transport informatics analyses and modelling have been carried out, which will lay the foundation for integration. Over the course of the development of the model of the integrated information system, the functional model of a passenger-focused application has been created. To demonstrate the applicability of the model, a system design has been developed, as well as a sample application with the purpose to demonstrate the function that supports transfers. The second part of the paper completes the process by introducing the research conclusions and by indicating the directions for further analysis. (History on the subject and research methods are included in the December 2015 issue of the Közlekedéstudományi Szemle (Transportation Science Review).)



Anwendung der integrierten Luftfahrtgastinformation an Mobilgeräten. 2. Teil: Forschungsergebnisse

Im Vergleich zu anderen Teilsektoren des Verkehrs, ist die Vorbereitung einer Luftreise durch die Reisenden die zeitaufwendigste im Vergleich zu den anderen Verkehrssegmenten. Mit dem Bewegungsvorgang bis zum Erreichen des Flugzeugs ist eine große Anzahl von Informationsmanagement-Prozessen verbunden. Die Planung und Abwicklung der Reise sowie die Entscheidung der Reisenden wird durch eine integrierte Anwendung unterstützt. Eine völlig integrierte Anwendung ist zur Zeit noch nicht vorhanden, wobei der Bedarf dafür wurde (unter anderen) durch die Ergebnisse unserer Umfrage über die Bedürfnisse der Reisenden bestätigt. Zwecks Entwicklung einer solchen Anwendung wurden für die Begründung der Integration Analysen und Modellierungen auf dem Gebiet der Verkehrsformatik durchgeführt. Im Laufe der Entwicklung des Modells des integrierten Informationssystems es wurde ein Funktionsmodell einer fahrgastorientierten Anwendung erstellt. Um die Anwendbarkeit des Modells zu demonstrieren, es wurde ein Systemplan, sowie eine Musteranwendung für die Demonstration der Funktion entwickelt, die das Umsteigen unterstützt. Im Teil 2 wird die Arbeit durch Vorstellung der Erfahrungen der Forschung und die Bezeichnung der Richtungen der Weiterführung vervollständigt. (Die Vorgeschichte des Themas und die Forschungsmethoden wurden in der Dezember-Ausgabe von Közlekedéstudományi Szemle (Verkehrswissenschaftliche Rundschau - veröffentlicht.)

Az érkező légi forgalom folyamatos süllyedéssel történő megközelítését biztosító irányítói támogatóeszköz koncepciója

A forgalmas repülőtereken jelentős problémát okoz az érkező és induló légi járművek környezetvédelmi, gazdasági és üzemirányítási szempontból hatékony kezelése. Az érkező forgalom folyamatos süllyedéssel történő bevezetése különösen nagy kihívást jelent, ha a légi járművek egymástól függetlenül, eltérő irányokból közelítik meg a repülőteret. Jelen cikkben bemutatásra kerül egy olyan új koncepció, amely együttesen kezeli a különböző irányokból és útvonalakon érkező légi járművekkel kapcsolatos sorrendezési és optimális profilalkotási kérdéseket.

Madácsi Richárd - Baráth Márta - Dr. Sándor Zsolt, PhD.

HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.

légiforgalmi eljárás tervező
és rendszertervező

légiforgalmi
rendszertervező

légiforgalmi
rendszertervező

Richard.Madacsi@hungarocontrol.hu

Martha.Barath@hungarocontrol.hu

Zsolt.Sandor@hungarocontrol.hu

1. BEVEZETÉS

A légi közlekedési kutatási projektek – az amerikai NextGen (Next Generation Air Transportation System) és az európai SESAR (Single European Sky Air Traffic Management Research) – egyik kiemelt célja, hogy olyan fejlesztéseket indítsanak be, amelyek hatására a teljes légiforgalmi irányítási és menedzsment rendszer hatékonysága növekszik [1], [2]. Ez magában foglalja a kapacitás bővítést, a környezeti hatások csökkenését, mindeközben a repülésbiztonság növekszik vagy legalább a fejlesztést megelőző szinten marad. Jelen cikkben az érkező forgalom hatásait elemzik a szerzők. A hatékonyságnövekedés a le- és felszállási műveletek optimális eloszlását jelenti az érkező és induló forgalom függvényében.

Az induló és érkező forgalom kezeléséért a repülőtéri toronyirányítási (TWR) és a bevezető irányítási szolgálat (APP) felelős. A bevezető

irányító szolgálatnak az érkező forgalom sorrendjének kialakítása során a repülésbiztonsági követelmények mellett a környezetvédelmi és a gazdasági célokat is figyelembe kell venni. A repülőtér megközelítése során az érkező légi járművek egy előre meghatározott útvonalat (vagy annak egy részét) repülnek le.

A biztonsági szempontok alatt a légi járművek közötti megfelelő horizontális elkülönítést kell érteni, miközben az útvonalat lerepülik. Környezetvédelmi és egyben gazdasági cél, hogy a repülőtér megközelítése során a légi jármű a forgalmi körülményekhez mért legrövidebb útvonalat repülje le. Így az üzemanyag-felhasználás és a CO₂ kibocsátás minimalizálható. A negatív hatások tovább csökkenthetők, amennyiben a légi jármű a repülőteret folyamatos süllyedéssel közelíti meg (CDA - Continuous Descent Approach). Ennek során – a szinttartó repülések elkerülésével – a repülőgépeknek

nem kell időszakosan többletenergiát használni az előrehaladáshoz, így a felgyűlt helyzeti energia optimális kihasználása alacsonyabb hajtómű-teljesítményt eredményez. Ezzel a légi útvonalak zajterhelése is mérséklődhet.

Kutatások kimutatták, hogy az egyfolyosós repülőgépek esetén, a CDA alkalmazásával járatonként 50-150 kg-nyi üzemanyag takarítható meg [3], [4]. Nagyobb gépek esetén az üzemanyag-megtakarítás 200 kg körüli érték. A tényleges megtakarítás azonban jelentősen függ az aktuális forgalmi, időjárési és egyéb befolyásoló tényezőktől is [4]. A zaj tekintetében kb. 5 dB-es csökkenés mérhető, ami kb. 15%-os mérséklést jelent [5], [6], [7], [8].

A CDA megvalósítása érdekében a légi járművek vezetőit mihamarabb tájékoztatni kell a földet érésig (futópályaküszöbig) lerepülő útvonalhosszról (Distance To Touchdown - DTD). Általánosságban kijelenthető, hogy a sorrendezéssel összefüggő operatív irányítási beavatkozások miatt a légiforgalmi irányítók annál pontosabb DTD értéket tudnak szolgáltatni, minél közelebb vannak a légi járművek a használatos futópálya alapfalához¹. Ekkor azonban a CDA-ból fakadó hatékonyságnövekedés minimális, ugyanis a CDA lényege, hogy már a süllyedés megkezdésének pillanatában a légi jármű személyzete a pontosan lerepülő útvonal hosszával számolhasson.

Az érkező forgalommal kapcsolatos probléma, hogy a légi járművek leszállási sorrendjének kialakítása és a végső egyenesre vezetése sok esetben vektorálással² történik, mivel a létrehozandó térközök tekintetében ez a lehető legpontosabb és leghatékonyabb eljárás. Azonban ebben az esetben a DTD érték pontos meghatározása és a légi jármű fedélzetére történő továbbítása nem lehetséges. Az egyes légi járművek által lerepülő távolságok minden esetben a sorban előrébb haladó légi járműtől függnek. Egy-egy szabályozási beavatkozás hatása láncoltan terjed tova, befolyásolva a sorban elhelyezkedő összes légi jármű repülését. Emiatt vektorálás esetén nem lehet maximálisan kihasználni a CDA elvben rejlő lehetőségeket.

Ahhoz, hogy a légi járművek vezetői a lehető legkorábban közel 100%-os pontosságú képet kapjanak a várható útvonalról, elengedhetetlen egy e célra megtervezett eljárás (útvonal) közvétel, és ennek követésére vonatkozó utasítás kiadása. Ez azonban egyidejűleg csak egy légi jármű esetén működőképes, hiszen különböző nyomvonalakon, de azonos pontra repülő forgalom összerendezése a jelenlegi, humán teljesítményen és képességeken alapuló munkamódszerekkel szinte lehetetlen. A sorrendezésben és térköz-kialakításban előálló konfliktusok detektálása csak egy késői fázisban lehetséges, ami bár repülésbiztonsági kockázatot nem jelent, a hatékonyság szempontjából káros.

Ezen megoldással egyenértékű, a már létező eljárások stratégiai útvonalpontjainak felhasználásával taktikai szinten létrehozott kvázi útvonalon való vezetés. Ekkor a légi jármű fedélzeti számítógépes vezérlő rendszere (Flight Management System – FMS) az abba betáplált útvonal-rövidítések alapján kiszámítja az optimális repülési profilt. Azonban a többi jármű operatív irányítása miatt az irányítók által kiadott utasítások hatására az FMS által kiszámolt útvonal gyakran változik.

A feladat egy olyan módszer kialakítása, amely egyszerre képes kezelni a sorrendezési kérdéseket és az optimális profilalkotást a különböző irányokból és útvonalakon érkező légi járművekre vonatkozóan.

2. KORÁBBI KUTATÁSOK

A repülőtéri és bevezető irányítói szolgálat munkáját támogató eszközök kifejlesztését számos amerikai és európai kutatás célul tűzte ki a repülőtéri, légiforgalmi irányítással összefüggő tevékenységek pontosságának növelése érdekében. Az első fejlesztések az 1980-as évek elején valósultak meg. A német Űrkutatási Központ (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR) által kifejlesztett COMPAS rendszer az érkező forgalom kezelését tette lehetővé időkeretet megjelenítő interfész alkalmazásával [9]. A NASA által 1989-ben bemutatott *TIMER*

¹ Futópálya megközelítése során a végső egyenesre való ráfordulást megelőző, arra merőleges útirány.

² Navigációs vezetés biztosítása a légi járművek részére meghatározott géptengelyirányok formájában.

koncepció célja az volt, hogy az érkező légi járművek elkülönítése és a leszállási sorrend kialakítása idő alapon történjen, amelyhez üzemanyag megtakarítást eredményező siklópályát alkalmaznak, így növelve a légi közlekedés időbeli és térbeli pontosságát [10].

A nagy számítási kapacitással rendelkező rendszerek megjelenésével elérhetővé vált a négydimenziós előrebecslés. A COMPAS utódjának tekinthető a 4D-CARMA rendszer, amely 4D-s támogatást és időablakos megjelenítést biztosít az irányítók számára (sebesség, irányszög-ajánlás, stb.) [9], [11].

Az érkezési és indulási menedzser rendszerek integrált módon szolgáltatnak információt az érkező és induló gépekről a légiforgalmi irányítók számára. Annak ellenére, hogy számos rendszert állítottak már szolgálatba, az alapvető céljuk azonos [12], [13]: a forgalom áramlásának optimalizálása az APP szektorban az aktuális forgalmi helyzetnek megfelelő, a légiforgalmi irányító számára továbbított sorrendezési, sebesség- és magasság-információk által. Ezek jellemzően az irányító rendszertől független, különálló megoldások, amelyek külön megjelenítő felületet igényelnek, és általában vagy csak az induló, vagy csak az érkező forgalom kezelésében nyújtanak segítséget [14].

A NASA által kifejlesztett *Controller-Managed Spacing* (CMS) integrált módon működik a bevezető irányítót támogató rendszerrel, amely az érkező forgalomra vonatkozóan precíziós, idő alapú ütemtervet biztosít, így megkönnyítve az irányítók munkáját [15], [16]. A megoldás a gépek aktuális helyzetét és útvonalát összeveti a menetrend szerinti nominális útvonallal. A rendszer a menetrend betartása érdekében az irányítónak a sebességszabályozás alkalmazására vonatkozóan javaslatot ad, hogy a légi járművek érkezése a menetrendnek megfelelően történjen. A rendszer hátránya, hogy csak egy jól meghatározott útvonalon használható. Továbbá az irányító számára nem biztosítja azt a flexibilitást, hogy vektorálással az érkező forgalom kezelésével összefüggően és sorrendezéssel kapcsolatos döntéseket hozzon. Az irányítók számára biztosított ajánlások csak az alkalmazandó sebességekre vonatkoznak, és problémák

merülhetnek fel, amennyiben több légi jármű esetén tovagyrúzó hatások tapasztalhatók.

Annak érdekében, hogy még több tényező bevonásával növelhető legyen a légtér és a repülőtér kapacitáskihasználtsága a MITRE kutatóvállalat kialakította az „*Automated Integration of Arrival/Departure Schedules*” koncepciót, amely képes együttesen kezelni az érkező és induló forgalmat figyelembe véve az egyes légi járművek között kialakítandó minimális térközöket. Az érkező légi járművek között aktuálisan alkalmazandó térközöket minden esetben az induló forgalom függvényében határozzák meg, figyelembe véve a menetrendi sajátosságokat és a forgalomösszetételt. A rendszer grafikus felületen keresztül „*slot marker*”-ek megjelenítésével támogatja a légiforgalmi irányítókat. A koncepció szimulátoros alkalmazásával a nagy forgalmat lebonyolító repülőtér esetére meghatározták, hogy a légi járművek közötti térköz a minimális értékre csökkentése megoldható, amennyiben az irányító időben megkapja az alkalmazandó térközökről szóló információt. Ennek segítségével mind az érkező, mind az induló kapacitás növelhető a biztonság veszélyeztetése nélkül. Az elérhető kapacitásnövekedés 5-10% [17].

Az említett megoldások lehetővé teszik egy-egy specifikus probléma kezelését, azonban komplex megoldást az 1. fejezetben felvázolt feladatra nem nyújtanak.

3. POINTMERGE KONCEPCIÓ

A PointMerge a EUROCONTROL által kifejlesztett forgalomirányítási koncepció, amely együttesen képes megvalósítani az érkező légi járművek sorrendezését és az optimális profilalkotást. Lényege, hogy nem igényli új eszközök implementálását, így a meglévő légtérstervezet átalakításával és az elérhető technológiai megoldásokkal alkalmazhatóvá válik [18], [19]. A *PointMerge* koncepció alkalmazása során a légi járművek a kezdeti megközelítés fázisában egy közzétett P-RNAV (Precision-Area Navigation – precíziós területi navigáció) köríven (egyenes szakaszokkal való közelítéssel) repülnek. Ezt követően a radarképernyőre térképelemként megjelenített statikus „*spacing*

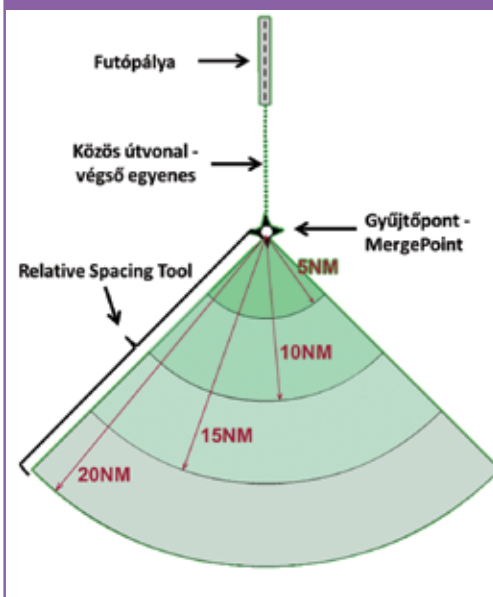
tool” (térköz-kialakítást biztosító elem, ekvidisztáns osztású, koncentrikus körívek) felhasználásával a gyűjtő pontra (Merge point a körív középpontja) történő közvetlen repülési utasítás (ún. direkt) kiadásával hozza létre az APP légiforgalmi irányító az előírt térközt.

A direkt kiadásakor az FMS egyértelmű helyzettel szembesül a CDA megvalósításához, így már képes optimális paramétereket számítani. A térköz finomhangolása sebességszabályozással történik, a *spacing tool*-hoz való viszonyítással.

A PointMerge koncepció elemei (1. ábra):

1. Közös útvonal, pl.: végső egyenes
2. Merge point
3. Relative Spacing Tool (térképelem)

1. ábra: PointMerge koncepció felépítése



A koncepció működési elve (2. ábra):

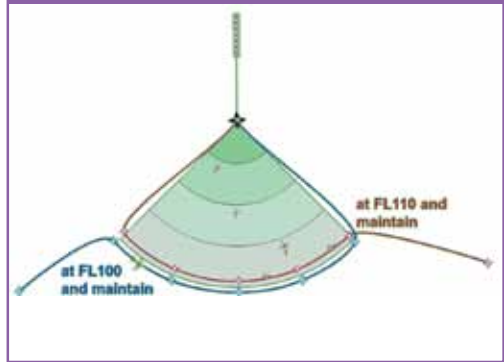
1. A különböző irányokból érkező légi járművek eltérő magasságon lépnek be a légtérbe, ahol a számukra kijelölt köríven repülnek. A köríven történő reptetés egy kiterítő manőver, annak érdekében, hogy az érkező forgalmat alkotó légi járművek között a vízszintes elkülönítésnek megfelelő távolságok

kialakuljanak. A manőver szinttartó repülés, mert horizontális elkülönítés a párhuzamos útvonalak közelsége miatt nem biztosítható, így vertikális elkülönítés létrehozása szükséges.

2. A megfelelő laterális térköz kialakítását követően a légiforgalmi irányító utasítja a légi jármű személyzetét a MergePontra repülésre. Ekkor az FMS képességeit felhasználva optimalizált repülés profil valósítható meg.

A kialakított térközők fenntartása érdekében sebességszabályozás alkalmazása az érkező forgalom minden eleménél.

2. ábra: PointMerge koncepció működése



Szimulációk kimutatták, hogy a koncepció alkalmazható még megnövekedett forgalom esetén is, segítségével csökkenthető a légiforgalmi irányítókat érő munkaterhelés. A módszer alkalmazásával a biztonság garantálható, miközben az elkülönítés pontossága és előreláthatósága nő [18].

A koncepciót elsőként 2011-ben Osloban vették be, majd később Dublinban (2012), Hannoverben (2013), Kuala Lumpurban (2014) és a Kanári-szigeteken (2014). Az érintett területeken a PointMerge bevezetésének célja a légtér szerkezet újrastrukturálása volt, annak érdekében, hogy a kapacitásbeli szűk keresztmetszeteket feloldják, és csökkentsék a légiforgalmi irányító munkaterhelését [20], [21].

A forgalomszervezés javulása ellenére azonban számos probléma merült fel mind a légitársas-

ságok, mind a légiforgalmi irányítói személyzet oldaláról [20]:

- Alacsony érkező forgalom esetén indokolatlan útvonalhossz-növekedés. Ilyen esetben a hagyományos vektorálással rövidebb lerepült útvonalhosszal is biztosítható a megfelelő elkülönítés.
- Az alap koncepció csak két, előredezett áramlatból érkező forgalom összerendelésére alkalmas. Lehetőség van térbeli kiterjesztésre (több körcikk használata, köríven található útvonalak megtöbbszörözése, stb.), azonban ez a felhasznált légtér indokolatlan növekedésével jár, ami extra terhelést és kiképzési időszükségletet jelent az irányító számára, és az így kialakuló rendszer zavarérzékenysége rendkívüli módon növekszik (a sorrendben első légi járműhöz kell igazítani a többit). Komplex esetekben a CDA nem feltétlenül biztosítható, mivel a köríven való repülés hosszának meghatározása bizonytalan. A közzétett eljárás túl nagy hossza miatt az üzemanyag-felhasználás sem optimális.
- A koncepció legnagyobb hátránya a statikus „Spacing Tool”. A légiforgalmi irányítók a direkt kiadásának időpontját, valamint a sebességszabályozást a légi jármű helyszimbólumainak a térképelemként megjelenített, egymástól az általában használatos laterális elkülönítés nagyságával megegyező távolságra elhelyezett koncentrikus körívekhez való viszonyítással végzik. Ezek statikus volta miatt a térköz alakulását időben nem lehet nyomon követni, így a felhasználó csak bizonyos időpillanatokban kap helyzetképet az aktuális állapotról. Emiatt a szükséges beavatkozás késedelmet szenvedhet.
- A „Spacing Tool” esetén a körívek távolsága előre rögzített, az irányító nem változtathat a szükséges térköznek megfelelően rajta (pl. induló forgalom beiktatásakor, korlátozott látás esetén, műszaki meghibásodáskor, stb.).
- A koncepció nem biztosítja a forgalom stratégiai és pretaktikai előtervezését. Így nem használható ki a CDA adta előny, mivel előre nem lehet meghatározni, hogy pontosan milyen hosszúságú a légi jármű által lerepülő útvonal. A forgalomkezelés azonos a vektorálással és a ténylegesen

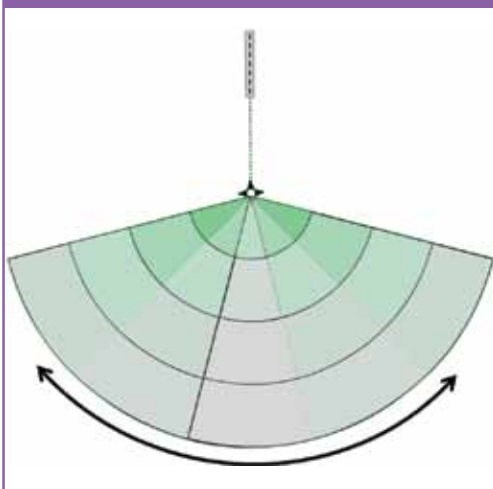
lerepülő útvonal a sorrendben előrébb lévő légi járművektől függ ebben az esetben is.

A felmerült problémák kiküszöbölése érdekében olyan megoldásra van szükség, amely lehetővé teszi a korai tervezést (pretaktikai szinten), így biztosítva a CDA megvalósítását és a helyes sorrendezést.

4. POINTMERGE KONCEPCIÓ KITERJESZTÉSE - MERGESTRIP

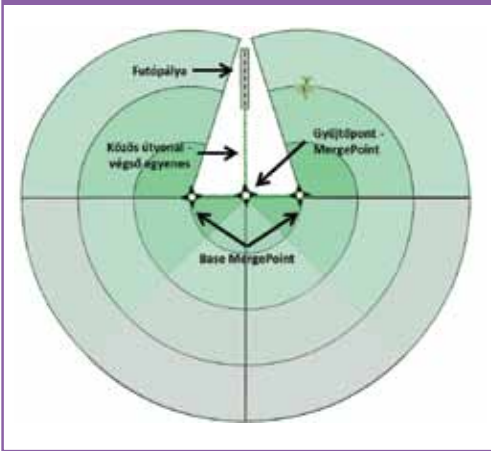
A PointMerge koncepció elemzése során felmerült, hogy annak kiterjedése indokolatlanul csak egy körcikkelyre korlátozódik, ami korlátozza a belépő útvonalak számát. Optimális megoldást jelent, ha a körcikket térben kiterjesztjük. Ennek megvalósítása nem ütközik elvi akadályba, mivel az eredeti koncepció struktúrája, az alkotóelemekkel együtt a kiterjesztéstől függetlenül megmarad (3. ábra).

3. ábra: PointMerge koncepció kiterjesztése



A kiterjesztés esetén a Merge pontra való repülés és az arról a közös útvonalra ráfordulás okozhat problémát a trajektória geometriájának függvényében. Azonban ún. „Base Merge Point”-ok beiktatásával ezt orvosolni lehet (4. ábra). A kiterjesztett környezetben nem szükséges P-RNAV útvonalakon (körívek) vezetni a légi járműveket, hiszen a statikus „Spacing Tool” vektorálás mellett is használható.

4. ábra: Kiterjesztett PointMerge koncepció „Base Merge Point”-okkal



A működéssel összefüggésben bevezetésre kerülő távolságfogalmak (5. ábra):

- **Length (l):** elemi úthosszak.
- **Track (t):** a légi jármű számára hátralévő útvonalhossz, amely az elemi úthosszakból áll össze (forgalomirányítási koncepció és a légi jármű aktuális helyzete alapján meghatározható minden járműre vonatkozóan).
- **Relative spacing (S_r):** érkező forgalmat alkotó légi járművek által lerepülő útvonalhosszak különbsége.
- **Absolute spacing (S_a):** érkező forgalmat alkotó légi járművek közötti távolság (légvonalban mérve).

A MergeStrip koncepció elemei megegyeznek a PointMerge koncepció alkotórészeivel:

- Közös útvonal - végső egyenes.
- Merge pontok – amire számolni lehet a hátralévő útvonalhosszt.
- Relative Spacing Tool – képzeletbeli középvonalon mozgó szimbólumok, illetve az a számegetes, amely a **Track** és a **Relative spacing** értékeket mutatja.

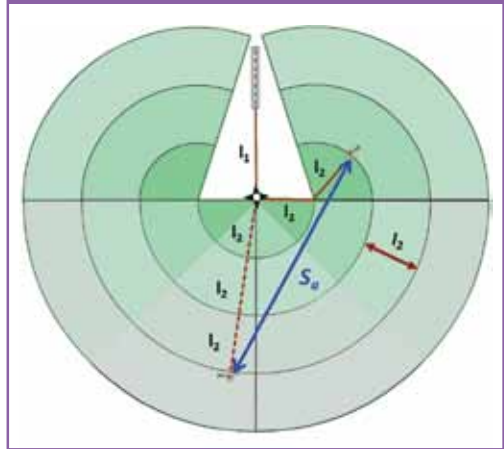
A koncepció működési elve:

- Kitérítő manőver (tetszőleges irányban) – amennyiben erre a forgalomszervezés miatt szükség van (pl. térköz kialakítása az érkező légi járművek között).
- FMS képességeit felhasználva optimalizált,

CDA-val megvalósított repülés egy útvonalpontra (Merge pontok valamelyikére, a repülési iránynak megfelelően).

- Sebességszabályozás a létrehozott horizontális elkülönítés fenntartása érdekében.

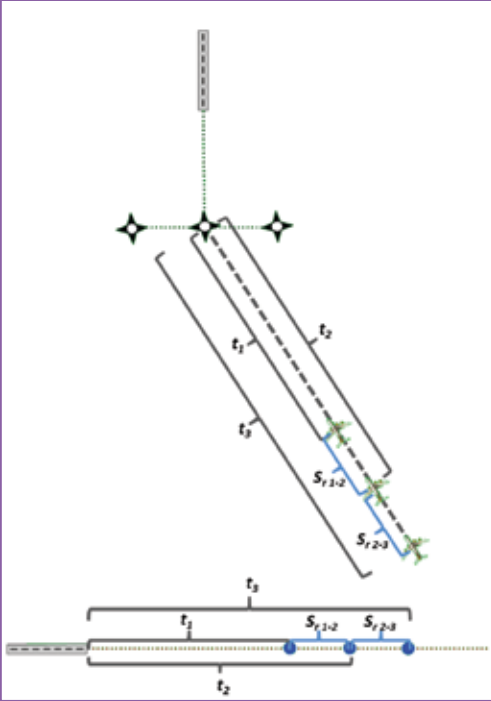
5. ábra: Távolság fogalmak



A bevezető légiforgalmi irányítók számára akkor egyszerű az irányítás, ha a **Relative** és **Absolute spacing** értékek egymáshoz közel vannak. Ekkor ugyanis a légi járművek egy irányból, egymás mögött haladva közelítik meg a repülőteret (6. ábra). Tekintettel arra, hogy a forgalom jellemzően nem egy irányból érkezik, így cél, hogy olyan támogató eszköz jöjjön létre, amely a légiforgalmi irányító számára a hátralévő útvonalhossz függvényében adja meg a **Relative spacing** értékeket.

Az érkező forgalom esetén a **Track** és a **Relative spacing** meghatározásával a PointMerge koncepcióban kialakított körívekre a továbbiakban már nincs szükség, mivel a légi járművek közötti relatív távolságok a számítás eredményeként ismertté válnak. A MergeStrip koncepció lényege, hogy egy kiterjesztett környezetben a relatív térköz létrehozása ne statikus térképelemek használatával történjen, hanem egy dinamikus, a légi járművek helyzetét egy dimenzióba leképező rendszerrel. Ennek segítségével minden időpontban lehetőség van a légi járművek **Track** és **Relative spacing** értékeinek számegetesen való megjelenítésére (6. ábra). Ezek alapján a légiforgalmi irányítók

6. ábra: Azonos útvonalon érkező légi járművek közötti térközök

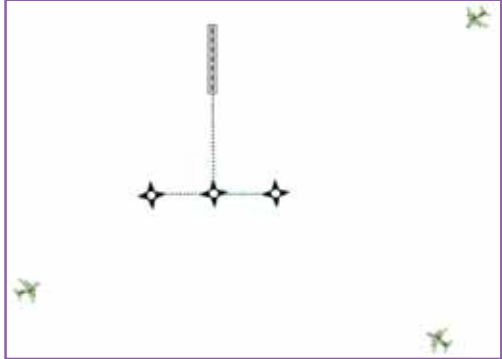


számára az aktuális forgalmi helyzet átláthatóbbá és könnyebben kezelhetőbbé válik: korai stádiumban kialakíthatják a leszállási sorrendet, bármely időpillanatban képesek meggyőződni a **Relative spacing** aktuális állásáról, és meg tudják adni a légi jármű-vezetők számára a CDA biztosításához szükséges paramétereket, továbbá szükség esetén sebességszabályozással beavatkozhatnak, hogy a szükséges térköz a légi járművek között rendelkezésre álljon.

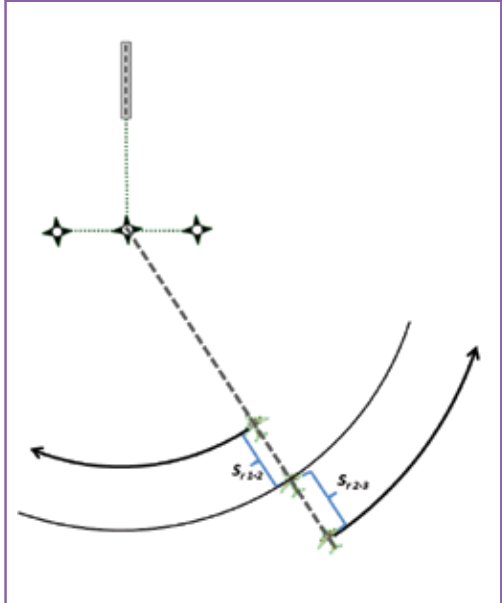
A 7. ábra olyan forgalmi szituációt ábrázol, amikor a légi járművek különböző irányokból érkeznek. A radarképernyőn megjelenő információk alapján az irányító számára a helyzet nem feltétlenül egyértelmű. Azonban a **Track** és **Relative spacing** értékek meghatározásával már jól látható (8. és 9. ábra), hogy a sorrendezés tekintetében a forgalmi helyzet megegyezik a 6. ábrán szemléltetettel, csak a légi járműveket egy képzeletbeli körív mentén eltolták. A relatív térköz a légi járművek között, valamint a futópálya küszöbig lerepülő távolságok azonosak, így ugyanúgy kell a sebességeket

szabályozni az optimális megoldás érdekében. Fontos megemlíteni, hogy az azonoság a Merge pontok utáni közös útvonalra vonatkozó útvonaltartási pontosság függvénye.

7. ábra: Eltérő irányokból érkező légi járművek



8. ábra: Relative spacing alakulása az érkező légi járművek között I.

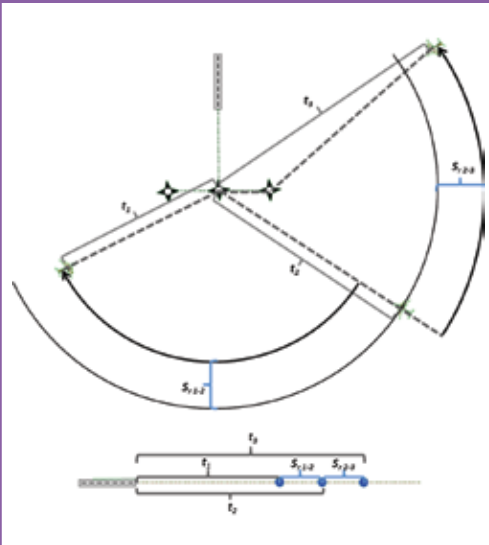


5. KONKLÚZIÓ

A legfőbb következtetések:

Megállapítható, hogy a rendszerelemek és a működés alapján a PointMerge és a MergeStrip forgalomtervezési és irányítási módszer gya-

9. ábra: Relative spacing alakulása az érkező légi járművek között II.



korlatilag ugyanaz, az előbbi hátrányai nélkül. Tekintettel az azonosságra, a PointMerge koncepciónál megállapított biztonsági szintek és mutatók jelen koncepciónál is helytállóak.

A MergeStrip koncepció előnyei:

- a térközkialakítás bármilyen tetszőleges útvonalon megvalósítható, akár vektorálással is;
- nem igényli a légtérszerkezet átalakítását és extra légteret;
- képes összerendelni a különböző irányokból érkező forgalmat;
- a térközők kialakítása dinamikusan változó értékekre is megvalósítható;
- a CDA megvalósítható, ugyanis a lerepülő úthossz a süllyedés megkezdésének pillanatában ismert;
- nem igényel extra üzemanyagot;
- kis forgalom esetén – akár két légi járműnél – is alkalmazható;
- az implementációs költsége alacsony;
- bevezetése egyszerűen megoldható, az irányítói állomány átképzése rövid idő alatt megvalósítható.

A felsorolt tényezők bizonyítják a kialakított koncepció flexibilitását és a hatékonyabb felhasználási lehetőségeket a PointMerge-vel szemben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az érkező légi forgalom szervezését támogató megoldások elemzésével kialakul egy olyan módszer, amely képes a több irányból érkező légi járművek sorrendezési és helyes CDA profilalkotási kérdéseit együttesen megoldani. Ennek érdekében bevezetésre került a **Relative spacing** távolsági fogalom, amit felhasználva lehetőség van a légi járművek számára a földet érési pontig lerepülő úthosszuk közötti különbségek meghatározására, és annak számszerűen történő ábrázolására. Így olyan, a légiforgalmi irányítókat támogató eszköz kialakításának alapkoncepcióját készítették el a szerzők, amelyet felhasználva megvalósítható a CDA-t támogató, integrált repülésirányítási rendszer. A koncepció implementációról és az új forgalomszervezési megoldással elért eredményekről a szerzők a későbbiekben számolnak be, ami már tartalmazza a budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozó számításokat is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Joint Planning and Development Office: *Concept of operations for the next generation air transportation system*. Version 3.0, 2009.
- [2] SESAR Consortium: *SESAR definition phase deliverable 3—the ATM target concept*. DLM-0612-001-02-00, 2007.
- [3] J. Robinson and M. Kamgarpour: *Benefits of Continuous Descent Operations in High-Density Terminal Airspace under Scheduling Constraints*. AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit (2010) pp. 1-21. http://www.aviationsystems.arc.nasa.gov/publications/2010/Robinson_ATIO2010_Final.pdf
- [4] Yi Cao, Nguyen V. P. Nguyen, Steven Landry, Dengfeng Sun, and Joseph Post: *Evaluation of Continuous Descent Approach as a Standard Terminal Airspace Operation*. 9th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar 2011 pp. 1-9. <http://atmseminar.org/seminarContent/seminar9/papers/62-Cao-Final-Paper-4-4-11.pdf>

- [5] Department of Transport, Local Government and the Regions: *Noise from Arriving Aircraft – An Industry Code of Practise*. London, 2001 <http://www.caa.co.uk/docs/68/arrivalscode.pdf>
- [6] Eric Dinges: *Determining the Environmental Benefits of Implementing Continuous Descent Approach Procedures*. 7th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar. Barcelona, 2007 http://atmseminar.org/seminarContent/seminar7/papers/p_017_EC.pdf
- [7] Alam, S.; Nguyen, M.H.; Abbass, H.A.; Lokan, C.; Ellejmi, M.; Kirby, S.: *A dynamic continuous descent approach methodology for low noise and emission*. Digital Avionics Systems Conference (DASC). 2010 DOI: 10.1109/DASC.2010.5655502 http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/conference/paper/2010/004_A_dynamic_CDA_methodology.pdf
- [8] California Centre for Sustainable Communities, research results on Continuous Descent Approach for Aviation. <http://next10.org/sites/next10.org/files/12.%20Aviation%20Practices%20and%20Procedures.pdf>
- [9] H. Helmke, R. Hann, M. Uebbing-Rumke, D. Müller, and D. Wittkowski: *Time-based arrival management for dual threshold operation and continous descent approaches*. 8th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Napa, CA, USA, 2009. http://www.atmseminar.org/seminarContent/seminar8/papers/p_014_CDA.pdf
- [10] L. Credeur and W. Capron: *Simulation of TIMER, a time-based, terminal air traffic, flow-management concept*. NASA TM-2870, 1989.
- [11] A. Kuenz and C. Edinger: *Future air ground integration: a scalable concept to start with green approaches today*. 27th International Congress of the Aeronautical Sciences (ICAS), Nice, France, 2010.
- [12] J.-P. Clarke, N. T. Ho, L. Ren, J. A. Brown, K. R. Elmer, K.-O. Tong, and J. K. Wat: *Continuous descent approach: design and flight test for Louisville International Airport*. Journal of Aircraft, Vol. 41, No. 5, 2004, pp. 1054-1066.
- [13] T. Becher, D. Barker, and A. Smith: *Methods for maintaining benefits for merging aircraft on terminal RNAV routes*. Proceeding from the 23rd Digital Avionics System Conference, Washington, D.C., USA, 2004.
- [14] L. Bernard-Peyre: *A smoother rhythm*. Air Traffic Technology International 2010, Surrey, UK: UKiP, 2009, pp. 94-97
- [15] M. Kupfer, T. Callantine, L. Martin, J. Mercer, E. Palmer: *Controller support tools for schedule-based terminal-area operations*. 9th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Berlin, Germany, 2011.
- [16] B. T. Baxley, W. C. Johnson, H. N. Swenson, J. E. Robinson, T. Pervot: *Air traffic management technology demonstration-1 concept of operations (ATD-1 Conops)*. NASA Langley Research Center, Hampton, VA, Report: NASA/TM-2012-217585, 2012.
- [17] Paul Diffenderfer, Zheng Tao, and Gaea Payton: *Automated Integration of Arrival/Departure Schedules*. 10th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, 2013. http://atmseminar.org/seminarContent/seminar10/papers/245-Diffenderfer_0126130329-Final-Paper-4-16-13.pdf
- [18] L. Boursier, B. Favennec, E. Hoffman, A. Trzmiel, F. Vergne, and K. Zeghal: *Merging arrival flows without heading instructions*. 7th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Barcelona, Spain, 2007.
- [19] Eurocontrol Experimental Centre: *Point Merge Integration of Arrival Flows Enabling Extensive RNAV Application and Continuous Descent – Operational Services and Environment Definition*. Version 2.0. Luxembourg, 2010. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/sesar/point-merged-v2.0-2010.pdf>
- [20] Point Merge Conference Oslo, 2015. <https://avinor.no/en/avinor-air>

navigations-services/about/point-merge-conference#!presentations-9811

- [21] Eurocontrol Experimental Centre: Real Time Simulation Oslo ASAP (Oslo Advanced Sectorization and Automation

Project) validation report No. 2010-002 (2010) http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/library/002_Oslo_ASAS_RTS.pdf



An advanced support tool for air traffic controllers to ensure continuous descent approach – concept

The research detailed in the article relates to current problems. In the case of air traffic involving several descending aircraft, the air traffic control service has to plan the order of arrivals by taking into account environmental and economic factors in addition to safety aspects. It is an environmental and economic goal that the aircraft approaching the airport flies on the shortest possible route which traffic conditions allow. This way, the fuel consumption and CO₂ emissions can be minimized. The authors indicate the task of developing a method that is able to handle both the sorting issues and the optimal profiling for aircraft arriving from different directions and by different routes. This means that MergeStrip will be extending the concept of PointMerge.



Konzept für ein erweitertes Hilfsmittel für Fluglotsen zur Sicherung der kontinuierlich sinkenden Anflugs

Die im Artikel beschriebenen Untersuchungen beziehen sich auf aktuelle Probleme. Im Falle eines Luftverkehrs mit mehreren anfliegenden Flugzeugen, muss der Flugverkehrskontrolldienst die Reihenfolge der Ankunft zusätzlich von Sicherheitsaspekten unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Faktoren planen. Es ist ein ökologisches und wirtschaftliches Ziel, daß das Flugzeug beim Anfliegen unter den gegebenen Bedingungen den kürzesten Weg beflegt. Auf diese Weise können der Kraftstoffverbrauch und die CO₂ Emissionen minimiert werden. Die Autoren zeigen, daß die Aufgabe die Entwicklung einer Methode ist, die es ermöglicht, sowohl die Sortierfragen und die optimale Profilierung für aus verschiedenen Richtungen mit verschiedenen Linienführungen ankommende Flugzeuge zu lösen. Dadurch entsteht als Ergebnis der Ausbreitung des PointMerge-Konzepts das MergeStrip-Konzept.

E számunk lektorai

Bíró József
Dr. Kovács Gábor
Paár István

Dr. Péter Tamás
Dr. Tóth János

Az üzemanyag-fogyasztási rekordok kritikai elemzése

2015 elején jelent meg a Szemlében a szerző érdekes cikke, amely a személygépkocsik valós üzemanyag-felhasználásával foglalkozott. A gyakorlott járművezető és „amatőr” kutató újabb írása részletesen foglalkozik az üzemanyag-fogyasztási rekordok tény-szerűségével, illetve azok elfogadhatóságával, pontosságával. A méltán közérdeklődésre számot tartó megállapítások jól szolgálhatják a rekordok valóságtartalmának megismerését és egyben, – amint az a javaslatokban is szerepel – egy országos relatív üzemanyag-fogyasztási verseny elindítását.

Szabó Dénes

okl. útépítő-és üzemeltető, szakmérnök
e-mail: denes939@freemail.hu

1. BEVEZETÉS

A márkakereskedő jóvoltából, akitől az autómát vásároltam, egy internetes hírlevélből – többek között – arról is értesültem, hogy az általuk forgalmazott autótípusok egyike a „kisautó” kategóriában 2014. december 16-án új abszolút fogyasztási rekordot ért el, 3,38 l/100 km-es értékkel. Némi keresgélés után rátaláltam az interneten a rekord nyilvántartójára is, a Magyar Rekord Egyesületre [1], amely egy öntevékeny társadalmi szervezetként a Guinness Rekordok Könyve ihletésére vállalkozott arra, hogy hazai viszonylatban felkaroljon minden hivatalos, sporton kívüli, különféle területen megnyilvánuló, fizikai vagy szellemi kihívást jelentő erőfeszítést. Feladatának tekinti a rekordállítás megszervezését, a feltételrendszer ellenőrzését, vagyis a hitelesítést, és eredményes kísérlet esetén az elismerő oklevél kiállítását, valamint a teljesítmény részletes dokumentációval alátámasztott nyilvántartását.

A gépjármű üzemanyag-fogyasztási kategóriában az előbb említetteken kívül még egy rekord szerepel, ez pedig a relatíve legkisebb, illetve az egy tanknyi üzemanyaggal megtehe-

tő legnagyobb távolság fogyasztási rekordja. Meglehetősen vegyes érzelmekkel fogadtam ezt a két rekordot, egyrészt mert a személygépkocsik valós üzemanyag-fogyasztásának „titokzatos” kérdése már régóta foglalkoztat, olyannyira, hogy több éves gyakorlati vizsgálat eredményeként egy tanulmányt is írtam erről a kérdésről [2], másrészt furcsállottam, hogy ez a rekord olyan szintű rekordok társaságában szerepel, mint pl. az, hogy ki tud egy adott idő alatt a legtöbb hamburgert megenni stb. Ezzel nem az utóbbi teljesítményt kívánom degradálni, csupán arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy óriási különbség van a kétféle tevékenység legtökéletesebb végzésének a feltételrendszere között, vagyis az ember saját képességének és akaraterejének, illetve az embertől független, de a tevékenységet döntő mértékben befolyásoló külső körülmények és hatások aránya között. Egy gépkocsit úgy vezetni, hogy az a szokásos közúti forgalomban a legkevesebb üzemanyagot fogyassza, kb. 20%-ban függ az embertől, és 80%-ban a külső tényezőktől. A hamburger evés esetében nagyjából fordított az arány, maximum 20%-ban tudom elképzelni a külső tényezők (az ember saját súlya, pillanatnyi éhségérzete, fizikai, mentális és szellemi állapota)

szerepét. Az előbbi esetben ahhoz, hogy egyáltalán rekordról beszélhessünk, nagyon gondosan kell megválasztani és korlátozni a külső hatások befolyását, elsősorban a kiegyenlítő jellegük irányába. Amennyiben ezt nem tesszük meg, az üzemanyag-fogyasztási rekord megbízhatósága a tévéreklámok szintjére kerül, csak ez azért veszélyesebb, mert az átlagos autós, aki elhiszi a deklarált feltételrendszer objektív voltát, nem fogja megkérdőjelezni a rekord hitelességét. Az üzemanyag-fogyasztási vizsgálódásaimból nyert tapasztalatok alapján az volt az első benyomásom a közölt két rekorddal kapcsolatban, hogy azok megbízhatósága meglehetősen kétséges.

Az üzemanyag-fogyasztási rekordok megbízhatóságának eldöntéséhez az alábbi kérdések megválaszolását tűztem ki célul:

1.) **A rekordállítás feltételrendszere mennyire objektív a befolyásoló külső tényezők kizárása, vagy ha ez nem lehetséges, a minimalisra történő redukálása szempontjából?**

2.) **Amennyiben a feltételrendszer módosítására van szükség, az gyakorlatilag megvalósítható-e a szükséges objektivitás biztosításához?**

3.) **Ha a feltételrendszer objektivitása csak korlátozott mértékben képzelhető el, van-e értelme az üzemanyag-fogyasztási rekordok nyilvántartásának, és ha igen, akkor ennek ki legyen a nyilvántartó és kezelő gárdája?**

2. A JELENLEGI FELTÉTELRENDSZER ÉS AZ ANNAK MEGFELELŐ FOGYASZTÁSI REKORDOK

A jelenlegi feltételrendszert a Magyar Rekord Egyesület az alábbiakban szabályozza:

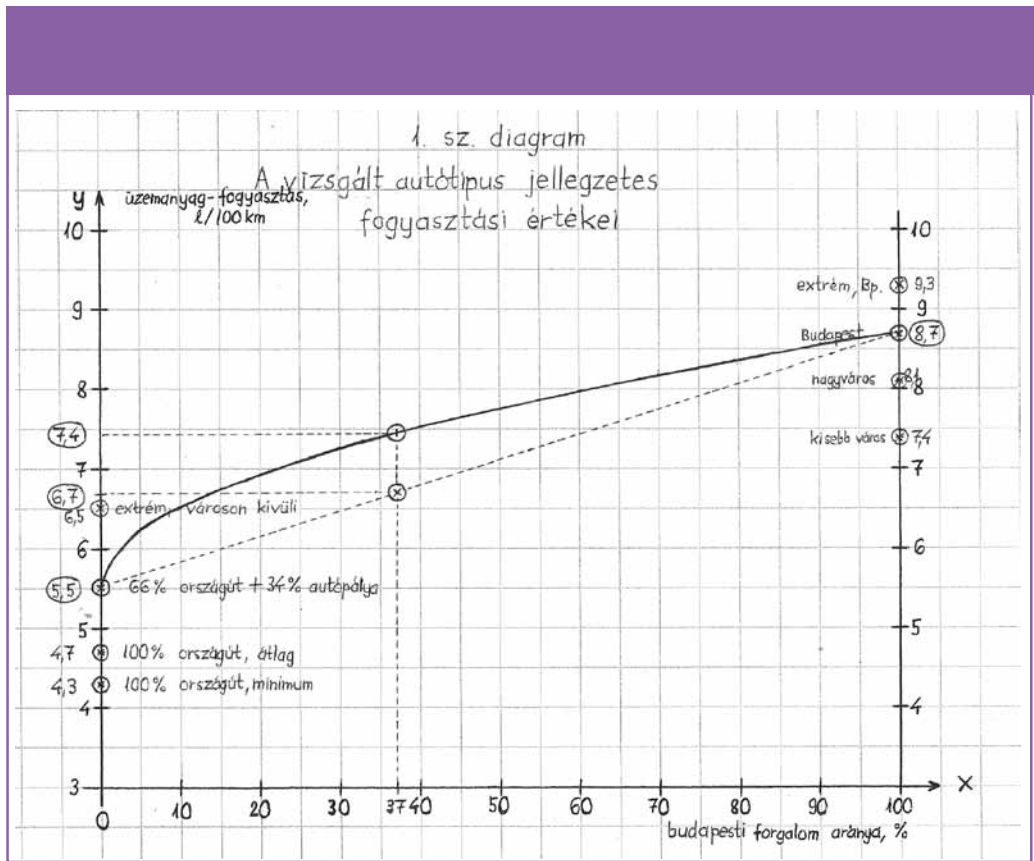
„ A rekord felállításának szabályrendszere szerint a kísérletre felhasznált gépkocsinak teljes mértékben gyári állapotúnak kell lennie, azon semmilyen átalakítás és semmilyen alkatrész leszerelése nem megengedett. A gépkocsiban csak a vezető tartózkodhat, akinek legalább 500 kilométert kell megtennie hétköznapi, jellemzően és túlnyomórészt nappali forgalmi, egyben átlagos időjárási körül-

mények között Magyarországon, olyan útvonalon, ahol mind lakott területen belüli, mind lakott területen kívüli útszakaszok is előfordulnak. Az útvonalat a rekordkísérletet végrehajtó szabadon választhatja meg azzal, hogy mindvégig szilárd burkolatú úton kell haladni, és lehetőség szerint követni kell azt a korábbi, hasonló rekordkísérlet során bejárt útvonalat, vagy annak legalább egy részét, amelyen 2013. február 26. és 28. között egy másik járműkategóriában hasonló rekord felállítására került sor. A kísérlet során mindvégig a lesgzigorúbban be kell tartani a közlekedési szabályokat és a jármű forgalomban való részvételének szabályait, a vonatkozó műszaki előírásokat, azaz az előírt guminyomással és világító-berendezésekkel kell közlekedni. A járművel a forgalmat akadályozni nem lehet, azaz autópályán a jogszabályban jelölt legalább 60 km/órás sebességet tartani kell, és máshol sem akadályozhatja indokolatlanul a jármű a kísérlet folyamán a közlekedés más résztvevőit.”

A korábban elért rekordot egy összkerék-hajtással rendelkező pick-up kishasznongépjármű (N1G) kategóriában érték el 2013. február 26. és 28. között, a Budapest - Győr - Szombathely - Barcs - Pécs - Baja - Szeged - Békéscsaba - Debrecen - Nyíregyháza - Miskolc - Eger - Budapest útvonalon. A megtett távolság **1300 km**, a dokumentálható átlagfogyasztás pedig **4,5 l/100 km**. A gépkocsit a diagramon D120/2500 kóddal jelöltem, a főbb műszaki jellemzői alapján: dízelüzemű, 120 kW teljesítményű és 2500 cm³ hengerűrtartalmú a motorja.

Az újabb rekord 2014. december 16-án született egy D66/1460 kódjelű gépkocsi jóvoltából (a jelölés magyarázata az előbbi mondat alapján, azt hiszem, egyértelmű). Az útvonal az előbbinek egy rövidített változata volt, Szeged után Egerben ért véget a rekordfutam. A **905 km úthosszon 3,38 l/100 km-es átlagfogyasztást sikerült elérni.**

Mielőtt azonban rátérnék a két üzemanyag-fogyasztási rekord műszaki elemzésére és értékelésére, szükségesnek tartom a gépjárművek fogyasztási viszonyaival kapcsolatos legfontosabb tudnivalók ismertetését, legfőképpen a **szükségessé vált újraértelmezés és helyesbítés tükrében.**



3. AMIT AZ ÜZEMANYAG-FOGYASZTÁSRÓL TUDNI KELL

Remélhetően minden autós emlékszik még a jogosítvány megszerzése előtti műszaki tananyagra, és a saját járművel kapcsolatban sokszor meg is tapasztalja, hogy milyen sok tényező befolyásolja az üzemanyag-fogyasztást. Nagy többségük azzal is tisztában van, hogy ezt a fontos műszaki paramétert a meghatározására szolgáló szabványra épülő gyári előírások rögzítik. Abban már nem vagyok biztos, hogy azt is tudják-e, hogy a jelenleg érvényben lévő műszaki előírás, az EU 80/1268/EWG sz. direktíva, a laboratóriumban végrehajtott károsanyag-kibocsátás mérésből számítható üzemanyag-fogyasztást szabványosította. Két szimulációs menetciklusból, a korábbi szabványban is alkalmazott városi, illetve egy új, városon kívüli menetciklusból három üzemanyag-fogyasztási értéket állapí-

tottak meg: egy városi, egy városon kívüli és egy 37%-os városi forgalmi aránynál érvényes kombinált vagy vegyes fogyasztási értéket [5]. Az 1. sz. diagramban a szaggatott egyenesen lévő három pont ábrázolja ezeket az értékeket. Ez az ábra egyébként az én gépkocsim fogyasztási viszonyait szemlélteti, amely egy 72 kW teljesítményű, 1500 cm^3 -es benzines autó (kódjelzéssel: B72/1500).

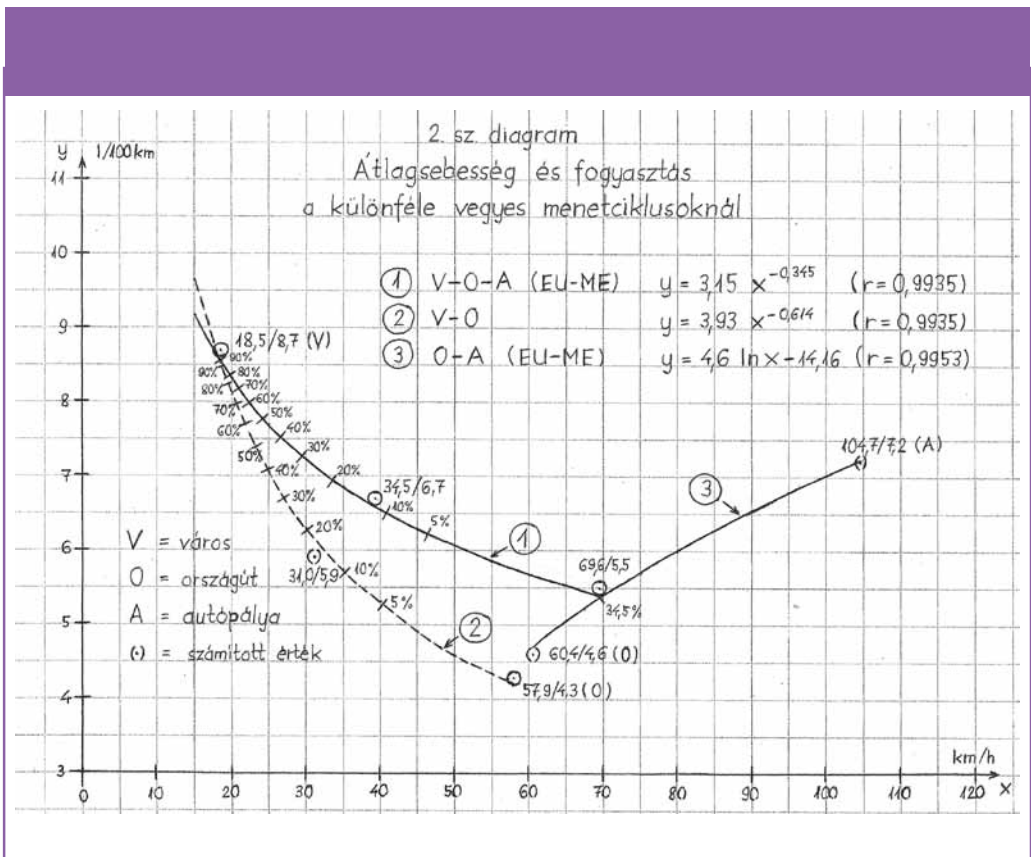
Az egyenes fogyasztási függvényként is értelmezhető, amennyiben azt tükrözi, hogy a gépkocsi üzemanyag-fogyasztása a vegyes forgalomban a városi forgalom %-os arányának a növekedésével lineáris mértékben növekszik. A gépkocsim tankolási adatainak az értékelésével [2] viszont **arra a következtetésre jutottam, hogy ez a függvénykapcsolat parabolikus**, és éppen ezért, a vegyes fogyasztási érték kb. 0,7 literrel, vagyis 10%-kal magasabb a gyári értéknél (lásd: a görbén jelölt 7,4-es értéket).

Mivel a városon kívüli ún. Új Európai Menetciklust úgy alakították ki, hogy abban benne van egy kb. 34% arányú, maximum 120 km/óra sebességű autópályát szimuláló szakasz is, ezért a fogyasztási érték nyilvánvalóan magasabb, mint az autópálya nélküli országúti forgalom esetében. Ez utóbbi érték az én kocsimnál átlagosan 0,8 literrel, azaz kb. 15%-kal adódott kisebbnek a hasonló gyári értéknél, a minimális fogyasztási adatom pedig már 22%-kal volt kisebb (4,3 l/100 km). A fogyasztási viszonyok szempontjából további bonyodalmakat jelent az, hogy a műszaki előírás nem számolt az extrém forgalmi körülményekkel, amelyek jelentősen megnövelhetik az üzemanyag-fogyasztást, mint pl. a nagyvárosi csúcsforgalom vagy a télies, hidegebb időjárással járó nehézségek. Ezeket a fogyasztási értékeimet „extrém” jelöléssel tüntettem fel a 2. sz. diagramban.

A vizsgálataimból levonható **másik fontos következtetés, hogy a műszaki előírás városi**

fogyasztási értéke a Budapesthez hasonló nagyvárosokra vonatkoztatható, a kisebb városokban alacsonyabb értékek mérhetők.

A 2. sz. diagramban feltüntetett két városi fogyasztási értéket a 60/1992. (IV.1.) Korm. rendelet [3] üzemanyagnormával kapcsolatos szorzói segítségével határoztam meg. Közismert tény, hogy a városi forgalomban mérhető nagyobb üzemanyag-fogyasztás a sok keresztező utca és a forgalomsűrűség következtében szükséges gyakori megállási kényszer eredménye. A Közlekedéstudományi Kutató Intézet 1970-es évek végén folytatott mérései szerint [4] személygépkocsinál kilométerenként minden megállás 19%-kal növelte az üzemanyag-fogyasztást a folyamatos haladásnál mérhető értékhez képest. A megállások arányának növekedésével tehát nemcsak a fogyasztás nő, hanem az átlagsebesség is ugyanolyan mértékben csökken. A kettő közötti kapcsolat hatvány-



függvény formájában írható le, amint az a 2. sz. diagramban jól kivehető.

Az 1. sz. görbe a műszaki előírás menetciklusaihoz (városi, városon kívüli és kombinált) tartozó fogyasztási és sebességértékek közötti viszonyt tükrözi. A három ponton keresztül a hatványfüggvény regresszió alkalmazásával megszerkesztett görbe jó szorossággal (0,9935-ös korrelációs együttható) igazolja a matematikai összefüggés helyességét. A valós fogyasztási viszonyok vizsgálatával foglalkozó tanulmányomban [2] a budapesti forgalom %-os arányának a függvényében ábrázoltam a diagramjaiban a tankolási adatokból számítható fogyasztási értékeket. Ez azt jelenti, hogy az országúti forgalomban benne volt az útvonalon lévő városokon és községeken való áthaladás forgalma is, amely nyilvánvalóan megemelte az átlagos fogyasztás értékét. Ez azonban első közelítésben elhanyagolható, mert itt a műszaki előírásétól eltérő, olyan városon kívüli menetciklusról van szó, ahol országos viszonylatban a lakott települések aránya nagyjából ugyanaz, ezért nem veszélyezteti a menetciklus viszonylagos állandóságát. A 100%-os országúti forgalom megjelenést tehát így kell értelmezni. Ez arra utal, hogy nem szerepel benne autópálya forgalom. A legkisebb fogyasztási értékem 4,4 l/100 km volt, ami egy 3%-os (9 km-es) budapesti forgalmi aránnyal rendelkező tankolási ciklushoz kapcsolódik. Ebből levonva a Budapestre jutó benzinnemennyiséget, jó közelítéssel 4,3 l-es országúti fogyasztás adódik. Az utazási idő mérése alapján, ehhez 57,9 km/óra átlagsebesség tartozik. A műszaki előírás lineáris összefüggését alkalmazva, kiszámoltam a kombinált fogyasztási értéket (5,9 l/100 km), majd ennek az x-tengellyel párhuzamos egyenesén a „töréspont” (lásd: 1. sz. görbe) várható helyének közelében próbálgatással megtaláltam a hozzá tartozó sebességértéket (31 km), azt a feltételt érvényesítve, hogy a regressziós számítás korrelációs együtthatója legyen azonos az 1. sz. görbével.

A 2. sz. görbe tehát egy olyan kombinált menetciklus fogyasztás – átlagsebesség viszonyait tükrözi, amelynél a városi forgalom a budapesti forgalmat jelenti, a városon kívüli forgalom

pedig autópálya nélküli, településeken áthaladó, kb. 20-40%-nyi arányt képviselő forgalom. Mindkét görbén feltüntettem a **parabolikus összefüggés alkalmazásával számított fogyasztási értékeknél** a budapesti forgalom megfelelő %-os arányait, 10%-os lépcsőkben.

A továbbiakban a 2. sz. görbét használom a megfigyelhető összefüggések ismertetésére, mert ennek a városon kívüli menetciklusa sokkal természetesebb az autósok nagy többsége számára, mint a műszaki előírásé, helyesebb kifejezéssel élve, ezzel találkozhatunk többször. A görbén jól látszik, hogy a fogyasztás kb. a 45 km/órás sebesség csökkenése után kezd fokozottan, majd a 27 km/órás sebesség csökkenése után rohamosan növekedni. A műszaki előírás városi menetciklusában a 4,052 km virtuális hosszon a számítható átlagsebesség 18,5 km/óra. Mivel a menetciklusban összesen 12 megállás van, kiszámítható, hogy 1 km-re 3 megállás jut. Koller Sándor megállapítása [4] alapján ez 57%-kal növeli a fogyasztást a folyamatos haladásnál mérhető értékhez képest. A nagyvárosi 8,1 l-es fogyasztásnál 20 km/óra, a kisebb városi 7,4 l-es fogyasztásnál pedig 23 km/óra az átlagos haladási sebesség. Sokszor utaztam keresztül Székesfehérváron gépkocsival a Balaton felé menet. A városon átvető 7. sz. főközlekedési út 10 km hosszú, 17 db forgalmi jelzőlámpa van az útvonalon, és általában mindegyik működik. Legrosszabb esetben ez kilométerenként 1,7 megállást jelent, ami 32%-kal növeli az említett tanulmány szerint az üzemanyag-fogyasztást. Ezen az alapon számolva, 7,3 l/100 km-es fogyasztás jön ki egy nagyvárosi forgalmas útvonalon, amelyre a vonatkozó kormányrendelet [3] szerint 8,1 l/100 km-es érték számítható. Az én gyakorlatomban 13 és 21 perc között ingadozott a városon való áthaladás ideje, ami 46, ill. 29 km/óra átlagsebességet jelent. A 2. sz. görbe alapján ez 4,8, ill. 6,5 l/100 km átlagfogyasztásnak felel meg. Mindez rávilágít a városi fogyasztási érték hely (úthálózat sűrűsége) és idő (nap és napszak) szerinti függőségére, amely bizonytalanná teszi egy vita nélkül elfogadható átlagérték kialakítását. Az előzőek alapján azt biztosan ki lehet jelenteni, hogy az átlagfogyasztás nem a város nagyságának, hanem a területegységre eső forgalmi táblák és forgalmi lámpák számá-

nak a függvénye, amely egy városon belül is változó. A diagramban a 3. sz. görbe a városon kívüli, ún. Új Európai Menetciklust ábrázolja.

Ezt a görbét az Európa Tanács 91/441/EGK sz. műszaki irányelvének [5] függelékében szerkesztettem meg. Ez a menetciklus a valóság viszonyokhoz képest eléggé leegyszerűsítve szimulálja a városon kívüli közlekedést. Röviden arról szól, mintha valaki elindulna az országúton, a 70 km/órás sebesség elérése után azzal haladna egy ideig, majd egy községen áthaladva 50 km-es sebességgel, újra 70-es tempóban folytatná az útját, ezután folyamatos gyorsítással ráhajtana az autópályára, ahol egy ideig csak 100 km-es sebességgel közlekedne, de később felvenné a 120 km-es utazási sebességet, amellyel céljához érve, két lépcsős lassítással leállna. Ebből a menetcikusból én a 90 km-es sebességhatárok átlépésénél (gyorsítással, ill. lassítással) választottam le a „közbeékelt” autópályás szakaszt, amely virtuális hosszát tekintve, a teljes menethossz 34,5%-át teszi ki, és 104,7 km/óra átlagsebesség számítható rá, míg az összevont országúti szakaszra 60,4 km/óra. A teljes úthosszra számítható átlagsebesség 69,6 km/óra, az ehhez tartozó átlagos fogyasztás képezi a műszaki előírás városon kívüli fogyasztási értékét, innen „indul” az 1. sz. görbe (lásd: diagram).

A 3. sz. görbe megszerkesztéséhez szükség volt még az országúti és az autópályás sebességértékekhez tartozó fogyasztási értékekre, amelyek – a részletes számítások mellőzésével – 4,6 és 7,2 l/100 km-re adódtak. A várható görbe három pontja majdnem egy egyenesre esik, végül is a logaritmikus regresszió jelentette a megoldást ($r = 0,9953$) a görbe matematikai leírására.

A bonyolult közlekedési viszonyok megértéséhez közelebb jutottunk, amióta a városi menetciklus mintájára a műszaki szabályozásba bekerült a városon kívüli menetciklus alkalmazása, még ha egy kissé mesterkélte formában is. Egy-egy autós konkrét útvonalát egyedi menetciklusként értelmezhetjük, amelyhez tartozik egy átlagsebesség és egy átlagos fogyasztási érték. A megengedett maximális sebességet hatósági előírások szabályozzák településen belül és ki-

vül. Amennyiben a forgalom más résztvevői ezt a legcsekélyebb mértékben sem akadályozzák, akkor is minden egyedi menetciklusnak van egy maximálisan kivitelezhető átlagsebessége, feltéve, ha betartjuk a vonatkozó előírásokat. Ezzel az állapottal azonban az autós csak a késő éjszakai vagy hajnali órákban találkozhat. Egyébként a forgalomsűrűségtől függően, kisebb-nagyobb akadályoztatásokkal kell szembenéznie. A mindennapi közlekedésben a forgalomsűrűség miatt adódó átlagsebesség mindig kisebb lesz az akadálymentes állapothoz képest, még az autópályán is. Ezt egy alkalommal kipróbáltam, a Budapest - Miskolc - Budapest útvonalon, az M3-ason. 120 km/órás állandó tempót tartva – még a sávváltások előzéseknél is – odafelé 114, visszafelé pedig 117 km/óra volt a sebességem, vagyis átlagosan 115,5 km/óra. Ha ezt az értéket elosztom az általam megcélzott 120-as értékkel, 0,96-ot kapok, amit én „menetidő-hatékonysági mutató”-nak neveztem el. Ez azt fejezi ki, hogy az elméletileg kivitelezhető maximális átlagsebességet a gyakorlati forgalom milyen mértékben „engedi” megvalósítani. Természetesen, ez a mutató – jelöljük MHM-mel – a legkisebb értékeket a városi forgalomban veszi fel, hiszen itt a legnagyobb az akadályoztatás mértéke. Előzőleg már említést tettem róla, hogy a 2. sz. diagram alapján Budapesten 18,5, nagyvárosban 20 és kisebb városban 23 km/óra az átlagos fogyasztási értéknek megfelelő átlagsebesség. Az ezen értékekre számítható MHM 0,37, 0,40 és 0,46, 50 km/óra viszonyítási alpnál. Községek-nél – gyakorlati tapasztalataim szerint – 0,9 és 1,0 között van ez a mutató.

Az 1. sz. táblázatban egy általam gyakran használt útvonalon végzett mérések eredményét tüntettem fel. Az „elemi menetciklus” megnevezés az útvonal azon részeit jelöli, amelyek önálló egységnek tekinthetők vagy a megengedett sebesség, vagy az akadályoztatás mértéke, vagy mindkettő alapján.

A táblázatra nézve, két dolog van, ami feltűnhet a figyelmes szemlélőnek: az egyik az, hogy bár a már említett Korm. rendelet [3] szerint Székesfehérvár számít nagyvárosnak és Siófok sorolható az egyéb városok kategóriájába, az átlagos üzemanyag-fogyasztás szempontjából

1. sz. táblázat

| Elemi menetciklus megnevezése | Úthossz (km) | Átl. menetidő (perc) | Átl. sebesség (km/óra) | MHM | Átl. fogyasztás (l/100 km) |
|----------------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------|--------|----------------------------|
| Budapest, átkelés | 22 | 40 | 33 | 0,53 * | 6,0 |
| Velence-Gárdony-Agárd, átkelés (7. sz. főút) | 7 | 10 | 42 | 0,84 | 5,1 |
| Székesfehérvár, átkelés (7. sz. főút) | 10 | 16 | 38 | 0,76 | 5,5 |
| Siófok, átkelés (7. sz. főút) | 4 | 9 | 27 | 0,54 | 6,7 |
| 7. sz főút, települések nélkül | 76 | 66 | 69 | 0,78 * | ? |
| Egyedi menetciklus | | | | | |
| 7. sz. főút, településekkel | 118 | 127 | 56 | 0,71 | 4,4 |
| Budapest - Balatonföldvár | 140 | 167 | 50 | 0,79 | ? |

Megjegyzés: * Budapest ezen szakaszán a megengedett, számítható átlagsebesség 62 km/óra (Hungária krt.: 70 km/óra, Szerémi út: 60 km/óra, Hunyadi János út: 70 km/óra)

* A községeken való áthaladás MHM-értékét 1,0-nek vettem

pontosan fordított a helyzet, sőt Siófok ilyen vonatkozásban még Budapestet is megelőzi. Természetesen, csak a 7. sz. főút városi átkelési szakaszára igaz ez a megállapítás, a város teljes úthálózata esetében valószínűleg nem így van. Már hivatkoztam az egyetemi tankönyv [4] azon megállapítására, hogy **a városi közlekedésben a km-enkénti megállások száma lineárisan megnöveli az üzemanyag-fogyasztást.** Arról is említést tettem, hogy Székesfehérvár átkelési szakaszán 1,7 db működő forgalmi jelzőlámpa esik egy km-re. Siófok esetében is hasonló az arány (1,5), a különbség csak az, hogy míg Székesfehérváron nagyjából egyenletesen oszlanak el a jelzőlámpák, Siófokon a hat működő lámpából négy a belváros egy km-es szakaszára koncentrálódik. Ezért nagyobb forgalomsűrűségnél az áthaladási idő kritikus mértékben megnő. Az én gyakorlatomban a leghosszabb áthaladási idő 19 perc volt. Ez 12,6 km/órás átlagsebességnek, és az ehhez tartozó 10,7 l/100 km-es átlagos fogyasztásnak felel meg (lásd: 2. sz. diagram). A Budapesten való áthaladás leghosszabb ide-

je 58 perc volt, ami 22,8 km/órás átlagsebesség mellett 7,5 l/100 km-es átlagfogyasztást jelent. Mindezekből az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- **a műszaki előírás városi fogyasztási értéke általános vonatkozásban a Budapesthez hasonló nagyvárosok belvárosi részén, csúcsgorgalomhoz közeli állapotban érvényes. A város egyéb részein ennél jóval kisebb érték is mérhető, egészen széles skálán,**

- **a kisebb városok centrumában ugyancsak előfordulhat egy vagy több, nagy forgalomsűrűséggel jellemezhető útkereszteződés, amelyekben a műszaki előírás szerinti, vagy még annál is nagyobb átlagfogyasztás mérhető,**

- **a városnagyság szerint differenciált átlagos fogyasztási érték azért nem megbízható, mert nem veszi figyelembe a városcentrum forgalmi torlódásokat okozó elemi menetciklusainak a számát, területi sűrűségét, illetve a csúcsgo-**

gyasztás „széttéríthetőségének” a mértékét. A kifejezés értelmét egy példával kívánom megvilágítani. Amennyiben Siófokon is 10 km hosszú lenne az átkelési szakasz, és a jelenlegi 4 km előtti és utáni 3 km-es hossz – Székesfehérvárhoz hasonlóan – 5,5 l/100 km lenne az átlagfogyasztás, akkor a teljes 10 km-re már csak 7,6 l-es fogyasztást lehetne számolni.

A másik dolog, amely elgondolkoztatja a táblázat szemlélőjét, hogy vajon mennyi lehet a kérdőjelek helyen szereplő átlagos fogyasztási érték. A teljes útvonalra (Budapest – Balatonföldvár) egyetlen konkrét fogyasztási adatom van, 6,5 l/100 km. Elméleti úton a két menetciklusra (Budapest, átkelés, ill.7. sz. főút, településekkel) vonatkozó átlagfogyasztási értékekből meg lehet határozni a teljes egyedi menetciklusra érvényes értéket, a következőképpen:

$$0,22 * 6,0 + 1,18 * 4,4 = 6,51$$

A számított érték tökéletesen egyezik az egyetlen mért értékkel. Kár, hogy 2008-ban még nem foglalkoztam menetidő mérésekkel, így nem lehet összevetni az akkori menetidőt az átlagos menetidővel (167 perc).

A másik kérdőjel konkrét értékkel történő behelyettesítése már problémát jelent, mert a 2-3 km hosszú községeken való áthaladás átlagos menetidejének meghatározásához nem állt rendelkezésemre stopperóra, helyesebben megelégedtem a műszerfalba beépített óra leolvasásával, ami azt jelezte, hogy ahány km hosszú a község, annyi percig tartott az áthaladás, arról nem is beszélve, hogy a sebesség is 50 és 60 km/óra között ingadozott, tehát pontos átlagsebességet sem lehetett mérni. Mindez csak a pontosságot befolyásolja. A lényegi probléma az, hogy nincs rá mérési adatom, hogy 50 km/óra körüli sebességnél milyen fogyasztási értékkel lehet számolni, és megfelelő diagrammal sem rendelkezem a közvetett úton történő meghatározáshoz

Nyilvánvaló, hogy egy „tisztá” országúti (település-mentes) menetciklusra vonatkozó fogyasztási érték csak az olyan autós számára mondható, aki a kocsiját kizárólag arra használja, hogy „A”, községből, ahol lakik, rendszeresen átjár „B” községbe.

Gyakorlati értéke a vegyes országúti fogyasztásnak van, amelyben az útvonalra eső településeken való áthaladásra eső fogyasztás is benne van, ezért az országúti fogyasztást a közbeeső települések bevonásával definiáljuk.

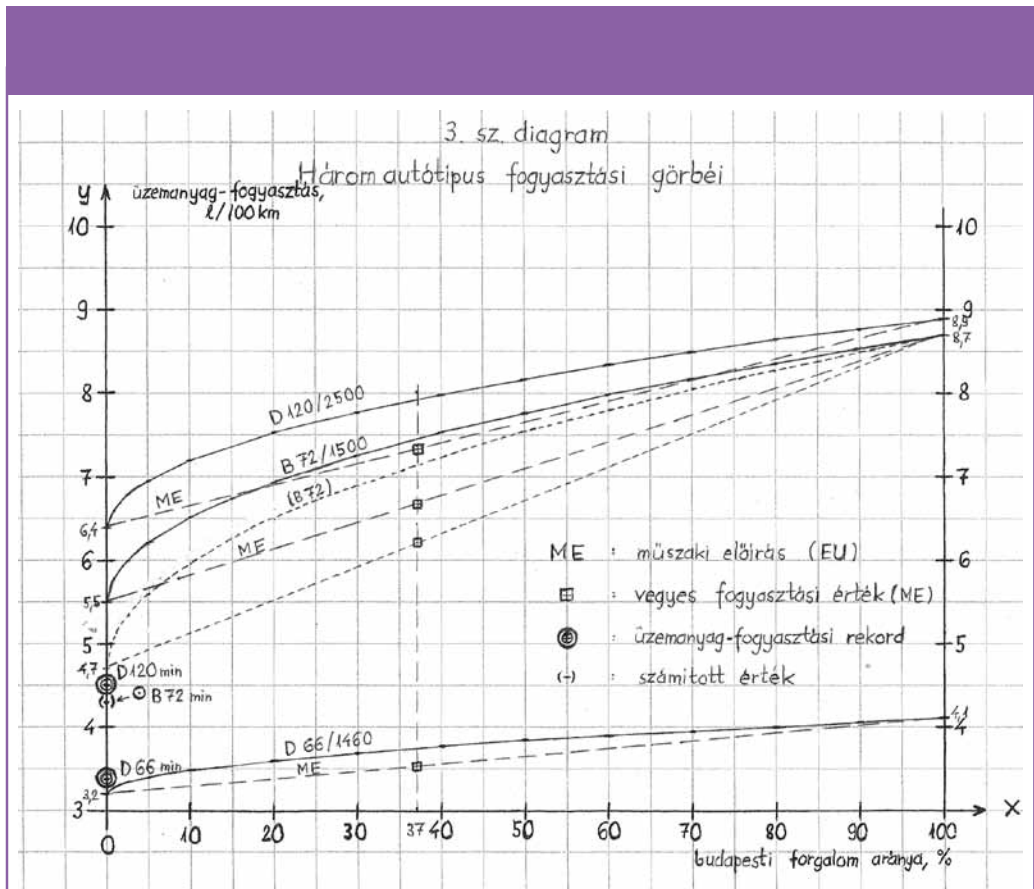
Az előzőekben bemutatottak alapján már rendelkezésre áll minden olyan mérésen alapuló tény és megállapítás, amely alkalmas az üzemanyag-fogyasztási rekordok háttérében álló tényezők alapos vizsgálatához.

4. AZ ÜZEMANYAG-FOGYASZTÁSI REKORDOK ISMERTETÉSE ÉS VIZSGÁLATA

A korábbi, 2013-as keltezésű rekord egy 2500 cm³-es, 120 kW teljesítményű, dízelüzemű kishaszonjárműhöz fűződik (kódjelzése: D 120/2500), amely **a relatív legkisebb átlagfogyasztás, ill. az egy tanknyi benzinnel megtehető legnagyobb távolság rekordját** állította fel.

Mivel relatív értékről van szó, kell egy viszonyítási alap, amely ebben az esetben az érvényben lévő műszaki előírás kombinált vagy vegyes fogyasztási értéke volt. A gépkocsi a megtett 1300 km-es úthosszból 8,4 km-t futott Budapesten, vagyis már eleve téves a viszonyítási alap, mert a vegyes fogyasztás 37%-os budapesti forgalmi arányra vonatkozik, márpedig ez a 0,6%-os arány gyakorlatilag 0-t jelent, vagyis a helyes viszonyítási alap a városon kívüli fogyasztási érték. Ugyanez a helyzet a másik rekorder gépkocsival, amelynél a megtett 900 km úthosszból mindössze 1,5 km (0,2%) esik Budapestre. Ez az 1460 cm³-es, 66 kW teljesítményű, ugyancsak dízelüzemű autó (D66/1460) **az abszolút legkisebb átlagfogyasztás rekordját** állította fel.

A következő, 3. sz. diagramban az látható, hogy hol is helyezkednek el ezek a rekordok a vonatkozó gépkocsik fogyasztási görbéihez viszonyítva. Összehasonlításként az én legkisebb fogyasztási értékemet is feltüntettem, a megfelelő görbével együtt. Az én kocsim 1500 cm³-es, 72 kW teljesítményű és benzinüzemű.



Kezdjük a legkisebb teljesítményű és legkisebb átlagfogyasztású gépkocsival, amelynek fogyasztási görbéje alig tér el az egyenestől, és a vízszintestől. Ez jellemző a kis fogyasztású dízelautókra, mivel azok városon kívüli és városi fogyasztása között alig van különbség. Ezzel az abszolút legkisebb átlagfogyasztással az a probléma, hogy **felállítására és megdöntésére az összes személygépkocsi-típus közül csak kis töredéknek van esélye**, nevezetesen a 3,5 l/100 km-nél kisebb városon kívüli fogyasztással rendelkező dízelautóknak. Ettől függetlenül, úgy vélem, hogy ennek a fogyasztási rekordnak van létjogosultsága, már csak azért is, mert kevésbé érzékeny a rekordállítás bármilyen gondosan kidolgozott feltételrendszerének az esetlegesen előforduló hiányosságaira, mint a relatív fogyasztási rekordok.

A másik fogyasztási rekord már az ábrára rá nézve is túl jónak látszik ahhoz, hogy hiteles-

nek fogadjuk el. Gondoljunk csak bele, hogyan lehetséges, hogy egy gépkocsi a hétköznapi forgalom állandóan változó környezeti feltételei mellett 30%-kal kisebb fogyasztást ér el, mint a laboratóriumban stabil, szigorúan szabályozott körülmények között, a járulékos fogyasztók (világítás, klíma) teljes kiiktatása mellett meghatározott fogyasztási érték. Ez csak úgy fordulhat elő, hogy nem ugyanarról a menetciklusról van szó. Az előző fejezetben szó volt róla, hogy **bármilyen menetciklusnak van egy átlagsebessége és egy attól függő átlagfogyasztása. A kettő között országúti viszonylatban csaknem lineáris az összefüggés** (lásd: 2. sz. diagram).

Az 1. sz. táblázatban azt is közöltem, hogy a Budapest városhatár - Balatonföldvár egyedi menetciklusnak 56 km/óra az átlagsebessége. Ez 43 mérés átlagát jelenti, a szórás $\pm 2,75$ km/óra, vagy %-ban kifejezve: $\pm 5\%$. A 95%-os valószí-

núség kétszeres szórásnál van érvényben, vagyis a csaknem lineáris összefüggés miatt ez azt jelenti, hogy az országúti menetciklus forgalmi változások miatti ingadozása csak $\pm 10\%$ -os átlagfogyasztás ingadozást eredményez. Mindez igazolja a fentebbi megállapítást, hogy a rekorder gépkocsi nem a műszaki előírás városon kívüli menetciklusában érte el a kétségkívül figyelemreméltó átlagfogyasztási eredményt, ezért újból felmerül a viszonyítási alap kérdése.

A Magyar Rekord Egyesület rendelkezésemre bocsátotta a két rekordállítás ún. ténytanúsító jegyzőkönyvét, amelyekből a főbb részleteket az 2. sz. táblázatban gyűjtöttem ki.

A táblázat adataiból egyértelműen megállapítható, hogy **mindkét gépkocsi országúti menetciklust teljesített, ráadásul nem természetes országúti ciklust, hiszen az autópályán 70 -75 km/órás, egyenletes sebességgel való haladás egyértelműen az átlagfogyasztás csökkentését szolgálja úgy, hogy közben a teljes úthosszra vonatkozó átlagsebességet olyan mértékben azért megnöveli, hogy egyes menetszakaszokba belefér egy ugyancsak fogyasztáscsökkentő, szándékos lassúbb haladás.** Különösen a hosszabb távot teljesítő gépkocsi esetében figyelhető ez meg. A fontos adatok tekintetében egyébként meglehetősen hiányos ténytanúsító jegyzőkönyvből pl. kiderül, hogy a D120-as jelű gépkocsi a Nyíregyháza - Miskolc útvonalat – pihenő nélkül, mert az minden esetben dokumentálva van a jegyzőkönyvben – 2 óra 32 perc (!) alatt teljesítette. Az előző, Debrecen - Nyíregyháza közötti

útszakaszra viszont egy rövidnek tűnő, 50 perces menetidőt adtak meg, egy Debrecenen belüli közlekedéssel együtt. Mivel a km-távolságok egyik esetben sincsenek feltüntetve, csak annyit lehet megállapítani, hogy a Debrecenbe érkezéskor 11865, a Miskolcra való érkezéskor pedig 12034 km-t mutatott a gépkocsi km-számlálója. Ezekből az adatokból már ki lehet számolni a Debrecen - Nyíregyháza - Miskolc összevont útszakaszra eső átlagsebességet, ez 50,2 km/óra adódik. Aktív dolgozó koromban ezt az útvonalat nagyon sokszor teljesítettem gépkocsival, és az átlagsebesség 60 ± 3 km/óra között ingadozott, de a legnagyobb forgalom mellett sem csökkent 55 km/óra alá.

Ugyancsak a fogyasztáscsökkentést szolgálta az a tény, hogy **a rekordállító gépkocsi az útvonalra eső nagyobb városokon nem ment keresztül**, mert az ún. ellenőrzési pontok az adott autót árusító márkakereskedések voltak, ahol egy kisebb-nagyobb pihenő kapcsán fotózás és riportkészítés történt, és ezek az autósalonok kivétel nélkül a város szélén helyezkedtek el. A természetes országúti menetciklustól való sok-sok eltérés miatt ez a fogyasztási rekord nem mond többet a gyakorlati autósoknak, mint a forgalomtól elzárt pályán, mondjuk, 30 km/óra egyenletes sebesség melletti fogyasztásmérés, sőt, ez utóbbinak még gyakorlati értelme is van, mert pl. útjavításnál, – ha rövid szakaszon is, de – előfordulhat ilyen forgalmi helyzet, természetesen, ha szigorúan betartjuk az előírt sebességkorlátozást. Nyilvánvaló, hogy egy gépkocsi legkisebb fo-

2. sz. táblázat

| | D66/1460 kódjelű gépkocsi | D120/2500 |
|------------------------------------------|------------------------------|-----------|
| Összes futás, km | 905 | 1300 |
| Ebből: autópályán, km (%) | 123 (14) | 281 (22) |
| átlagsebesség, km/óra | kb 74 | kb 73 |
| országúton, km (%) | 780 (86) | 1011 (78) |
| átlagsebesség, km/óra | 57,5 | 55,9 |
| Átlagsebesség a teljes úthosszra, km/óra | 59,5 | 59,2 |

gyasztását valamilyen országúti menetciklusban tapasztalhatjuk meg. A műszaki előírás egy kissé mesterkéltnek tűnő városon kívüli vegyes menetciklust dolgozott ki, amelynek van egy országúti összetevője is. A 2. sz. diagramból kiindulva, ha azt feltételezzük – egyébként teljesen jogosan –, hogy ennek az országúti összetevőnek az átlagfogyasztása a teljes vegyes menetciklus fogyasztásának minden kocsitípusnál hasonló mértékű %-a, és ismerjük egy kocsitípus konkrét országúti átlagfogyasztását, akkor ez a jellemző minden kocsitípusra kiszámítható. Az én autómnál 4,6 l/100 km ez az érték, amely az 5,5 l/100 km-es városon kívüli fogyasztásnak a 84%-a. A D120 jelű gépkocsira számolva, az országúti átlagfogyasztás: $0,84 \cdot 6,4 = 5,4$ l/100 km.

Az előzőekben azt is levezettem, hogy ez a fogyasztás egy olyan menetciklushoz köthető, amelynek az átlagsebessége 60 km/óra. Mérési eredményeimből az is kiderült, hogy a gyakorlati forgalomban ugyanazon az útszakaszon 56 km/óra átlagsebesség adódott, $\pm 10\%$ -os szórással, vagyis 50 és 62 km/óra között változott az átlagsebesség. Ez az útvonal hazai viszonylatban az átlagostól valamivel nagyobb forgalomsűrűséggel jellemezhető, és a vonalra eső településekkel való „beépítettsége” (36%) is talán nagyobb az átlagosnál, ezért nagyon valószínű, hogy az országos átlagot tekintve, az 56 km/óránál magasabb értékkel kellene számolnunk. Egy természetes országúti menetciklus átlagsebessége és átlagfogyasztása között gyakorlatilag lineáris az összefüggés – legalábbis egy ilyen viszonylag szűk sebesség intervallumon belül – (lásd: 2. sz. diagram), ezért a legkisebb fogyasztási értéket 50 km/óra átlagsebességnél mérhetjük, vagyis minden ennél kisebb fogyasztás mesterkélt, manipulált menetciklusnál érhető csak el.

Az általános levezetés után vizsgáljuk meg a D120 jelű gépkocsi 4,5 l/100 km-es fogyasztási értékét! A gépkocsira számított 5,4-es érték 60 km/óra sebességre jellemző. 50 km/óra sebességénél $60/50 = 1,2$ -szer kisebb fogyasztási értéket kell kapnunk, azaz $5,4/1,2 = 4,5$ l/100 km-t. A tényleges és számított fogyasztási minimum tökéletesen egyezik, a probléma csak az, hogy a rekorder gépkocsi átlagsebessége 59 km/óra

volt, amelynél 5,3 l/100 km fogyasztást kellett volna kapni természetes országúti menetciklus esetén.

Megállapítható, hogy **a D120 jelű gépkocsi a jelenlegi feltételrendszer előírásait betartva, elméleti számításokkal is alátámasztott relatív legkisebb fogyasztási rekordot ért el**, amely annyira jó, hogy megdöntésére csak egy forgalomlassító demonstrációban poroszkaló gépkocsisornak lehet komoly esélye. **A legnagyobb problémát az jelenti, hogy nem dönthető el egyértelműen, hogy milyen kategóriában, mihez képest relatív rekordról van szó.** Az autópálya „nem rendeltetésszerű” (73 km/óra átlagsebesség) bevonása, a városon kívüli menetciklusnak egy speciális, erősen mérsékelt változatát jelentheti, amely átlagsebesség vonatkozásában megegyezik az országúti menetciklussal, de mindenképpen különválasztandó attól, mivel nem természetes menetciklus, és nagyon nehéz lenne a lebonyolítására olyan műszaki feltételrendszert kidolgozni, amely könnyen betartható és ellenőrizhető.

A gépkocsi által jegyzőkönyvben is rögzített másik két rekord: az egy tanknyi üzemanyaggal megtehető legnagyobb távolság, amit 1670 ± 50 km-ben állapítottak meg, illetve az egy tonna jármű önsúlyra vetített legkisebb fajlagos fogyasztás, amely 2,3 l/100 km/tonna értékre adódott. Ezt a két utóbbi rekordot nem tartom nyilvántartásra érdemesnek, mert egyrészt gépkocsitípustól függő, származtatott jellemző, másrészt a származtatás forrása nem természetes menetciklus.

Elgondolkoztató, hogy a másik, D66 jelű gépkocsi a relatív fogyasztás vonatkozásában a városon kívüli menetciklusra előírt gyári értéknél (3,2 l/100 km) 6%-kal magasabb, a D120 jelű gépkocsi viszont a gyári értéknél (6,4 l/100 km) 30%-kal alacsonyabb fogyasztási értéket produkált, holott ugyanolyan feltételrendszer mellett, Szegedig még ugyanazon az útvonalon is közlekedtek, és az átlagsebességük is megegyezett (58,7, ill. 58,8 km/óra). A D66 jelű gépkocsi a Szeged - Eger közötti utolsó menetszakaszt 62,0, a D120 jelű gépkocsi viszont a Szeged - Debrecen - Eger - Budapest útvonalat 59,7 km/óra átlagsebességgel teljesítette, és

ezen a menetszakaszon fordult elő a 2. sz. táblázathoz fűzött megjegyzésben leírt „forgalomlassító disszonancia”, amit a jelenlegi feltételrendszer lehetővé tesz.

5. LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AJÁNLÁSOK

Az üzemanyag-fogyasztási rekordállítás **jelenlegi feltételrendszere nem megfelelő**, ez állapítható meg a tárgyalt rekordok elemzése kapcsán. A fő hiányosság, hogy a relatív legkisebb átlagfogyasztás vonatkozásában egyszerűen nincs viszonyítási alap, tehát nem állapítható meg, hogy a kérdéses fogyasztási érték milyen menetciklusra vagy kategóriára vonatkoztatható, és mihez képest a legkisebb. További hiányosság, hogy a teljesítendő útvonalra nézve, szinte semmiféle korlátozás nem szerepel benne, holott az előzőekben bebizonyosodott, még ugyanazon az útszakaszon belül is a forgalom-sűrűség változásai miatt $\pm 10\%$ -os az átlagsebesség, ennek megfelelően, ugyanilyen mértékű átlagfogyasztás ingadozással kell számolni, legalábbis az országúti menetciklus esetében.

A továbbiakban **kétféle legkisebb átlagfogyasztási rekord nyilvántartását javasolom: abszolút és relatív vonatkozásban**. Az abszolút rekordnak kisebb jelentőséget tulajdonítok, mert felállíthatósága és megdönthetősége a gépkocsitípus műszaki jellemzőinek a függvénye, a rengeteg forgalomban lévő típusnak az elenyésző %-a tartozik az esélyesek táborába. A járművezetői kvalitások szempontjából a relatív legkisebb fogyasztási rekord jelenti az igazi kihívást, hiszen egy alapos, minden apróságra kiterjedő feltételrendszer esetén, bármely kocsitípus gazdájának ugyanolyan esélye van a rekord felállítására vagy megdöntésére.

Fontos szempont, hogy csak természetes menetciklusnál célszerű megelőzni a fogyasztási rekordot, hiszen ennek van gyakorlati értelme. A legkisebb fogyasztás az országúti menetciklus esetében érhető el, azonban a műszaki előírás erre vonatkozó fogyasztási értéket nem tartalmaz, ezért nincs viszonyítási alap, és így nem számolható relatív fogyasztás. A városi érték – amint arra a vizsgálataim során rámutattam – nemcsak városonként, hanem egy vá-

roszon belül napszakonként is elég tág határok között váltakozhat. Ezért ugyancsak alkalmasan viszonyítási alap céljára, relatív fogyasztás számításához. Ugyanilyen okból kifolyólag kell kizárni a vegyes vagy kombinált fogyasztási értéket is, amelyben 37% arányú városi forgalom szerepel.

A műszaki előírás harmadik értékét, a városon kívüli fogyasztási értéket alkalmasnak tartom abszolút és relatív fogyasztási érték számításához viszonyítási alapként, de gondosan ügyelni kell arra, hogy ennek az Új Európai Menetciklusnak a laboratóriumban alkalmazott műszaki jellemzőit a gyakorlati forgalomban is maradéktalanul biztosítani kell!

Melyek ezek a jellemzők?

- a rekordállításra kijelölt útvonalnak kb. 65%-ban országútnak és kb. 35%-ban autópályának kell lenni,
- az országúti szakaszon a települések átke-
lési hosszának az összessége 15-25%-ot képviseljen (a menetciklusban az 50 km/órás állandó sebességű elemi szakasz 20% arányú),
- az országúti szakaszon 55 – 65 km/órás átlagsebességgel kell haladni (a menetciklusban: 60 km/óra),
- az autópályán a sebességet 90 és 120 km/óra között váltogatva, 105 – 110 km/órás legyen az átlagsebesség (menetciklus: 105 km/óra),
- a teljes pályahosszon 68 – 75 km/órás átlagsebességet kell biztosítani (menetciklus : 70 km/óra),
- az autópálya szakaszt az országúti szakasz után kell teljesíteni.

A felsorolt műszaki feltételek betartása esetén a kapott fogyasztási érték nagy valószínűséggel közel lesz a műszaki előírás városon kívüli fogyasztási értékéhez. A laboratóriumi értéket növelni fogja a világítás, mint kötelező járulékos fogyasztó, valamint az országúti szakaszon a laboratóriumi ciklushoz képest a gyorsítási és

lassítási szakaszok minden bizonnyal nagyobb aránya, viszont szerény csökkenést is el lehet érni 55-56 km/órás átlagsebességnél, illetve az autópályán 105 km/órás tartós sebességgel haladva. Az előírt átlagsebesség intervallumokat vezetési és mérés-vizsgálati tapasztalataim figyelembevételével úgy állapítottam meg, hogy azok betartása még nagyobb forgalomsűrűség esetén sem okoz problémát egy gyakorlott gépjárművezetőnek.

A rekordállító útvonal hosszára kb. 350 km-t javasolok, 230 km országút és 120 km autópálya megoszlásban, ami 4 óra 40 perc és 6 óra között teljesíthető, vagyis elég komoly fizikai és idegi terhelést jelent az autós számára, de ettől van sportértéke!

Az átlagsebességet külön-külön kell ellenőrizni az országúti és az autópálya szakaszon, mindkét feltételt teljesíteni kell.

A „futam” végén kapott fogyasztási értéket egy tizedesre kerekítve kell megadni, és el kell osztani az autótípusra megadott gyári, városon kívüli fogyasztási értékkel. Az így képzett mutatóból %-os formában kell megadni a gyári értékhez viszonyított különbséget.

Egy példával illusztrálva: legyen egy autótípus gyári értéke 5,5 l/100 km, a kapott fogyasztási érték pedig 5,7 l/100 km.

Relatív fogyasztás a városon kívüli menetciklusra:

$$5,7/5,5 = 1,04 \text{ vagyis } 104 \% ; 104 - 100 = + 4\%$$

Természetesen, amennyiben a számolt mutató 1-nél kisebb szám, a relatív fogyasztás mínusz előjelet kap, és voltaképpen ez jelenti a „valódi” relatív fogyasztási rekord-státuszt.

Javasolom, hogy minden évben a Magyar Autóklub szervezésében (ha vállalja), a Köz-

lekedéstudományi Egyesület részvételével legyen egy országos relatív üzemanyag-fogyasztási verseny, amelynek győztese és helyezettjei – az indulók számától függően – a potenciális szponzorok támogatásával éves autópálya-bérletet és üzemanyag-utalványokat nyernének. A nevezési díj a verseny távjának az üzemanyagköltsége lenne, hiszen azt mindenki saját maga állná, viszont cserébe remek tréning lehetőséget kapna az ún. „eco-driving” vezetési szemlélet elsajátításához, amely nélkül a gépjárműforgalom károsanyag-kibocsátásának a tudatos csökkentése elképzelhetetlen. A verseny megrendezésének ugyancsak pozitív hozadéka lenne, hogy a legkülönbefélebb márkatípusokra kapnánk reális fogyasztási adatokat, amelyeket az esetleges rekordokkal együtt a verseny szervezője tárolna, és a létrejövő adatbázis az autógyártóknak is komoly segítséget jelentene, nem beszélve arról, hogy segítene helyreállítani a fogyasztási adataik „megbízhatatlansága” miatt megtépzott tekintélyüket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] www.magyarrekord.hu, Magyar Rekord Egyesület weblapja,
- [2] Szabó Dénes: A személygépkocsiak valós üzemanyag-fogyasztásának gyakorlati vizsgálata, avagy EU-s „malőr” a műszaki szabályozásban, Közlekedéstudományi Szemle, LXV. évfolyam 1. szám,
- [3] 60/1992. (IV. 1.) Korm. rendelet a közúti gépjárművek, az egyes mezőgazdasági, erdészeti és halászati erőgépek üzemanyag- és kenőanyag-fogyasztásának igazolás nélkül elszámolható mértékéről,
- [4] Dr. Koller Sándor: Forgalomtechnika és forgalomtervezés, Műszaki Könyvkiadó (1986),
- [5] Európai Közösségek Tanácsa 91/441/EGK 1991. június 26-i irányelve



A critical analysis of fuel consumption records

The article highlights a fact that has not been entirely clear to many drivers before, namely the connection between the vehicle and its fuel consumption. The assessed fuel consumption records tend to be marketing ploys in most cases, and only a small part of them can be considered measurements based on technical principles. However, it is a fact that there may be huge differences between the measured data based on the driving cycles and reality. It is a key finding that by observing the suggested instructions, the default values of vehicles' fuel consumption indicated by manufacturers can be reached or even reduced.



Eine kritische Analyse der Verbrauchsdaten

Der Artikel unterstreicht eine Tatsache, die für viele Autofahrer nicht ganz klar ist, nämlich das Verhältnis zwischen dem Fahrzeug und dessen Kraftstoffverbrauch. Die untersuchten und publizierten Kraftstoffverbrauchsdaten sind größtenteils Marketingtricks, und nur ein kleiner Teil von ihnen kann als auf technischen Grundlagen basierendes Messergebnis betrachtet werden. Es ist jedoch eine Tatsache, dass es große Unterschiede zwischen den Messergebnissen auf Grund von Fahrzyklen und der realen Verbrauchswerten sein können. Es ist eine wichtige Erkenntnis, daß durch die Einhaltung der vorgeschlagenen Anweisungen, der Kraftstoffverbrauch die von den Herstellern angegebenen Werte erreichen oder sogar darunter liegen.

Kérjük, támogasson minket adója 1%-ával

A kedvezményezett adószáma:

1 9 8 1 5 7 0 9 - 2 - 4 2

A kedvezményezett neve: **Közlekedéstudományi Egyesület**

Hogyan lehet az 1 százalékról rendelkezni?

A rendelkező nyilatkozat a bevallási nyomtatvány részét képezi, így az a magánszemély, aki adóbevallást vagy egyszerűsített bevallást ad, a nyomtatvány megfelelő lapjának kitöltésével rendelkezhet.

Adóbevallási határidők 2016-ben:

- Ha egyéni vállalkozó vagy ÁFA bevallásra kötelezett magánszemély, akkor 2016. február 25-ig adhatja le adóbevallását a NAV-nak, vele együtt az adó 1%-ról szóló rendelkező nyilatkozatot.
- Amennyiben magánszemélyként küldi be adóbevallását, ami egyben tartalmazza az adó 1%-áról szóló rendelkező nyilatkozatot is, azt 2016. május 20-áig küldheti el az adóhivatalhoz.

Támogatását előre is köszönjük!

Útvonaltervező algoritmusok

Az útvonaltervezés a mindennapok egyik leggyakrabban előkerülő problémája, mivel a közlekedésben, ahogy minden más területen, az energiaminimumra törekszünk, ezért a lehető „legjobb” utat szeretnénk megtalálni. Ez a terület a 20. században értékelődött fel igazán, ahogyan a világ egyre „kisebbé” vált, az utazások vagy áruszállítások egyre gyakoribbá és egyre inkább a hétköznapiak részévé váltak, akár kis, akár nagy távolságokat tekintve.

Katona Géza

e-mail: geza.katona@mail.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A kutatás célja, hogy megszülessen egy olyan útvonaltervező algoritmus, amely nagyméretű, több országot tartalmazó hálózatokon is képes hatékonyan működni, emellett integráltan kezeli az egyéni és a közösségi közlekedést.

A kutatás első lépéseként feltérképezésre kerültek a jelenleg széles körben alkalmazott útvonaltervező algoritmusok. Ennek eredményei jelennek meg a cikkben. Összegzésképpen pedig kiválasztásra kerülnek azok az algoritmusok, amelyek alkalmasak lehetnek arra, hogy nagyobb méretű hálózatokon gyorsan, hatékonyan és optimális megoldásokat adjanak.

2. ALGORITMUSOK

Az útvonaltervezés problémájára számos algoritmus létezik, ezek közül a legismertebbek, illetve a leginkább ígéretes algoritmusok a következőkben szerepelnek.

2.1. DIJKSTRA

Napjainkban a leginkább elterjedt útvonalkereső algoritmus az Edsger W. Dijkstra-ról elnevezett módszer. Az alap probléma lényege az volt, hogy melyik a legrövidebb út Rotterdam-

ból Groningenbe [1]. A munkáját végül 1959-ben publikálta a német *Numerische Matematik* című újságban [2]. Dijkstra a problémát a következőképpen fogalmazta meg [2][3]:

„Tekintsünk n darab pontot, amelyek közül néhányat vagy mindegyiket él köt össze, az élek hossza adott. Tegyük fel, hogy legalább egy él létezik valamely két pont között.

Nézzük az alábbi problémát:

Készítsük el az n csúcsm minimális költségű gráfját. (Azt a gráfot, amelyben minden csúcsm között egy és csakis egy út vezet.)

Az algoritmus első lépéseként három csoportra osztjuk az éleket.

- I. Az eljárás során már elfogadott élek.*
- II. A következő lépésben az I. csoportba választandó élek halmaza.*
- III. A kimaradó élek (vagy már elutasítottuk őket, vagy még nem vizsgáltuk meg).*

A csúcsmokat két csoportba sorolhatjuk.

A: Azon élek végpontjai, amelyek az I. csoportban vannak.

B: A kimaradó csúcsmok (egy és csakis egy II. csoportbeli él vezet minden ilyen kimaradó csúcsmhoz).

Kezdjük az eljárást egy tetszőleges A csoportbeli csúcsmal, majd válasszuk ki azokat a II. csoportbeli éleket, amelyeknek egyik végpontja az A csúcsm.

Kezdetben az I. csoport üres. Ezek után ismételjük az alábbi két lépést:

1. lépés: A II. csoport legrövidebb élét tegyük I-be és az eddig a B csoportban lévő végpontját tegyük A-ba.
2. lépés: Tekintsük azokat az éleket, amelyek az éppen előbb az A csoportba helyezett csúcsból indulnak, és egy B csoportbeli csúcsba érkeznek. Ha ezen élek közül valamelyik hosszabb, mint a neki megfelelő II. csoportbeli él, akkor elutasítjuk; amennyiben rövidebb annál, akkor kicseréljük őket és ezt az élt tesszük a II. csoportba, és a másikat vetjük el.

Ezután visszatérünk az 1. lépéshez és a két lépést addig ismételtjük, amíg a B és a II. csoport üres nem lesz. Végül az I. csoportban lévő élek megadják a keresett fát”[3].

Az algoritmus működése az 1. ábrán látható.

2.2. A* (A-star, A-csillag)

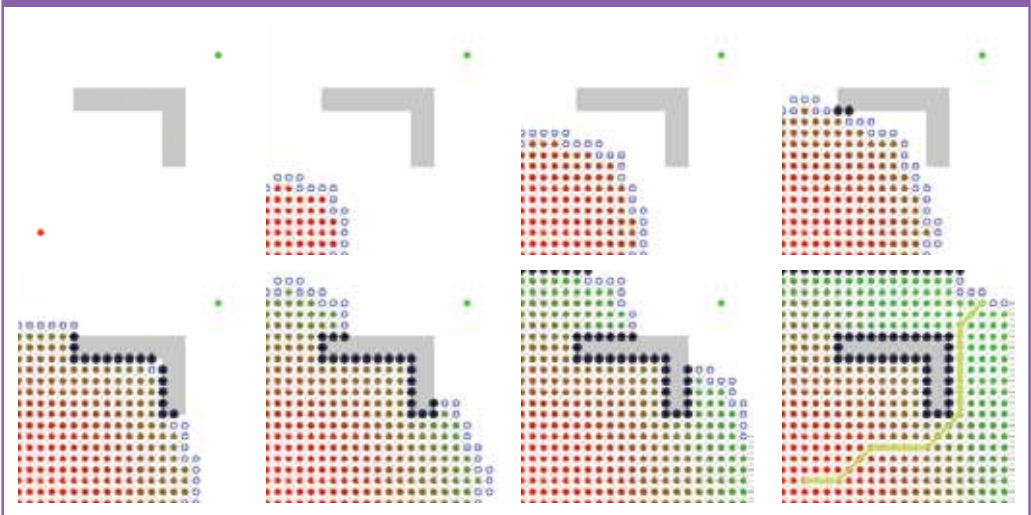
Az A* algoritmust Bertram Raphael, Nils Nilsson és Peter Hart alkototta meg 1968-ban [3]. Ez egy olyan eljárás, amelyben a céltól függően a csúcsokat súlyozzák. Az algoritmus a *legjobbát-először elnevezésű keresést valósítja meg*. Az alapötlet az, hogy a gráf azon csúcsa felé indul el, amelynek az

értéke a legkisebb. A csúcsok értékét egy úgynevezett kiértékelő függvény $f(n)$ segítségével adja meg. Az algoritmus kulcseleme a $h(n)$ -nel jelölt heurisztikus függvény: *Az n csomóponttól a célig vezető „legolcsóbb” út becsült útköltsége, amely ebben az esetben az a légvonalbeli távolság lesz, amely mindig a célponttól számolható*[3].

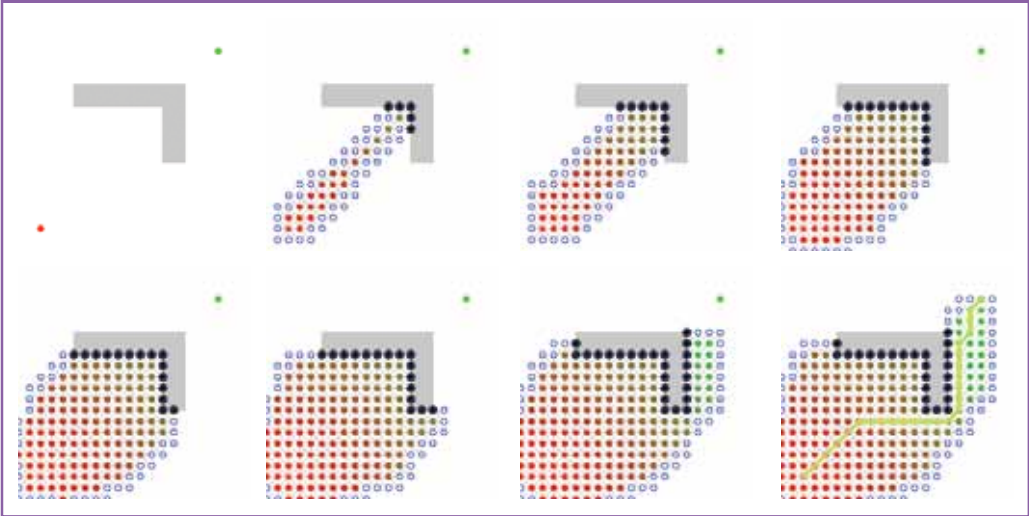
Az algoritmus a következőképpen működik: a keresés kezdetekor rendelkezésre áll a keresési gráf, amelyben adott a kezdő és célpont. A $h(n)$ heurisztikus függvény rendelkezésre áll minden n csúcs-hoz, és ismertek a szomszédos csúcsok távolságai is. A működéshez szükséges egy, a már megvizsgált elemeket (jelölje: Z) és a már felderített, de be nem járt csúcsokat (jelölje: Y) tartalmazó lista. Itt tárolja az eljárás azon pontokat, amelyeket felderített és megvizsgált, illetve a még be nem járt, de már ismert pontokat. A hatékonyabb és gyorsabb lefutás érdekében a csak felderített csomópontokat az $f(n)$ szerint sorba rendezve érdemes tárolni, így a legkedvezőbb csomópont már rendelkezésre áll [4].

A futtatás elején Z üres, és Y -ban is csak a kiindulópont szerepel. A futás során egy g változóban tároljuk a megtett távolságot. Az algoritmus az első lépésben kiveti Y -ból a legkisebb f -fel rendelkező csomópontot, amely a rendezett tárolásnak köszönhetően mindig az első lesz. A kivett csomóponton végezzük el a vizsgálatot. Elsőként a

1. ábra A Dijkstra útvonaltervezés [23]



2. ábra Az A* útvonaltervezés [24]



környező elemekről eldöntjük, hogy bejárásra kerültek-e már? Abban az esetben, ha igen, tehát szerepel Z-ben, akkor továbblép az algoritmus, a többi esetben pedig kiszámításra kerül, hogy mekkora költséggel érhető el az a jelenlegi csomóponton keresztül. Ha valamelyik már szerepel Y-ban, akkor összehasonlítjuk, hogy a jelenlegi csomópontokon keresztül út kisebb-e, mint az ott tárolt út. Ha „nem” a válasz, akkor az ilyen csomópontokat is kihagyjuk. A fennmaradó pontokhoz kiszámítjuk a g értékét, és útvonal elemeit, majd bekerülnek Y-ba. Ha az Y-ban szereplők között található olyan, amely pontnak az elérése így kisebb költségű, akkor azt töröljük. A lépés végeztével az aktuális pont bekerül Z-be és az Y-ból választunk egy új pontot. Ez mindaddig tart, amíg a soron következő elem nem a célpont, vagy Y üressé nem válik. Első esetben megtaláltuk a legrövidebb utat, a második esetben viszont kijelenthetjük, hogy nincs kapcsolat a két pont között. Amennyiben Y nem vált üressé, akkor visszafejtéssel meghatározható az optimális útvonal [4].

Az ábrarozaton (2. ábra) látható az algoritmus működése.

2.3. Frederickson algoritmus [6]

Lipton és Trajan megmutatták, hogy egy adott n csomópontú sík gráfból megtalál-

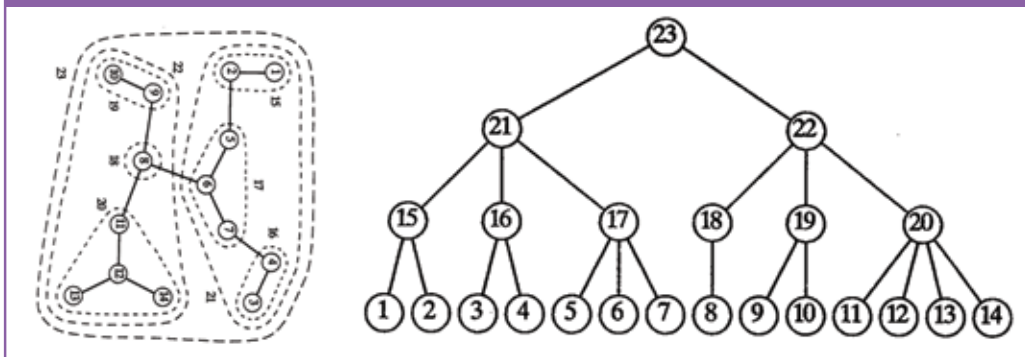
ható időben lineárisan a csomópontok egy olyan méretű sorozata, amely eltávolítja a töréseket úgy, hogy a gráf minden részének a mérete legfeljebb $\frac{2}{3}n$ legyen. [5] Ez alapján G. N. Frederickson kidolgozta a gráfokra az r -részleg fogalmát. Ezzel megtette az első lépést, hogy legyőzze az időbeli kötöttséget, azzal az ötletével, hogy több prioritású sorok különböző méretűek. Algoritmus a gráfot kisebb régiókra, majd ezeket is további kisebb régiókra bontja. Az elő- és utófeldolgozásban a régiók között végrehajtja a Dijkstra algoritmust. Mivel ezek a régiók kicsik, így a Dijkstra prioritású sor számolás is kis terjedelmű – mivel csak kevés elemet tartalmaz – így a sor műveletek nem költségesek. Az algoritmus fő célja az, hogy így a Dijkstra számítás a gráfon lényegesen kevesebb határcsomópontot tartalmaz, mint n , ezért a sorrendezési műveletek száma is sokkal kisebb, mint n . Ennek eredménye az úgynevezett topológia alapú kupac.

Az algoritmus működését ábrázolja a 3. ábra.

2.4. Fejlesztett Frederickson algoritmus [6]

Frederickson algoritmusából kiindulva Monika R. Henzinger, Philip Klein, Satish Rao és Sairam Subramanian kifejlesztettek egy gyorsabb útvonalkereső algoritmust a

3. ábra A Frederickson algoritmus működése [7]



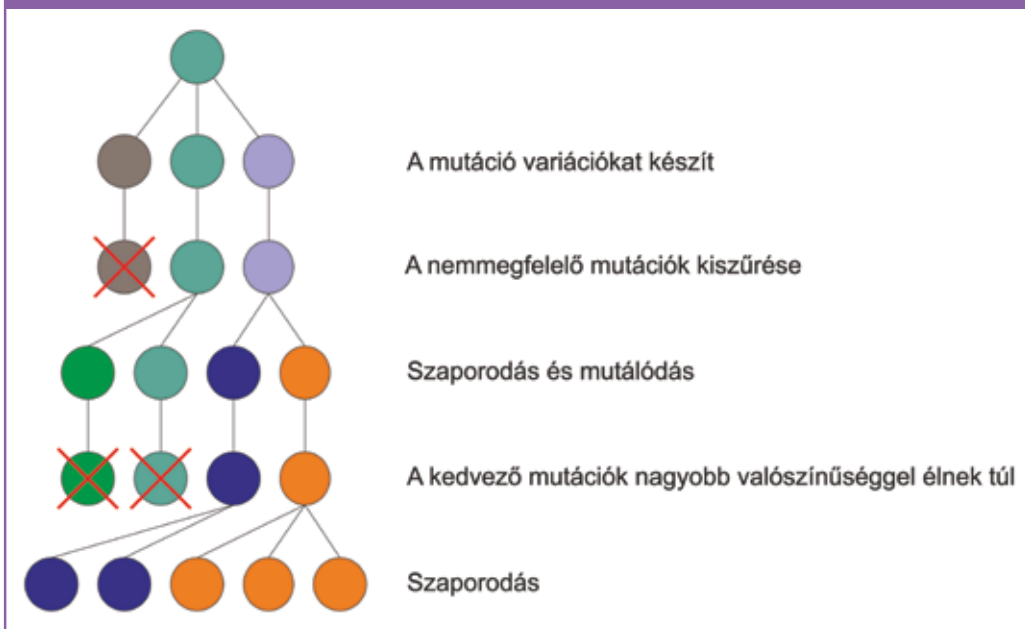
síkbéli gráfokra. Az algoritmusuk a nem negatív élhosszúságú gráfokra egy lineáris idejű maximális áramlású megoldást ad, ahol a kiinduló- és célpont azonos oldalon van. Abban az esetben, ha negatív élhosszúságok is megengedettek, akkor az algoritmus időszükséglete $O(n^3 \log(n \cdot L))$, ahol L a legnegatívabb hossz abszolút értéke. Az algoritmus alkalmas arra, hogy egy síkbéli hálózat megvalósítható számításának határai hasonlóak legyenek a legjobban illeszkedő síkbéli

bipartit gráfhoz, és ahhoz, hogy megtalálja a maximális áramlást, ha a síkbéli gráf kiinduló- és végpontja nem azonos oldalon van. Az algoritmusnak párhuzamos és dinamikus verziója is létezik.

2.5. Genetikus algoritmusok

A genetikus algoritmusokat olyankor alkalmazzák, amikor valamilyen optimalizálási feladatot kell megoldani. Ebből kifolyóan al-

4. ábra Genetikus algoritmus működése [9]



kalmas lehet útvonalkeresési feladatok megoldására is. Általában egy olyan problématerében alkalmazzuk azokat, ahol ezt a teret egy folytonos függvénnyel írják le, és adott megkötések és feltételek mellett a függvény maximumát vagy minimumát keressük. Az ilyen eljárások a Darwin-i evolúciós elvekre vezethetők vissza, amelynek lényege, hogy a sikeresebb populáció marad életben, ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a feltételeknek leginkább megfelelő. Ebből következik, hogy egy futás eredményeképpen nem egy megoldás, hanem a megoldások egy populációja áll elő, amelyek különböző keresztezéseken, mutációkon és szelekción mennek át, hogy végezetül egy jobb megoldást adjanak. [8] Ezt szemlélteti a 4. ábra.

A genetikus algoritmusok működésének lelke a fitness-függvény, amely eldönti, hogy mennyire optimális az aktuális megoldásjelölt (kromoszóma). Minél inkább megfelel a feltételeknek, annál erősebbnek tekintjük, így az evolúció szabályai szerint ő fog nagyobb eséllyel öröklődni. A gyengébbek pedig egyre inkább kiszelektálódnak [8].

Az algoritmus futása a következő lépésekből áll:

- kezdeti populáció inicializálása,
- fitness-függvények kiértékelése a kezdeti populáció tagjaira,
- szelekció,
- keresztezés-mutáció,
- az új egyedek fitness-értékeinek kiszámítása,
- az új egyedek elhelyezése az új populációba.

Az algoritmus addig fut, amíg a következő feltételek valamelyike be nem következik:

- generációs limit: az algoritmus maximális futásának száma,
- max. fitness-limit: olyan érték, amelynél már feltételezzük, hogy elég jó,
- átlag fitness-limit: több megoldás keresése esetén alkalmazandó,
- konvergencia beállása: ha egy-egy újabb futásnál már érdemben nem javulnak az eredmények.

A genetikus algoritmusokat útvonalkeresésre

eddig ritkán használták. Azonban az utóbbi években kezd felértékelődni a terület. 2009-ben Youfang Huang, Chengji Liang és Yang Yang publikáltak egy cikket a témában, amelynek lényege, hogy a Hollandiai Európai Konténer Terminálban a kikötői daruk által bejárat utat optimalizálják. Az útvonal kromoszómákat a következőképpen lehet megjeleníteni [10].

5. ábra Útvonal kromoszóma[10]

| | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|-----------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | ... | x_{n-3} | x_{n-2} | x_{n-1} |
| v_i -edik kromoszóma | y_1 | y_2 | y_3 | ... | y_{n-3} | y_{n-2} | y_{n-1} |

Az 5. ábra által mutatott megjelenítésben az útvonal egyértelműen azonosítható Y értékével, amely az elérhető területen fekszik. Adaptív közelítés alkalmazható a fitness-függvény meghatározására [11]. Az első lépésben a minimalizációs problémát maximalizációs problémára kell átalakítani, ehhez fel kell venni, hogy $f_1 = \frac{1}{f}$ és $f_2 = d$, így ez egy maximalizációs problémává vált két céllal: $\max\{z_1 = f_1(v), z_2 = f_2(v)\}$. Az egyes generációk megoldásához két szélsőséges pont definiálható, a $z^+ = \{z_1^{max}, z_2^{max}\}$ és a $z^- = \{z_1^{min}, z_2^{min}\}$. Ez alapján az aktuális populációra felírhatóak a következő egyenletek [10]:

$$\begin{aligned} z_1^{max} &= \max\{z_1(v_i), i = 1, 2, \dots, n\} \\ z_1^{min} &= \min\{z_1(v_i), i = 1, 2, \dots, n\} \\ z_2^{max} &= \max\{z_2(v_i), i = 1, 2, \dots, n\} \\ z_2^{min} &= \min\{z_2(v_i), i = 1, 2, \dots, n\} \end{aligned} \quad (1)$$

ahol n a populáció mérete. Ez alapján az adaptív súlyok:

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{z_1^{max} - z_1^{min}} \\ w_2 &= \frac{1}{z_2^{max} - z_2^{min}} \end{aligned} \quad (2)$$

A genetikus algoritmusok hiányossága azonban, hogy ugyan nagyon jól tudnak globális optimumot keresni egy ígéretes területre, azonban ezen belül a pontos minimum vagy maximum megtalálására nem alkalmasak, ezért érdemes valamilyen egyéb heurisztikus módszerrel kiegészíteni azokat [12].

2.6. Hangyakolónia algoritmus

A modell alapjait Marco Dorigo rakta le.[13] Kutatásai során megfigyelte a hangyák élelmszerzési metódusát. Ennek lényege, hogy a hangyák teljesen véletlenszerű úton elindulnak a bolyból élelmet keresni. Ha élelmet találtak, akkor a visszafele úton feromont bocsájtanak ki. A feromon a többi hangya számára vonzó tulajdonságú, ezért amikor egy újabb hangya indul élelmemért, akkor az irány választásakor nagyobb valószínűséggel ebbe az irányba indul. Minél több hangya halad el az adott útvonalon, annál erősebb a feromon nyom az útvonalon, így egyre több hangya választja majd ezt az útirányt. Emellett minél közelebb van az adott élelemforrás, annál többször tudnak megfordulni a hangyák, ami szintén a feromon nyom erősödését vonja maga után [14][15][16]. Ezt a folyamatot szemlélteti a 6. ábra.

Az útvonalkeresésre alkalmazott hangyakolónia algoritmusban a hangyák egy-egy járművet vagy utast reprezentálnak. Az útvonal addig növekszik, amíg az összes meglátogatandó hely bele nem kerül az útvonalba. Az algoritmus működése során minden hangya a kiindulási pontból indul. A következő meglátogatandó helyszín választása során az elérhető helyszínek közül történik a választás a jármű kapacitásának figyelembevételével. A hangya akkor tér vissza a kiinduló ponthoz, ha az összes meglátogatandó helyszínt bejárta, vagy a jármű a kapacitását elérte. Az L távolság a virtuális hangya által megtett útból számítható. A második hangya az első hangya

visszaérkezése után indul, és mindez addig folytatódik, amíg az előre megadott hangyszámot el nem éri a program. Az algoritmus működése során minden hangyának minden pontot érintenie kell. A kiválasztáshoz a következő formula alkalmazható [14]:

$$j = \arg \max \{ (\tau_{ij}) (\eta_{iu})^\beta \} \text{ amíg } u \notin M_k \\ \text{ha } q \leq q_0 \text{ különben } S, \quad (3)$$

ahol τ_{ij} az i jelenlegi pozíció és az u lehetséges pozíció közötti feromon mennyiség, η_{iu} pedig i és az u közötti távolság inverze, β a távolság fontosságát a feromon mennyiségével szemben kifejező tényező, M_k pedig a hangya által már bejárt utat tartalmazza. q egy véletlen változó a $[0,1]$ zárt intervallumon, q_0 pedig egy paraméter. Ha minden választás megtörtént, a hangya a legnagyobb értékű élt választja az 3. egyenletből, hacsak q nem nagyobb, mint q_0 . Ekkor a hangya egy véletlenszerű S -t választ, mely a p_{ij} eloszlás valószínűségén alapszik, ami a magas feromon tartalmú útvonalaknak kedvez [14]:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{(\tau_{ij})(\eta_{ij})^\beta}{\sum_{u \in M_k} (\tau_{iu})(\eta_{iu})^\beta} & \text{ha } j \in M_k \\ 0 & \text{ha } j \notin M_k \end{cases} \quad (4)$$

Az (3)-as és (4)-es kifejezéseket alkalmazva a hangyák vagy a legkedvezőbb utat követik, vagy véletlenszerűen választanak a feromonok alapján. Az algoritmus addig folytatódik, amíg minden helyszínt nem látogatták meg és a bejárás nincs teljesen kész.

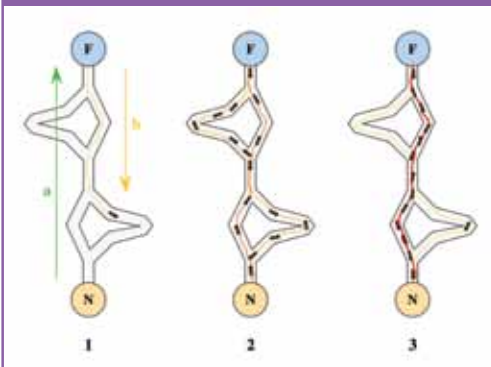
Az algoritmus legfontosabb része a feromon mennyiséget frissítő algoritmus. Az útvonalak aktualizálása magában foglalja a lokális és a globális frissítést a legjobb útvonalaknak egy előre meghatározott m -ig. A lokális frissítés metódusa a következő [15]

$$\tau_{ij} = (1 - \alpha) \tau_{ij} + (\alpha) \tau_0 \quad (5)$$

ahol α a feromon kibocsájtását szabályozó paraméter, τ_0 pedig az él kezdeti feromon értéke.

Miután az előre meghatározott m darab hangya létrehozta a lehetséges útvonalakat, a globális aktualizálás során a legjobb útvonal által tartalmazott élekhez feromon kerül hozzáadásra egy darab hangya által az m -ből [15].

6. ábra A hangyakolónia algoritmus működésének ábrázolása[25]



1. táblázat Az algoritmusokat összehasonlító táblázat

| Jellemzői | Dijkstra | A* | Frederickson | Fejlesztett Frederickson | Genetikus algoritmusok | Hangyakolónia algoritmus |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pozitív | minden lehetséges útra is elkészíthető egyszerűen mihanzálható | nem becsüli felül a cél eléréséhez szükséges értéket optimális megoldással tér vissza [3] | nagy hálózatok alrégiókra bontása[6] | db szintet alkalmaz gyorsabb mint az alap Frederickson | sok lehetőségből hatékonyan választ globális optimumot jól számol | gyorsan található optimum a lokális optimumnál való leragadás ellen védett több hangyával/hangya kolóniával növelhető a hatékonyság |
| Negatív | túl sok felesleges lépés a cél megtalálásának szempontjából negatív éleket nem kezeli | helytelen utakon elindult keresés által okozott idővesztés nagy memóriaigény nagy méretű problémákhoz nem alkalmas | csak három szintet használ[6] negatív éleket nem kezeli | negatív éleket nem kezeli | a véletlen szám generálás módja hat az eredményekre az eredmények két futás között eltérhetnek | a hangyák illetve a hangyakolóniák számának növekedésével drasztikusan nő az erőforrásigény alacsony hangyaszámnál nem biztosítható, hogy a legjobb út kerüljön kiválasztásra |
| Időszükséglet | $O(n \log n)$ | - | $O(n \log n)$ | $-O\left(n^{\frac{1}{2}} \log(n \cdot L)\right)$ | - | - |

$$\tau_{ij} = (1-\alpha) \tau_{ij} + \alpha(L)^{-1} \quad (6)$$

2.7. Algoritmusok összehasonlítása

Ez a megoldás a legjobb út használatára ösztönöz. Az eljárás egy előre meghatározott számszor fut le. [15]

A hangyakolónia algoritmust továbbfejlesztve lehetőség nyílik többféle befolyásoló tényező figyelembevételére, mint például a járműkihasználtság, pénzületi haszon, időszükséglet, stb.... Ez a következőképpen írható fel [15]:

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + B \cdot \tau_{ij} \cdot H_{ij} \quad (7)$$

ahol a B konzervatív és a felfedező keresés egyensúlyát biztosítandó szám, H_{ij} a hasznosági függvény [14].

Az egyenletekben szereplő α és β értékeket a szakirodalom alapján célszerű kiválasztani [13][14][15][17][18].

Az 1. táblázatban összefoglaltuk a korábban ismertett algoritmusok főbb jellemzőit. Elmondható, hogy a Dijkstra algoritmus az egyik legegyszerűbben elkészíthető az ismertett algoritmusok közül. Előnye még, hogy a teljes hálózat felderítésére, így az összes lehetséges út megtalálására alkalmas. Azonban az ismertett algoritmusok közül ez rendelkezik a leghosszabb válaszadási idővel. Emiatt kell vizsgálni további algoritmusokat, amelyekkel gyorsabban elvégezhető az útvonaltervezés. A nagy időszükséglet miatt általában csak addig fut az algoritmus, ameddig meg nem találja a megadott pontok közötti útvonalat, ezután már nem folytatja az útvonaltervezést.

Az A* algoritmus az olyan jellegű útvonaltervezést valósítja meg, mint amikor „torony iránt” próbálunk menni. Ez nagyon jól működik, ha

2. táblázat Futási idők a Dijkstra, az A* és a Genetikus algoritmusokra [20]

| Gráf mérete | Futási idők (s) | | | |
|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | Dijkstra | A* egyenesvonalú heurisztikáva | A* halmazott vonali csomópontok | Genetikus algoritmus |
| 40 | 7 | 7 | 22 | 5 |
| 80 | 120 | 120 | 456 | 51 |

nincsenek zsákcák vagy akadályok, mert akkor kifejezetten gyors, ellenkező esetben viszont nagyon lelassul a működése.

Frederickson algoritmus az ötletet használja fel, hogy megpróbálja csoportosítani a gráf csomópontjait, és ezen csomópontok között futtatja le a Dijkstra algoritmust. Ilyen csoportok lehetnek például a kerületek, városok, azonban egy nagyobb hálózaton a szintek száma is nagymértékben növekszik, így ez csak korlátozott mértékben javítja az eredeti Dijkstra algoritmus működését.

Az eddig felsorolt algoritmusok jellemzően a legjobb útvonalat keresték, azonban nagyon sokszor alternatív útvonalak meghatározására is szükség van, mivel egy bonyolult hálózaton két adott pont között több azonosan jó útvonal is előfordulhat, amelyek közül egyéb szempontok szerint történik a választás. Emiatt szükség van olyan algoritmusokra, mint a genetikus vagy a hangyakolónia, amelyekkel a komplexebb hálózatok jól kezelhetők, illetve képesek több alternatívát is megvizsgálni és kezelni.

Ezek alapján tehát az egyik legfontosabb szempont az összehasonlításnál az időszükséglet, mivel a keresést végzők szempontjából ez a legfontosabb. Saj-

nos egzakt módon nem lehet összehasonlítani az összes eljárást, mert főképp a genetikus algoritmus és a hangyakolónia algoritmus a beállított paraméterektől függ. Azonban adott esetben elvégezhető az összehasonlítás.

A Dijkstra, az A* és a genetikus algoritmusok összehasonlítását végezte el néhány kutató [20]. A konkrét esetre a következő értékeket kapták (2. táblázat).

Látható, hogy a gráf méretének növelése milyen drasztikus mértékben növeli a futási időket. Összehasonlítva a három módszert, a genetikus algoritmus lényegesen gyorsabban szolgáltat eredményt.

Más kutatók [21] elvégezték a genetikus és a hangyakolónia algoritmus összehasonlítását. Természetesen ezek az adatok nem összevethetők az előző adatokkal, de mégis viszonyítási pontot jelenthetnek az algoritmusok értékeléséhez és a közöttük való döntéshez. A mérési eredményeiket a 3. táblázat tartalmazza.

Az adatok alapján a hangyakolónia algoritmus ebben az esetben lényegesen gyorsabban ad megoldást a genetikus algoritmusnál.

3. táblázat A hangyakolónia- és a genetikus algoritmus összehasonlítása

| A terület komplexitása | Relatív egyszerű | | Relatív komplex | | Komplex | |
|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | Hangyakolónia algoritmus | Genetikus algoritmus | Hangyakolónia algoritmus | Genetikus algoritmus | Hangyakolónia algoritmus | Genetikus algoritmus |
| idő (s) | 477,21 | 1522,08 | 648,69 | 1869,28 | 972,64 | 2560,42 |
| iterációk száma | 30 | 50 | 45 | 80 | 50 | 100 |
| populáció | 20 | 20 | 25 | 35 | 30 | 50 |

3. MULTIMODÁLIS RENDSZEREK

A közlekedéshez a mindennapok során általában többféle közlekedési eszközt veszünk igénybe. Többször kombináljuk az egyéni és közösségi közlekedést, illetve a helyi és a távolsági közlekedést. Emiatt kell az útvonaltervezésben is a különböző közlekedési módok kombinációjával foglalkozni, és nem célszerű elválasztani egymástól az egyéni és a közösségi közlekedést sem, mivel az utazók több esetben is valamilyen kombinációt használnak. A különböző közbringa rendszerek terjedésével pedig egyre inkább felértékelődik a két közlekedési filozófia együtt kezelése. A hivatásforgalom tekintetében is megjelenik ez a kérdéskör a P+R és B+R rendszerek terjedése miatt. Ennek eredményeképpen egy rengeteg csomópontot tartalmazó gráfot kell felépíteni, amelyben szerepel a közúthálózat és az ehhez szervesen kapcsolódó közösségi hálózat. Az ezen való keresés azonban igen erőforrásigényes, ezért hatványozottan fontos, hogy a lehető leggyorsabb és a leginkább erőforrás-kímélő algoritmust alkalmazzuk.

Nagyobb méretű hálózatok esetén az előbbieken megemlített módszerek közül egyik sem képes elfogadhatóan gyors megoldást szolgáltatni. Emiatt további kutatások szükségesek, hogy a lehető leggyorsabb és a leghatékonyabb módszer kifejlesztésre kerüljön. A legújabb kutatásokban a fentebb említett rendszerek valamilyen kombinációjával próbálják a problémát feloldani. Ebbe az irányba sorolható be három ázsiai származású kutató által készített tanulmány [12]. Ez a munka a kikötői daruk dinamikus ütemezésének problémáját kezeli a kikötőhelyek elosztásának tervezésében egy heurisztikus algoritmussal kiegészített genetikus algoritmussal [12].

A hatékonyság azonban nem csak a módszerek kombinációjával növelhető, hanem a hálózat bizonyos szempontú felosztásával, szétdarabolásával is. Ezt úgy lenne célszerű elvégezni, hogy a keveset változó, nagy csomópontokat összekötő hálózatokat, amelyeket az emberek gyakran keresnek/használnak, azokat letárolnánk, és adott időközönként olyan szempont szerint megvizsgálánk, hogy még mindig az

az útvonal a legjobb? Erre a célra azok a városok lennének alkalmasak, ahol jelentős forgalmú repülőterek, vasúti csomópontok, illetve távolsági autóbusz-pályaudvarok vannak. Magyarországon belül ilyen lehetne Budapest, Debrecen esetleg Szeged. Első lépésben meg kellene határozni az ilyen városok főbb kilépési pontjait, Budapest esetén példának okáért a fejpályaudvarok, a Kelenföldi pályaudvar, a Népligeti autóbusz-pályaudvar, a repülőtér és a fő közlekedési útvonalak (autópályák, főutak...) lehetnének ilyenek (7. ábra). A működési területen ki kell majd jelölni az összes ilyen na-

7. ábra Budapest főbb tömegközlekedési csomópontjai [22]



gyobb csomópontot, amelyek között létre kell hozni különböző szempontok szerint az eljutási lehetőségeket leíró táblát. Mivel ez a keresés előre elvégezhető és minden lehetséges kapcsolat felépítése szükséges, alkalmazható a Dijkstra algoritmus is.

Azon hálózati elemeknek, amelyek az előző lista nem kerültek be, dinamikusan kell kapcsolódnia ehhez a törzshálózathoz, azaz a kiindulási és érkezési cím környezetében meg kell keresni a legközelebbi eső nagy csomópontokat, és valamilyen útvonalkeresési eljárással, a megadott szempontok szerint fel kell építeni az utazást.

Erre a célra olyan algoritmus szükséges, ami gyors, akár párhuzamosítható is, mivel ebben az esetben a kiindulási pontok száma is végtelenhez közelít, a rendelkezésre álló idő pedig a felhasználói elvárások miatt szűkös. Ebből kifolyólag a jelenlegi algoritmusok közül a hangyás és a genetikus algoritmus az, amely alkalmas lehet. A hangyakolónia algoritmus nagy előnye, hogy az egy időben kereső hangyák száma növelhető, így lényegesen csökkenthető a kereséshez szükséges idő, azonban a teljesítményigény jelentősen növekszik. A genetikus algoritmusok előnye abban áll, hogy egyszerre vizsgálják az összes lehetséges útvonalat, azonban hátrányuk, hogy előzetesen ismerni kell a lehetséges útvonalakat, és az optimumkeresést meg kell támogatni egyéb heurisztikus eljárásokkal.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az útvonaltervezés tekintetében a világ egyre inkább afelé halad, hogy a „lehető legjobb” útvonalat sikerüljön megtalálni a legrövidebb idő alatt, így csökkentve a „költségeket” (pénzbeli, időbeli...). A jelenlegi megoldások általában kisebb, illetve jól lehatárolt területekre koncentrálnak. Ennek eredményeképpen kisebb, jobban kezelhető hálózatokkal dolgoznak, így a futási idő és a komplexitás csak kisebb mértékben kerül előtérbe. Azonban az egyre inkább globalizálódó világban, illetve a járművek minél jobb kihasználásának (Car sharing, Telekocsi, Bubi...) igénye mellett egyre hangsúlyosabbá válik annak az igénye, hogy egy integrált rendszerben lehessen a közlekedést tervezni. A cikkben bemutatunk a jelenleg legelterjedtebb útvonaltervező algoritmusokat, leírtuk a működésük lényegét, és összehasonlítottuk azokat a gyorsaság szempontjából. Ez alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a genetikus és a hangyakolónia algoritmus a leginkább alkalmas arra, hogy a multimodális útvonaltervezésre alkalmazzák, így a jövőbeli kutatások erre irányulnak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] **Dijkstra, Edsger Wybe:** *Oral history interview with Edsger W. Dijkstra*, Charles Babbage Institute, University of Minnesota, Minneapolis, 2001.08.02

[2] **Dijkstra, Edsger Wybe:** *A Note on Two*

Problems in Connexion with Graphs, Numerische Mathematik, 1959, 269-271

[3] **Podobni Katalin:** *Legrövidebb útkereső algoritmusok diplomamunka*, ELTE TTK, 2009

[4] **Hernáth Zoltán:** *Valós idejű adaptív A* útkeresési algoritmus*, MSc önálló labor 2 összefoglaló, BME VIK, Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék Intelligens Rendszerek Kutatócsoport, 2012,

[5] **R. J. Lipton and R. E. Tarjan:** *A separator theorem for planar graphs*, SIAM J. Appl. Math. 36, 1979, 177-189

[6] **Monika R. Henzinger, Philip Klein, Satish Rao, Sairam Subramanian:** *Faster Shortest-Path Algorithms for Planar Graphs*, journal of computer and system sciences 55, 3-23 oldal, 1997, article no. SS971493

[7] **Greg N. Frederickson:** *Data Structures for On-Line Updating of Minimum Spanning Trees, with Applications*, Purdue University, Computer Science Technical Reports, Department of Computer Science, West Lafayette, 1984, report no. 83-449

[8] **Zsolnay Károly:** *Genetikuis algoritmusok*, BME VIK, 2012/2013 I. félév

[9] **Danielle Venton:** *Feature - Evolving towards the future of science: genetic algorithms and grid computing*, iSGTW, 2008.02.27

[10] **Youfang Huang, Chengji Lianga, Yang Yang:** *The optimum route problem by genetic algorithm for loading/unloading of yard crane*, Computers & Industrial Engineering 56, Intelligent Manufacturing and Logistics, 993-1001 oldal, 2009

[11] **Gen, M., & Cheng, R.:** *Genetic algorithms and engineering optimization*, New York: John Wiley & Sons, 2000

[12] **Chengji Lianga, Youfang Huang, Yang Yang:** *A quay crane dynamic scheduling problem by hybrid evolutionary algorithm for berth allocation planning*, Computers & Industrial Engineering 56, Intelligent Manufacturing and Logistics, 1021-1028 oldal, 2009

[13] **Marco Dorigo:** *Optimization, learning and natural algorithms (in Italian)*, Ph.D. Thesis, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, 1992.

[14] **Kovács Gábor:** *Elektronikus fuvar- és raktárbörze rendszermodellje*, Ph.D. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi

- Egyetem, **Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki kar**, 2011.
- [15] **John E. Bella, Patrick R. McMullen**: *Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem*, Advanced Engineering Informatics, 2004. Január, 41-48 oldal
- [16] **Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.**: *Swarm intelligence: From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press, 1999, ISBN 0-19-513159-2
- [17] **Dorigo, M., Gambardella, L. M.**: *Ant colony system: A cooperative learning approach to the travelling salesman problem*, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1, 1997, 53-66 oldal, DOI: 10.1109/4235.585892
- [18] **Dorigo, M., Stützle, T.**: *Ant Colony Optimization*, Ant Colony Optimization, MIT Press, 2004, ISBN 0-262-04219-3
- [19] **Russell, Stuart J., Norvig, Peter, Canny, John F.**: *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*, Panem kiadó, Budapest, 2005, ISBN 963-545-411-2
- [20] **A.R. Soltani, H. Tawfik, J.Y. Goulermas, T. Fernando**: *Path planning in construction sites: performance evaluation of the Dijkstra, A, and GA search algorithms*, Advanced Engineering Informatics, 291-303 oldal, 2002
- [21] **Fatemeh Khosravi Purian, Fardad Farokhi, Reza Sabbaghi Nadooshan**: *Comparing the Performance of Genetic Algorithm and Ant Colony Optimization Algorithm for Mobile Robot Path Planning in the Dynamic Environments with Different Complexities*, Journal of Academic and Applied Studies, 29-44. oldal, 2013 Február, ISSN1925-931X
- [22] **BKK Utastájékoztató**: *Budapest és környékének vasúti hálózata*, BKK, 2014.03.27.
- [23] **Wikipedia (user:Subh83)**: *Illustration of Dijkstra's algorithm*, Wikipedia, 2011. 04.13
- [24] **Wikipedia (user:Subh83)**: *Illustration of A* search algorithm*, Wikipedia, 2011. 04.13
- [25] **Johann Dréo**: *Shortest path find by an ant colony*, Wikipedia, 2006. 05.27



Route planning algorithms

Route planning is one of the most common problems of everyday life. During the transport in our daily lives – as in all other areas – we strive to use minimum energy, so we seek to find the "best" possible route. This area has become increasingly important over the 20th century as the world became "smaller", and travel and the transportation of goods became more and more frequent and part of our everyday life, taking into account both short and long distances.

The goal of the research is to create a route planning algorithm which is able to work effectively with large networks spreading over several countries, and which offers an integrated approach to individual and public transport.

As the first step of the research, routing algorithms which are currently widely used have been mapped. The results are introduced in the article. The summary lists those algorithms that may be useful in larger networks to provide fast, effective and optimal solutions.



Routenplanungsalgorithmen

Routenplanung ist eine der häufigsten Probleme des Alltags, weil wir in unserem täglichen Leben während des Transports - wie in allen anderen Bereichen - uns bemühen, minimale Energie zu verwenden, so dass wir versuchen, die "besten" von den möglichen Routen zu finden. Dieser Bereich wurde wirklich im 20. Jahrhundert aufgewertet, da die Welt „kleiner“ wurde, und die Reisen und die Warentransporte – sowohl auf kurzen als auch auf langen Strecken - immer häufiger und zum Teil unseres Alltags geworden sind.

Das Ziel der Forschung war, einen Routenplanungsalgorithmus zu erstellen, der auch in über mehrere Länder verbreiteten großen Netzwerken effizient benutzt werden kann, wobei auch einen integrierten Ansatz zu den individuellen und öffentlichen Verkehrsmitteln angeboten wird. Als erste Stufe der Forschung wurden die derzeit am häufigsten verwendeten Routenplaner-Algorithmen aufgelistet und bewertet. Im Artikel wurden die Ergebnisse vorgestellt. Als Zusammenfassung es wurden die Algorithmen ausgewählt, die geeignet sind, in großen Netzwerken eine schnelle, effektive und optimale Lösungen zu bieten.

Forgalmi menedzsment terv az M1 autópálya M0 – Hegyeshalom, országhatár közötti szakaszára a váratlanul bekövetkező események kezelése érdekében

Az autópálya hálózat forgalmi menedzsmentje kiemelt jelentőségű a bekövetkező váratlan események kapcsán felmerülő forgalmi zavarok / problémák gyors és hatékony kezelésében.

A forgalmi menedzsment tervekhez szükséges előkészítő vizsgálatok bemutatása, a teendők megfogalmazása, a javasolt scenáriók és az azokhoz kapcsolódó cselekvési tervek bemutatása az M1 autópályára vonatkozóan segítheti a forgalmi menedzsment tervek szélesebb körű alkalmazását a jövőben.

Dr.-habil. Lindenbach Ágnes

egyetemi tanár, PTE Műszaki és Informatikai Kar
lindenbach.agnes@mik.pte.hu

1. A FORGALMI MENEDZSMENT FOGALMA, ELKÉSZÍTÉSÉNEK SZÜKSÉGESSÉGE AZ M1 AUTÓPÁLYÁN

1.1. A forgalmi menedzsment terv készítésének indokai az M1 autópályán

Az M1 autópálya (M0 autóút – Hegyeshalom) a C4 és a C9 transz-európai közlekedési folyosók részeként Budapestet köti össze a nyugati határral, európai színvonalú közúti kapcsolatot biztosítva Ausztria fővárosa és Szlovákia fővárosa felé. Az M1 autópálya a kelet-nyugati irányú közúti tranzitforgalom legfontosabb útvonala. A legnagyobb részben 2x2 sáv + leállósáv kialakítású pálya forgalma a Budapest-közelit szakaszokon a kapacitás 80%-át is meghaladja. A kapacitást kezelítő forgalomban átlagosan 25% körüli a nehézforgalom részaránya.

Ezek a tényezők együttesen rendkívül zavar-érzékenyé teszik a pályát, a bekövetkező váratlan események gyorsan vezetnek forgalmi zavarok ki-

alakulásához, amelyek elhárítása után csak lassan normalizálódik a forgalomlefolyás. További problémákat okozhat az autópálya legforgalmasabb szakaszának (M7 elválás – Tata közötti szakasz) esetleges kapacitásbővítése.

A fentiekben röviden bemutatott helyzet tette szükségessé *átfogó forgalmi menedzsment terv elkészítését* az M1 autópályára, figyelembe véve a határ menti térségben a *határon átnyúló forgalmi menedzsment lehetőségét* az osztrák, valamint a szlovák autópálya-üzemeltetővel közösen, előre rögzített kritériumok és feltételrendszer mellett [1] [2].

1.2. A forgalmi menedzsment / a forgalmi menedzsment tervek fogalma

A *forgalmi menedzsment terv (FMT)* számos speciális helyzetre vonatkozó, előre meghatározott intézkedések gyűjteménye.

A *forgalmi menedzsment terv* – mint európai alap-szolgáltatás – *célja* a hatékony forgalomirányítás, útvonalajánlás és információszolgáltatás konzisz-

tens módon történő biztosítása az úthasználók számára, így növelve a közlekedési infrastruktúra teljesítményét, a határon átvélő, hálózati vagy több érdekelt fél közötti lehetséges együttműködés kialakításával (ahol az lehetséges) [3] [4].

Az alaphelyzetek lehetnek előre nem láthatók (vészhelyzet, baleset) vagy előre láthatók (ismétlődő vagy nem ismétlődő események). A forgalmi menedzsment tervek osztályozása az általa lefedett terület szerint történhet:

- *Regionális tervek:* a TERN¹ részein a területek és régiókban belüli hálózatokra, amelyek bizonyos feltételek mellett bővíthetők, és a régiók közötti és határokon átvélő szinten összekapcsolhatók a szomszédos régiókkal.
- *Régiókon átvélő tervek:* a TERN részein, a több régiót magába foglaló nemzeti közlekedési folyósókra és hálózatokra.
- *Határokon átvélő tervek:* a TERN részein, a határokon átvélő közlekedési hálózatokra és főbb közlekedési folyósókra.
- *Agglomerációs tervek:* agglomerációs és városi/városok közötti gyorsforgalmi úthálózatokra, amelyek hatással vannak a távolsági forgalomra.

A forgalmi menedzsment tervek koordinált megvalósítása és alkalmazása Európa-szerte lehetővé teszi az európai úthálózat hatékonyabb kihasználását, az integrált szolgáltatások biztosítását azon úthasználóknak, akik a forgalmi menedzsment különböző szintjein (regionális/agglomerációs, régiók közötti és határokon átvélő) használják az úthálózatot.

1.3. A határon átnyúló forgalmi menedzsment – regionális együttműködés a CROCODILE projekt keretében

Az „*euroregionális projektek*” – így a CONNECT projekt² – egyik fő célkitűzése az *ún. határon*

átnyúló forgalmi menedzsment megvalósítása volt, amely lehetővé teszi a kapcsolódó úthálózatokon az információk cseréjét, valamint a járművezetők tájékoztatását minden érintett üzemeltető működési területén. A határon átnyúló menedzsment jelenthet *üzemeltetési határokon* át történő együttműködést (egymáshoz csatlakozó autópálya-szakaszok, autópálya-hálózat és csatlakozó alsóbbrendű úthálózat közös menedzsmentje, autópálya-hálózat és kapcsolódó városi hálózat közös menedzsmentje), illetve jelenthet *országhatárokon átnyúló közös együttműködést*. Az együttműködés legfontosabb célja a szűk keresztmetszetek kezelése a hálózaton. A határon átnyúló forgalmi menedzsment témaköre az EasyWay projektben³ is kiemelt jelentőségű volt [5] [6] [7].

A CROCODILE projektben⁴ kitűzött célok megvalósítását támogatják az egyes országok üzemeltetői között tervezett, megújított, illetve már megkötött együttműködési megállapodások (MoU: Memorandum of Understanding), amelyek a forgalmi adatok /információk cseréjére, közös forgalmi menedzsment tervek elkészítésére, valamint a csatlakozó autópálya szakaszok forgalomirányításában történő együttműködésre irányulnak [5] [6] [7].

Jelen cikk alapjául a CROCODILE projekt 2015. évi hazai munkaprogramja keretében elkészült „*CROCODILE forgalmi menedzsment tervek*” c. tanulmány szolgált [1].

Az első egyezmény, amelyet Ausztria, Horvátország, Magyarország, Olaszország, Szlovénia, ill. ezen országok üzemeltetőinek képviselői írtak alá 2014. évben, megfelelő kiindulópont lehet az egyes tagállamok / üzemeltetők közötti – határon átnyúló – adatcseréhez, ill. a forgalmi problémák közös kezeléséhez. A do-

1 TERN: Trans-European Road Network, Transz-európai úthálózat

2 CONNECT: Coordination and stimulation of innovative ITS activities in Central and Eastern European Countries projekt: 2005. és 2009. közötti euró-regionális projekt, melynek résztvevői a közép-kelet-európai régió új EU-tagállamai (Lengyelország, Csehország, Szlovákia, Szlovénia, valamint Magyarország), továbbá Ausztria, Németország és Olaszország, illetve ezen országok ütügyi hatóságai, autópálya-üzemeltetői, rendszerszolgáltatói voltak.

3 EasyWay projektek: I. fázis 2007 és 2009 között, II fázis: 2009 és 2012 között. A projektek keretében 27 európai ország működött együtt hozzáadott értéket képviselő ITS szolgáltatások megvalósításán az európai TERN hálózaton.

4 CROCODILE: Cooperation of Road Operators for Consistent and Dynamic Information Levels projekt: 2013. január 1. és 2015. december 31. közötti korridor projekt, melynek keretében Ausztriából, Bulgáriából, Csehországból, Görögországból, Horvátországból, Lengyelországból, Magyarországról, Németországból, Olaszországból, Romániából, Szlovákiából, Szlovéniából dolgoztak együtt a partnerek a közös célok megvalósításán, a határon átnyúló forgalom javítása érdekében.

kumentum hazai aláírója a Magyar Közút Non-profit Zrt. [2].

Az „Együttműködés a forgalomirányításban és a forgalmi információk cseréjében” dokumentum szerint az aláíró felek elkötelezettek az alábbi célkitűzések közös megvalósításában [2]:

- Eljárások és kommunikációs megoldások kidolgozása a forgalmi információk kölcsönös, *manuális* cseréjének megvalósítására a nemzeti forgalmi információs, forgalomirányító központok között.
- Eljárások és kommunikációs megoldások kidolgozása a forgalmi információk kölcsönös, *automatikus / elektronikus* cseréjének megvalósítására a nemzeti forgalmi információs, forgalomirányító központok között.
- Minden fél által elfogadott *forgalmi menedzsment tervek részletes kidolgozása* annak érdekében, hogy a határon átnyúló közlekedési folyosókon az események kezelése és a forgalomirányítás a lehető legjobb módon történjen, szükség esetén más országok bevonásával.
- Törekvés a következő közös célok elérésére: a rendelkezésre álló közúti közlekedési infrastruktúra minél kedvezőbb használata mind az üzemeltetők, mind a közlekedők/(szolgáltatás) vásárlók szempontjából; illetve *forgalmi információk nyújtása* a közlekedők/(szolgáltatás)vásárlók számára szolgáltatás formájában.

Az aláírt megállapodás értelmében jelenleg magyar, osztrák és szlovák autópályahálózat üzemeltetők dolgoznak együtt az M1 autópálya határ menti térsége forgalmi menedzsment megoldásain „*Traffic Management Plan (TMP) for the borders Austria/Hungary/Slovakia*” címmel. A közös forgalmi menedzsment terv egy olyan – az érintett országok közös határmenti területeit érintő – intézkedési tervet dolgoz ki, amely a fő tranzitútvonalon bekövetkező súlyos esemény esetében alkalmazandó. A terv áttekintést ad a lehetséges forgatókönyvekről és meghatározza a különböző intézkedéseket, az ezekre vonatkozó küszöbértékeket, bemutatja az információcsere módjait, továbbá rögzíti az operatív folyamatokat [8].

2. AZ M1 AUTÓPÁLYA FORGALMI MENEDZSMENT TERVÉNEK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES RÉSZZETES ELŐKÉSZÍTŐ MUNKÁK ÉS ELEMZÉSEK

2.1. Forgalmi vizsgálatok az M1 autópálya M0 és Hegyeshalom közötti szakaszára vonatkozóan

A *forgalmi vizsgálatok* magukba foglalták 2010 és 2014 között a teljes autópálya szakaszra vonatkoztatva a napi forgalom, a mértékadó óraforgalom, a kapacitáskihasználtság vizsgálatát (a tényleges és megengedhető forgalom arányának vizsgálatával a megengedhető és eltűrhető szolgáltatási szinten), a forgalom összetételének alakulását, a teherjármű-forgalom arányának vizsgálatával, továbbá a forgalom napi, havi megoszlását. Külön elemző vizsgálatok készültek a 2015. első öt havi forgalmi adatok alapján (hétvégi forgalom elemzése, útdíjgyűjtésben bekövetkezett változások hatásainak elemzése).

Az M1 autópályán az ÁNF (átlag) értéke 54 963 Ejmű/nap (2014. évi adat), ill. 39 601 jmű/nap. A legnagyobb forgalmú Pest megyei szakaszon ezek az értékek 68 777 Ejmű/nap, ill. 49 714 jmű/nap; a nehézteherjármű forgalom átlaga 24,0%.

A Közutak Tervezési Szabályzata (KTSZ) szerint a megfelelő szolgáltatási szinthez tartozó megengedett forgalomnagyság $4 \cdot 1200 = 4800$ E/óra, az eltűrhető szinthez tartozó $4 \cdot 1700 = 6800$ E/óra. A számítás a mértékadó óraforgalmakból (MOF) az M0-hoz csatlakozó és az országhatárra vezető részzszakaszok nélkül történt.

Az M1 autópálya 2014. évi kapacitását az 1. táblázat mutatja be.

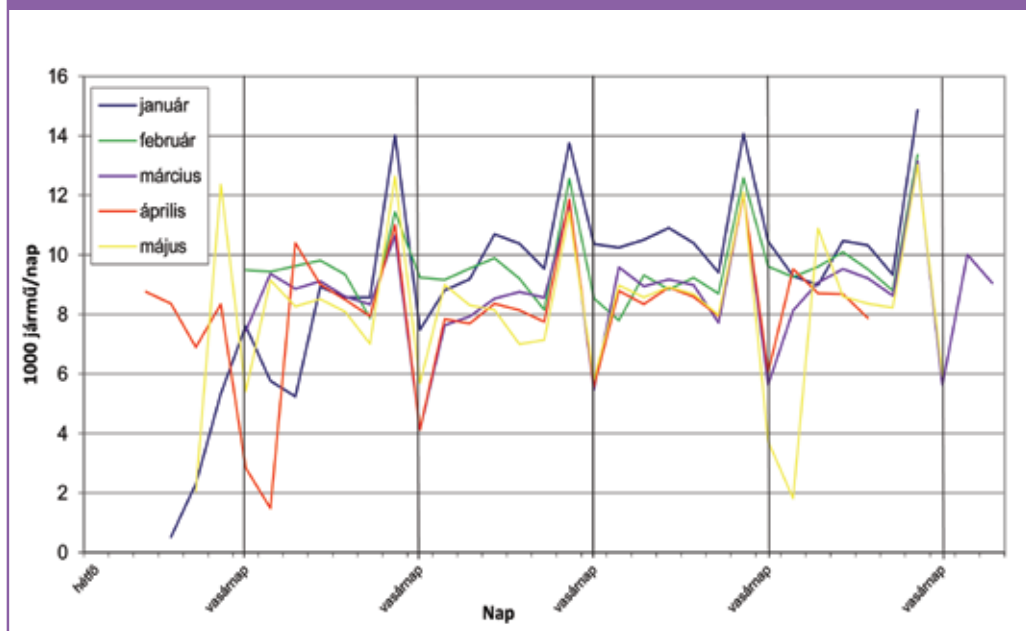
A 2014-ben számított tényleges és megengedett forgalom arányaiból látszik, hogy a Pest megyei és a Fejér megyei szakaszokon a forgalom nagysága a „megfelelő” szolgáltatási szintet meghaladja, ami a zavarokra különösen érzékeny teszi ezeket a szakaszokat.

A teljes M1 autópályán az átlagos forgalmi terhelés a „megfelelő” szolgáltatási szinten 99%-os,

1. táblázat: Az M1 autópálya kapacitás számítása 2014-ben

| megye | ÁNF E/nap | csúcsóra té- nyező | MOF E/óra | tényleges/megengedett forgalom | |
|------------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------------------------|-----------------|
| | | | | megfelelő szint | eltűrhető szint |
| Pest | 68 128 | 8,4% | 5723 | 119% | 84% |
| Fejér | 61 323 | 8,4% | 5151 | 107% | 76% |
| Komárom-Esz- tergom | 55 242 | 8,4% | 4640 | 97% | 68% |
| Győr-Moson- Sopron | 50 904 | 8,8% | 4480 | 93% | 66% |
| Vonali átlag: | 55 090 | 8,6% | 4738 | 99% | 70% |

1. ábra: Az M1 autópálya napi nehéz forgalma 2015-ben (db/nap)



tehát a forgalom már csak az „eltűrhető” szolgáltatási szinten bonyolódhat le, ahol még van mintegy 30% tartalék. Ez a szolgáltatási szint azonban kedvezőtlen egy TEN-T hálózati elemen.

A 2015. évi (január – május közötti) adatokat elemezve a *hétvégi forgalom 20%-kal nagyobb az első öt hónap átlagos forgalmánál; a szombati átlagos nehéz forgalom nagysága viszont 39%-*

kal az öt hónap átlaga feletti. Így a forgalom alakulásának jelentős dinamikája miatt a forgalmi menedzsmentben a hétvégi forgalomra különös figyelmet kell fordítani (lásd az 1. ábrát).

Az elmúlt évek forgalmi jellemzőinek elemzése mellett a *forgalom fejlődésének, valamint a forgalom összetételének 2020-ig történő előrebecslését is tartalmaznak a vizsgálatok. Az előrebecslés*

2. táblázat: M1 autópálya, becsült forgalomfejlődési szorzók 2020 / 2014

| | ÁNF E/nap fejlődés 2020 / 2014 | ÁNF db/nap fejlődés 2020 / 2014 | nehéz jármű db/n fejlődés 2020 / 2014 |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| fejlődési szorzó 2020/ 2014 | 10,8% | 11,0% | 6,6% |

lineáris trend-illesztéssel készült külön-külön az összes Ejmű, az összes db és a nehéz forgalomra. Az előrebecslés a teljes vizsgált autópálya szakasz (M0 autóút – Hegyeshalom, országhatár) éves átlagos napi forgalmainak (ÁNF) az adott évre vonatkozó, részzszakaszhozhoz szerint súlyozott átlagértékből indult ki.

Az M1 autópálya forgalmának várható fejlődését 2014 és 2020 között a 2. táblázat mutatja be.

Az M1 autópálya forgalmi vizsgálatát kiegészítik az esetleges intézkedéseknél terelőútként használható *alternatív utak* (főutak és alsóbbrendű utak) részletes forgalmi elemzése és kapacitástartalék vizsgálata.

A forgalmi vizsgálatok keretében részletes elemeztük a *határon átlépő közúti forgalom legfontosabb relációit* a fő-korridorokon is, kiegészítve a határon átlépő forgalom legfontosabb relációival, különös tekintettel az M1 autópályára.

2.2. Baleseti vizsgálatok az M1 autópálya M0 és Hegyeshalom közötti szakaszára vonatkozóan

Az M1 autópálya 12+252 kmszelvénye és az országhatár (171+1414 kmsz) között 505 db, 2010.01.01. és 2014.12.31. között bekövetkezett személyi sérüléssel járó baleset adatait dolgoztuk fel. A baleseti adatokat a Win-bal 4.3. rendszer szolgáltatja.

A 2010–2015 közötti időszak baleseteinek elemzésével elkészített részletes *baleseti vizsgálatok* magukba foglalták a balesetek megoszlá-

sát balesettípusok szerint, a balesetek kimenetele szerint számított relatív baleseti mutatókat, a balesetsűrűség és a balesetek gyakoriságának elemzését.

2010 és 2014 között, 5 év alatt összesen 505 db személyi sérüléssel regisztrált baleset történt⁵; ebből 31 db halálos, 166 db súlyos sérülést, 308 db könnyű sérülést okozó. A balesetek következtében 39 ember meghalt, 255 súlyosan és 689 személy könnyebben megsérült. A leggyakoribb balesetek az azonos irányba haladó járművek balesetei, a balesetek többsége, 51,7%-a tartozik ide. A balesetek másik nagy csoportját a pályaelhagyás, illetve szilárd tárgynak ütközés alkotta balesettípus adja, ami a balesetek 42%-át jelenti. Számos várakozó járműnek ütközés és gyalogoselütés történt (11, illetve 12 eset), amelyek ugyan az eseteknek csak 4,6%-át teszik ki, de a kimenetek felében halálos áldozatot követeltek (ld. 3. táblázat).

Az egyes kimenetek szerint számított *relatív baleseti mutatókat* vizsgálva megállapítható, hogy az országos átlagot kétszeresen is meghaladó, legmagasabb relatív halálos baleseti mutatójú szakaszok az 55+600 és 66+500 kmsz. között, illetve a 141+900 – 165+500 kmsz. között található. Nagy a könnyű sérüléssel járó balesetek relatív sűrűsége az M7 elválasztási csomópont és az M0 közötti szakaszon, illetve a gönyüi csomópont és a 82-es úttal alkotott csomópont között (101 és 119 sz. csp.).

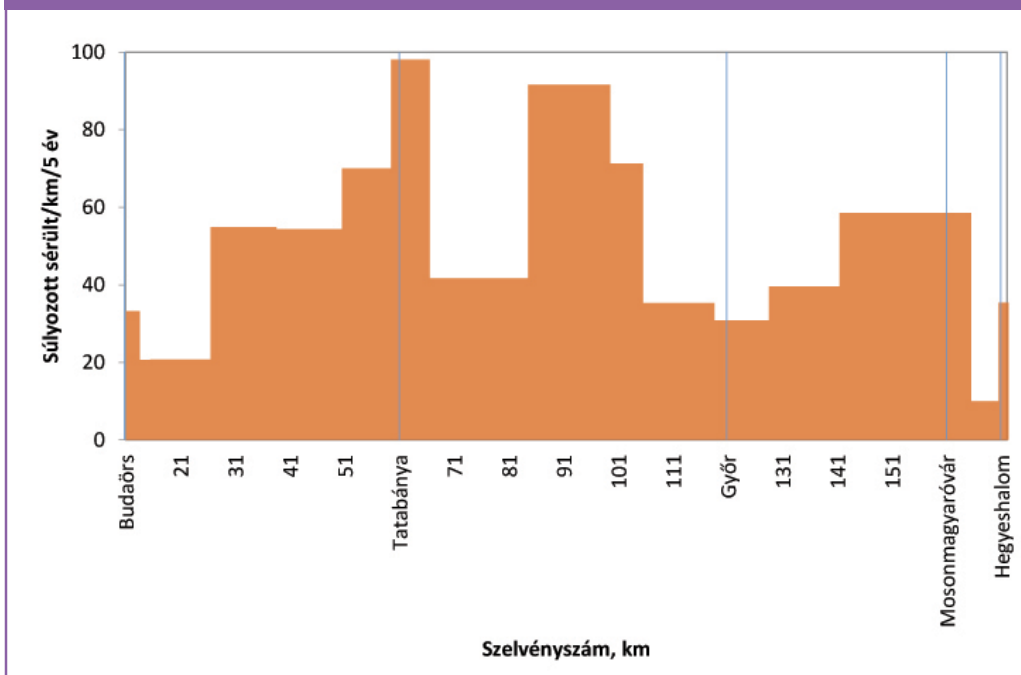
Kiugróan nagy a *súlyozott sérültszámra vetített balesetsűrűség* Tatabánya – Tata között (61. és 67. sz. csomópontok között, 98 sérült/km/5 év) és a komáromi és gönyüi csomópontok között (85. és 101. sz. csomópontok között, 92 sérült/km/5 év). Magas, 50 súlyozott sérült/km/5 év

5 Elfogadott tény, hogy nem csak az anyagi kárral járó, hanem akár a súlyos sérüléssel járó balesetek sem kerültek mind bejelentésre. Igen nagy a nem regisztrált balesetek aránya különösen a könnyű sérüléssel járó baleseteknél (2-3-szorosa a bejelentetteknek) és a csak anyagi káros baleseteknél (akár hatszoros eltérés). [9]

3. táblázat: Az M1 autópálya balesetei 2010 és 2014 között, a baleset típusa szerint

| Baleset típusa | db | % |
|--------------------------------------------|------------|--------------|
| Ütközés sávváltás, v. előzés közben | 31 | 6,1 |
| Utoléréses baleset | 163 | 32,3 |
| Egyéb azonos irányba haladó baleset | 67 | 13,3 |
| Szembe haladó járművek | 5 | 1,0 |
| Várakozó járműnek ütközés | 11 | 2,2 |
| Pályaelhagyás, v. szilárd tárgynak ütközés | 216 | 42,8 |
| Gyalogos elütés | 12 | 2,4 |
| Összesen: | 505 | 100,0 |

2. ábra: Súlyozott balesetsűrűség az M1 autópályán, 2010-2014. évi baleseti adatok alapján



balesetsűrűség feletti értéket találunk még Herceghalom és Tatabánya között (27. és 61. sz. csp. között), a Győrt elkerülő szakaszon, illetve a lébényi és az M15 elválási csomópont között (142. és 166. sz. csp. között) (lásd a 2. ábrát).

Az egyes kimenetek szerint számított *relatív baleseti mutatókat vizsgálva* megállapítható, hogy az országos átlagot kétszeresen is meghaladó, legmagasabb relatív halálos baleseti muta-

tóji szakaszok az 55+600 és 66+500 kmsz. között, illetve a 141+900 – 165+500 kmsz. között találhatók.

2.3. Forgalmi torlódások vizsgálata az M1 autópálya M0 és Hegyeshalom közötti szakaszára vonatkozóan

A forgalmi torlódások elemzése magába foglalta az okok, a torlódás időtartama és hossza szerin-

3. ábra: Torlódások előfordulásának sűrűsége az M1 autópályán, 2010-2015



ti, továbbá a napszakok, a hét napjai és a hónapok szerinti elemzéseket.

Eszerint a forgalmi torlódások közel *kétharmada baleset következtében* alakul ki, 25%-a pedig útépítési munkák, azaz időszakos *kapacitáscsökkenés* miatt. Leggyakoribbak a torlódások a délelőtti órákban, a csütörtöki és a pénteki napokon.

Torlódás leggyakrabban a törökbálinti és a bicskei csomópont közötti szakaszon, a bal pályán alakul ki, de gyakori a torlódás Törökbálint és Bicske között a jobb pályán is, illetve a bicskei és tatai csomópont között a bal pályán (lásd 3. ábra).

2.4. A 2014. évi baleseti és torlódási adatállomány összevetése

A vizsgálatnál 111 db személyi sérüléses baleset és 129 db torlódás adatait vettük számításba.

A megvizsgált, személyi sérüléssel járó balesetek közül 20 esetnek találtuk nyomát a torlódások adatbázisában, a baleset helyszíne és időpontja alapján egyeztetve az eseményeket. A 20 db, személyi sérüléssel járó és torlódást okozó baleset közül 2 db halállal, 8 db súlyos és 10 db könnyű sérüléssel végződött. A baleset típusa 15 esetben utoléréses, négy pályaelhagyásos és egy álló járműnek ütközés volt.

A 129 db torlódás feljegyzés közül 24 eset áll összefüggésben a 20 db kiszűrt balesettel. Valószínűsíthető, hogy a torlódások adatbázisában nagy arányban csak anyagi káros, illetve másodlagos balesetek is szerepelnek

A 2014. évi balesetek és a torlódások közötti összefüggések vizsgálata az alábbi összefoglaló eredményekre vezetett:

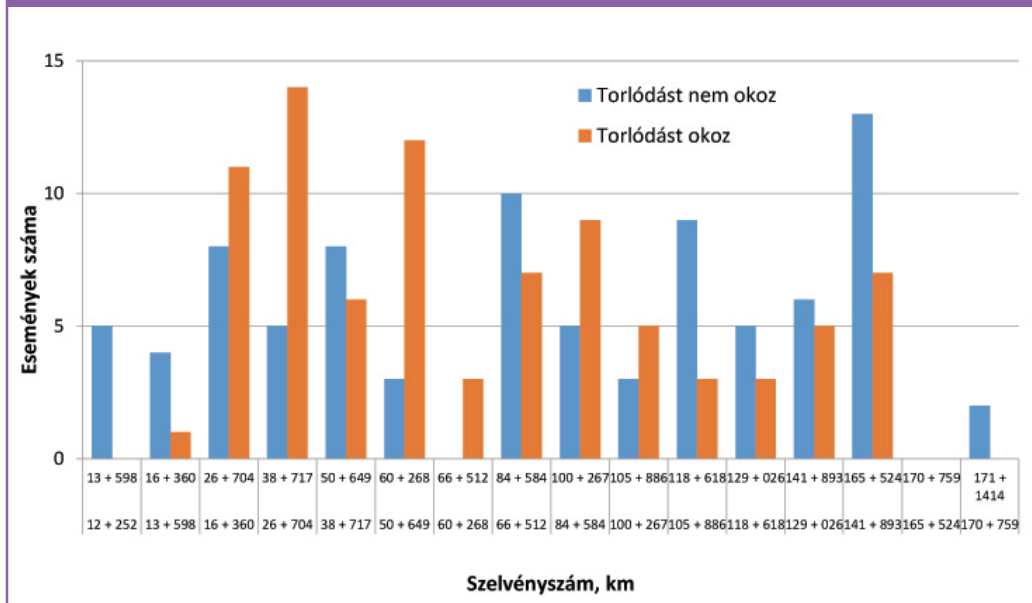
- a *személyi sérüléses* balesetek csupán 18%-a okozott torlódást (időtartamuk átlagosan 2,5 óra, hosszuk átlagosan 3,8 km);
- a személyi sérüléssel *nem járó baleset* idézte elő a torlódások mintegy 55% -át (időtartamuk átlagosan 2,0 óra, hosszuk átlagosan 3,6 km).
- a személyi sérüléssel járó és a torlódást okozó anyagi káros balesetek előfordulásának helye, térbeli eloszlása elkülönül.

A 4. ábra ad áttekintést a torlódást nem okozó és torlódást okozó balesetek megoszlásáról az M1 autópályára vonatkozóan.

2.5. Egyéb előkészítő vizsgálatok

A forgalmi menedzsment tervek szükséges intézkedéseinek tervezéséhez a *rendelkezésre álló infrastruktúrák áttekintése* is szükséges volt, a következők szerint.

4. ábra: Torlódást nem okozó és torlódást okozó balesetek megoszlása az M1 autópályán 2014-ben



A nehéztehergépjármű-forgalom esetleges korlátozásának lehetősége miatt az M1 autópálya (illetve a kapcsolódó M15 autótút mentén) 5 km-es környezetében a *tehergépjármű elhelyezési lehetőségek* és a szükség esetén igénybe vehető többletparkoló-felületek felmérésére is sor került.

Az M1 autópálya *forgalomszabályozó és információs rendszerei eszközeinek* (monitoring eszközök: forgalomszámláló állomások, forgalomfigyelő kamerák / webkamerák), valamint a változtatható felirati tartalmú jelzések (VJT) áttekintését az tette szükségessé, hogy a bevezetendő intézkedésekhez estelegesen újabb eszközök / jelzések telepítése lehet indokolt (a részletes tervezés erre is kitért).

3. AZ M1 AUTÓPÁLYA FORGALMI MENEDZSMENTJÉBEN ALKALMAZOTT STRATÉGIÁK ÉS INTÉZKEDÉSEK

3.1. A tervezés során figyelembe vett szcenáriók áttekintése

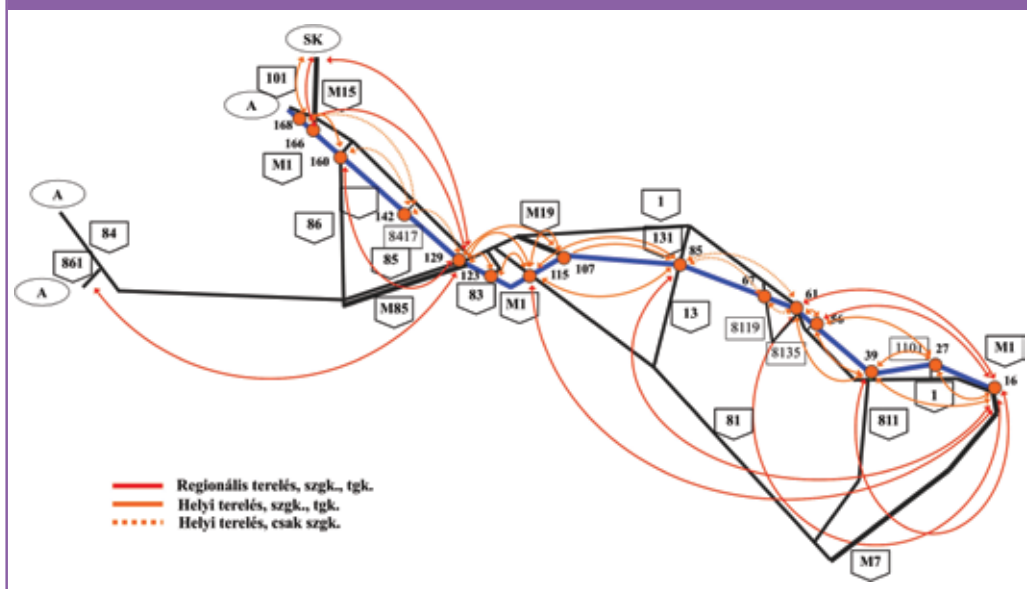
Az elvégzett részletes forgalmi és baleseti elemzések, a torlódásvizsgálatok, valamint

a terelőútként rendelkezésre álló úthálózat vizsgálata alapján a forgalmi menedzsment tervben az alábbi *szcenáriók* figyelembevétele javasolt:

- 1. *szcenárió*: az M1 autópálya forgalomterelési megoldásai a jobb pályán Hegyeshalom irányában *szakasz vagy csomópont kiesése* (baleset vagy más ok miatt) esetén;
- 2. *szcenárió*: az M1 autópálya forgalomterelési megoldásai a bal pályán Budapest (M0) irányában *szakasz vagy csomópont kiesése* (baleset vagy más ok miatt) esetén;
- 3. *szcenárió*: az M1 autópálya regionális forgalomterelési megoldásai a jobb pályán Hegyeshalom irányában *torlódás vagy kedvezőtlen időjárás* esetén;
- 4. *szcenárió*: az M1 autópálya regionális forgalomterelési megoldásai a bal pályán Budapest (M0) irányában *torlódás vagy kedvezőtlen időjárás* esetén.

A jobb és a bal pályán minden egyes helyi és regionális forgalomterelésnél külön-külön szükséges vizsgálni a tehergépjármű-forgalom, és a személygépjármű-forgalom terelési lehetőségeit. Az eredmény összefoglaló áttekintését adja az 5. ábra.

5. ábra: Az M1 autópálya forgalomterelési lehetőségeinek áttekintése



Az M1 autópályára vonatkozóan az 5. ábrán rögzített *minden egyes forgalomterelési lehetőség esetére* meghatározásra került az autópályán (terelés nélkül), ill. az alternatív utakon (terelések esetében) megtett úthosszak, a torlódásban töltött várakozásnak az a *küszöbértéke* ($t_{kúszöb}$), amely felett társadalmi költségek alapján már gazdaságos lehet a forgalomterelés életbe lépése.

3.2. A szcenáriókhoz kapcsolódó cselekvési terv: a stratégiák intézkedési szintjei

Az M1 autópálya forgalmi menedzsmntje során az egyes rögzített szcenáriók esetében a *beavatkozási szintek* a következők:

– „0” szint: beavatkozás szintje: csak információadás

A beavatkozást igénylő esemény leírása:

- torlódás vagy kedvezőtlen időjárás az autópályán; a torlódás fennállása nem éri el a rögzített *küszöbértéket*, és az időjárás viszonyok sem tesznek szükségessé terelést.

A szükséges kommunikáció szintjei:

- a járművezető tájékoztatása (VJT, utazási információs rendszerek),

– az osztrák útüzemeltető (ASFINAG) tájékoztatása.

– „1” szint: beavatkozás szintje: lokális / regionális terelés + információadás

A beavatkozást igénylő esemény leírása:

- torlódás vagy kedvezőtlen időjárás az autópályán; a torlódás fennállása eléri a rögzített *küszöbértéket*, és az időjárás viszonyok lokális / regionális terelést tesznek szükségessé.
- veszélyhelyzet (baleset, lezárás, egyéb ok) miatt egy-egy autópálya-szakasz vagy csomópont kiesése, emiatt forgalomterelés szükséges egy-egy szakaszon, ill. csomópontban.

A szükséges kommunikáció szintjei:

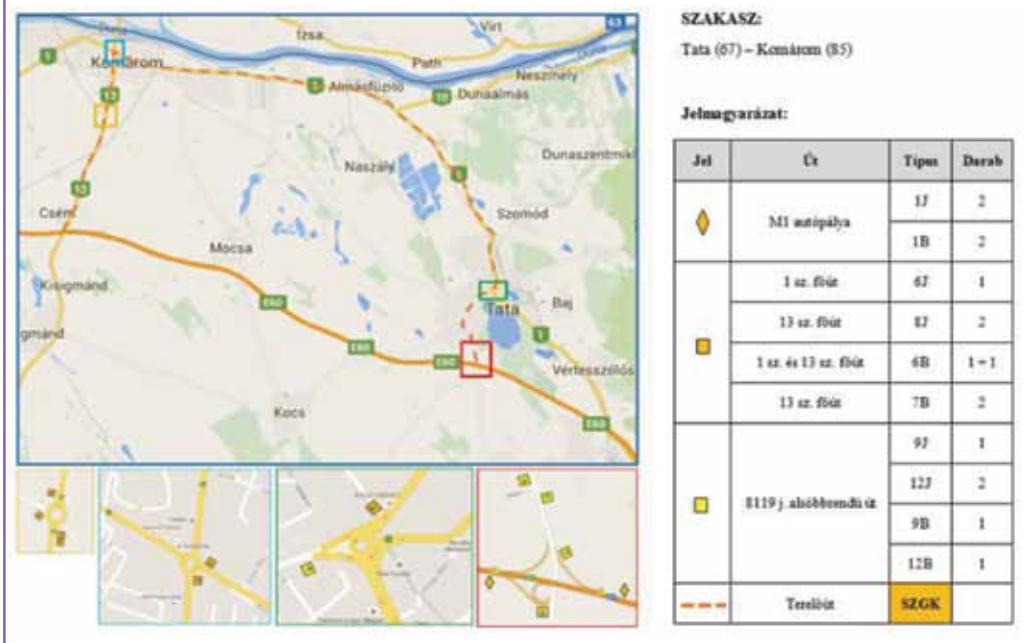
- a járművezető tájékoztatása (VJT, utazási információs rendszerek).
- az osztrák útüzemeltető (ASFINAG) tájékoztatása.

– „2” szint: beavatkozás szintje: több csomópontot érintő terelés (határon átnyúló intézkedéssel) + információadás

A beavatkozást igénylő esemény leírása:

- torlódás vagy kedvezőtlen időjárás az autópályán; a torlódás fennállása eléri a rögzített *küszöbértéket*, és az időjárás viszonyok *lokális / regionális* terelést tesznek szükségessé.

6. ábra: Részletes forgalmi menedzsment terve az M1 autópálya Tata – Komárom közötti szakaszára



– veszélyhelyzet (baleset, lezárás, egyéb ok) miatt hosszabb autópálya-szakasz vagy több csomópont kiesése, emiatt több csomópontot érintő *regionális* forgalomterelés szükséges, ill. *határon átnyúló* intézkedés szükséges.

A szükséges kommunikáció szintjei:

- a járművezető tájékoztatása (VJT, utazási információs rendszerek).
- az osztrák útüzemeltető (ASFINAG) tájékoztatása, együttműködés az Együttműködési Megállapodás (MoU) szerint.

Az életbe léptetett egyes forgalomterelések megszüntetése a mindenkori veszély megszűnése után közvetlenül történik (adott esetben az érintett/illetékes szervezetekkel közös döntés alapján).

4. RÉSZLETES FORGALMI MENEDZSMENT TERVEK AZ M1 AUTÓPÁLYÁN

Az elkészített tanulmány – az egyes szcenáriók szerinti bontásban – javaslatot ad az M1 autópálya részletes forgalmi menedzsment tervére; bemutatva a forgalom végigvezetését az alternatív úthálózaton, javaslatot adva a szükséges jelzésekre (változtatható jelzéstartalmú közúti jelzőtáblák és

statikus táblák) és érzékelőkre, valamint az esetleges egyéb forgalomtechnikai beavatkozásokra.

Az M1 autópálya részletes forgalmi menedzsment terve a forgalomterelésre alkalmas csomópontok között összesen *tizennégy szakaszra elkészített résztervet* foglal magába, amelyek tartalmazzák a szakaszokra bontást a forgalomterelési lehetőségeknek megfelelően az előzetesen elkészített elemző vizsgálatok eredményeinek figyelembevételével.

Minden szakaszon feltüntetjük az adott szakaszon alkalmazott terelőutat, továbbá bemutatásra kerül a szakasz kezdő csomópontjának, valamint a terelőút forgalomtereléséhez szükséges csomópontjainak, kereszteződéseinek részletes rajza. A szakaszok végsomópontja mindig a következő szakasz kezdő csomópontjaként kerül feltüntetésre (kivével az M15 autópálya és a Hegyeshalom-oroszhatár közötti szakasz). A részletes csomóponti ábrákon jelennek meg az adott helyeken alkalmazott terelőtáblák egyszerűsített rajzai, három fő csoportra (autópálya, főút, alsóbbrendű út terelőtáblái). A terelőtáblák pontos helyét, típusát és darabszámát a térképek melletti táblázat tartalmazza.

Az elkészült részletes tervek egy példáját a 6. ábra mutatja be.

5. AZ M1 AUTÓPÁLYÁRA JAVASOLT FORGALMI MENEDZSMENT TERV EGYSZERŰSÍTETT GAZDASÁGOSSÁGI VIZSGÁLATA

Az M1 autópályára javasolt forgalmi menedzsment tervre készített *egyszerűsített gazdaságossági vizsgálat* magába foglalja az autópálya lehetséges terelőútjainak gazdaságossági vizsgálatát (az egyes tereléseknél alkalmazott *küszöbérték* ($t_{\text{küszöb}}$) meghatározásának módszerét); a *költségek* és a forgalmi menedzsment alkalmazása melletti *becsült haszonértékek* bemutatását.

A terelőút hosszúk gazdaságosságának számításához olyan alaphelyzetből lehet kiindulni, amikor a forgalmi zavar miatt az autópályán jelentős várakozási idő alakul ki, és a terelés egy jelentősebb hosszúságú autópálya szakasz elkerülését szolgálja. A számítások ebben az esetben az időköltséget és az üzemköltséget tartalmazzák.

Az elvégzett vizsgálatok szerint (a VJT táblák 10 éves üzemelésével számítva) a várható társadalmi hasznok meghaladják a létesítés és az üzemeltetés várható költségeit, tehát *10 év alatt a beruházás közzgazdasági értelemben megtérül.*

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Dr. Lindenbach Ágnes, et al.: „CROCODILE forgalmi menedzsment tervek”, tanulmány, Budapest, 2015.

- [2] „Együttműködés a forgalomirányításban és a forgalmi információs cseréjében”, Együttműködési megállapodás, 2014.
- [3] EasyWay TMS-DG07 „Traffic Management Plan for Corridors and Networks” Alkalmazási Útmutató, 2012. november
- [4] EasyWay TMS-DG07 „Traffic Management Plan for Corridors and Networks” Alkalmazási Útmutató, 2014. december
- [5] Dr. Lindenbach Ágnes: „Stratégia az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások hazai fejlesztéséhez I. rész: Az intelligens közlekedési rendszerek aktuális tendenciái, kiemelt jelentőségű stratégia dokumentumok, prioritással rendelő alkalmazási területek”, Közúti és Mélyépítési Szemle, Budapest, 58. évfolyam, 9. szám, 2008. szeptember, 1–8. p.
- [6] Dr. Lindenbach Ágnes: „Stratégia az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások hazai fejlesztéséhez II. rész: Az intelligens közlekedési rendszerek további prioritással rendelő alkalmazási területei”, Közúti és Mélyépítési Szemle, Budapest, 58. évfolyam, 10. szám, 2008. október, 18–29. p.
- [7] Dr.-habil Lindenbach Ágnes: „Európai tendenciák és együttműködés az ITS rendszerek területén – hazai eredmények és kihívások”, Ütügyi Lapok, 6. szám, 2015. ősz, 2015. december 7., p. 12.
- [8] „Traffic Management Plan (TMP) for the borders Austria/Hungary/Slovakia”, tervezet, 2015.
- [9] Bickel, P. et al.: Deliverable 2: State-of-the-art in project assessment, HEATCO Germany, 2005. Németország



Traffic management plan to handle unexpected events taking place on the M1 motorway between the M0 and the Hegyeshalom border

The study – broken down by various scenarios – gives a detailed proposal for the traffic management plan of the M1 motorway. It demonstrates how the traffic can be directed towards an alternative route, and proposes the required signals (variable message signs and static signs) and sensors as well as any other traffic engineering interventions.



Verkehrsregelungsplan für die Behandlung von unerwarteten Ereignissen an der Autobahn M1 zwischen M0 und dem Grenzübergang in Hegyeshalom

Die Studie – aufgeschlüsselt nach verschiedenen Szenarien – gibt einen detaillierten Vorschlag für die Traffic-Management-Plan von der Autobahn M1. Es zeigt, wie der Verkehr in Richtung einer alternativen Route geleitet werden kann, und gibt auch einen Vorschlag für die erforderlichen Signale (Wechselverkehrszeichen und statische Zeichen) und Sensoren sowie für alle andere mögliche verkehrstechnische Interventionen.

Közlekedésbiztonság – Közlekedési környezetvédelem

Hamza Zsolt – Hóz Erzsébet – Dr. Török Árpád
e-mail: hamza.zsolt@kti.hu, hoz.erszebet@kti.hu, torok.arpad@kti.hu

M2-es autóút közúti biztonsági felülvizsgálata (KBF) 1. rész

Az elmélet és annak gyakorlati megjelenítése, a konkrét vizsgálatok elvégzése nagy jelentőséggel bír, különösen akkor, ha a közlekedésbiztonságot növelő megállapításokra lehet jutni, illetve azokat valóra váltó konkrét intézkedések is követik.

1. A KÖZÚTI BIZTONSÁGI FELÜLVIZSGÁLAT SZEREPE, JELENTŐSÉGE

A 176/2011 (VIII.31) Kormányrendelet 6. paragrafusa előírja, hogy a közút kezelője köteles elvégezni a közutakra vonatkozó biztonsági felülvizsgálatokat a forgalmi rend felülvizsgálatával egyidejűleg.

A közúti infrastruktúra biztonságának növelése érdekében tehető egyik legfontosabb lépés ezeket a vizsgálati anyagokat és azok eredményeit megismertetni a szakemberekkel, hogy láthatóvá váljon az egyes kialakítások (építési, forgalomtechnikai) hatása a biztonságra. Ezek ismerete nélkül ugyanis az auditok csak feltételezéseken alapulhatnak. A valós, objektív tényadatokra támaszkodó közlekedésbiztonsági felülvizsgálatok tapasztalatai jelenthetik az auditorok továbbképzési anyagaikat. Ugyanilyen fontos az egyes utak, kialakítások biztonsági szintjét egymással is összevetni, hiszen csak önmagában vizsgálva egy útvonalat téves következtetésre juthatunk. Ez utóbbi elkerüléséhez a kormányrendelet másik része, a közlekedésbiztonsági rangsor adhatna megbízható támpontot, amelyet évente célszerű elvégezni. A rendelet egyes részei kapcsolatban vannak egymással, de az elméleti szükségességük és a gyakorlati alkalmazásuk még távol van egymástól.

A 2008/96/EC irányelv által előírt közúti biztonsági vizsgálatok módszertanát a hazai kormányrendeletben részletesen nem rögzítették. Az irányelv szerkezeti sajátosságai és az alkalmazott fogalmi eszközök alapján a vizsgálati módszerek keretei és összefüggései pontosan meghatározhatók, azonban ez egy önálló, kiterjedt és részletes szabályozási, mérnöki és gazdasági kérdéseket vizsgáló kutatás tárgyát képezi.

Jelen cikk nem kísérli meg az irányelv szerkezeti sajátosságaiból és az alkalmazott fogalmi eszközökből egyértelműen következő vizsgálati módszerek definiálását, hanem bemutat egy, a közúti biztonsági felülvizsgálatra alkalmazható módszert, amely összhangban van a környező országokban és hazánkban eddig alkalmazott közlekedésbiztonsági vizsgálati módszerrel. Itt meg kell említenünk, hogy jelenleg a Magyar Közút Zrt. végzi a hazai hálózat felülvizsgálatát, amelynek módszertani kereteit Dr. Mocsári Tibor és Nagy Zoltán állították össze. Jelen vizsgálatot a hazánkban alkalmazott eljárástól függetlenül alakították ki, elsősorban a jogszabályi háttér által meghatározott feladatokra alapozva.

A hazai közúti biztonsági felülvizsgálatok lényegi eleme, hogy a megtörtént balesetek elemzésével rávilágítanak a kockázatokat rejtő vagy rejthető helyszínekre, út és környezeti kialakításokra. A következtetések nem feltételezéseken alapulnak, hanem a valóság feltárásán. A vizsgálatok során lehetőségünk van elemezni az egyes úthasználók közlekedését, amikor balesetet szenvedtek, és azonosítani azokat a góchelyeket és szakaszokat, valamint veszélyes helyeket, amennyiben azok jövőbeni balesetek bekövetkezésének kockázatát hordozzák.

2. NEMZETKÖZI KITEKINTÉS, MÓDSZERTAN

A közúti biztonsági felülvizsgálat módszertanának felépítésére vonatkozó fejlesztési javaslataink megfogalmazása előtt áttekintjük a Csehországban és Ausztriában alkalmazott felülvizsgálati módszerek fontosabb jellemzőit.

A **cseh módszer** strukturáltsága alacsonyabb szintű, mint az osztráké, mivel a fő hangsúlyt a vizsgált útszakasz kialakításával kapcsolatos közlekedésbiztonsági jellemzőkre helyezi. Emellett nem vizsgálja a baleseti adatokat, tekintve, hogy a balesetek kialakulásában egyéb infrastruktúra-független tényezők is jelentős szerepet játszanak, illetve a már bekövetkezett balesetek elemzése hozzájárulhat az olyan veszélyes helyek figyelmen kívül hagyásához, amelyek addig még nem voltak baleseti helyszínek.

A cseh módszertan első fejezetében, a bevezetésben az adott felülvizsgálathoz kapcsolódó sajátos jellemzőket mutatják be, megemlítve a felülvizsgálatot végző szakemberek nevét, a felülvizsgálat dátumát, illetve a felhasznált háttéranyagokat. A cseh módszertan második fejezetében kerül sor a felülvizsgálat szakmai részleteinek ismertetésére. Ez a fejezet magában foglalja a helyszín bemutatását, az útszakasz hosszát, az útkategória, a jellemző útkörnyezet, illetve a járműkategóriánkénti forgalomnagyságok ismertetését. Ezután következik a vizsgált útvonal alszakaszokra bontása, figyelembe véve a bemutatott jellemzőket (útkategória, jellemző útkörnyezet, járműkategóriánkénti forgalomnagyságok). Az utolsó lépésben valósul meg a biztonsági felülvizsgálat, amely tartalmazza az útszakasz biztonsági hiányosságainak értékelését, valamint a problémák megoldására vonatkozó javaslatokat.

Az **osztrák módszertan** az elemzés előtt táblázatosan rögzíti a vizsgált útszakasz legfontosabb jellemzőit, mint például az útszakasz hosszát és jellemző sávszámát, a jellemző sebességet, a járműkategóriánkénti forgalomnagyság-értékeket, valamint bemutatják a fontosabb csomópontokat. A bevezetésben az adott felülvizsgálathoz kapcsolódó fontosabb műszaki, demográfiai és földrajzi jellemzőket szövegesen leírják, megemlítve az érintett települések lakosság számát, a fontosabb környező hálózati elemeket, a jelentősebb környékbeli forgalomvonzó létesítményeket, a vonalvezetést, az útkialakítást, valamint a fontosabb csomópontok jellemzőit. Rövid szöveggel összefoglalják az út menti létesítmények helyzetét, és ismertetik a forgalmi viszonyokat. A következőkben a baleseti adatokat tárgyalják évenként, irányonként, kimenetel, típuscsoport, járműkategória, látási, időjárási viszonyok szerint megkülönböztetve, magába foglalva az útszakasz baleseti és forgalmi adatait együtt, valamint az útkialakítás szerinti szakaszolását. Ismertetik a felülvizsgálat eredményeit, táblázatosan bemutatva a rögzített közlekedésbiztonsági problémákat, a megoldásukra vonatkozó javaslatokat, valamint a probléma közlekedésbiztonsági jelentőségét, az érvényességi időtartamukat (rövid, közép-, hosszú távon alkalmazható az adott megoldási javaslat). A továbbiakban az előzőekben táblázatosan már ismertetett közlekedésbiztonsági problémák közül a kritikus közlekedésbiztonsági relevanciával rendelkező helyszíneket ismertetik. Végül összegzik a fontosabb, illetve általános érvényű eredményeket.

A bemutatott országok módszertani megközelítései abban térnek el egymástól, hogy a cseh módszertan figyelmen kívül hagyja a megtörtént balesetek tényét, az osztrák nem. A hazai gyakorlat az osztrákhoz áll közelebb.

A következőkben bemutatjuk a vizsgált nemzetközi módszerek és a már működő hazai gyakorlat alapján javasolható új módszertani elemek alkalmazási lehetőségét az M2-es autótúlpéldáján keresztül. Ezzel a módszertannal készült a 2+1-1+2 sávós projektben a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. (KTI) által végzett megalapozó kutatások és vizsgálatok keretében

három autót (M15, M2, M70) közlekedésbiztonsági felülvizsgálata is. Ez a cikk részben e vizsgálati anyag felhasználásával készült.

A módszertan első eleme az alapadatok összefoglalása (elhelyezkedés, kiterjedés, forgalmi adatok, összetétel, funkció stb.) Ezt követően a kiterjesztett baleseti ponttérkép segítségével a baleseti adatok irányonkénti vizsgálatát, majd a baleset-sűrűsödési helyek és szakaszok azonosítását végezzük el. A következő lépésben értékeljük a baleset-sűrűsödési helyek, szakaszok részletes térkép alapú elemzését, valamint kollíziós diagram szerkesztését, – amennyiben az eszközök és az alapadatok rendelkezésre állnak –, illetve a baleset-sűrűsödési hely vagy szakasz sebességeloszlásának vizsgálatát. A vizsgálat utolsó lépése a baleseti adatok vagy a helyszíni kialakítás alapján veszélyesnek ítélt helyek, szakaszok részletes, képekkel illusztrált elemző-értékelése.

3. KIÉPÍTETTSÉG, ALAPADATOK

A távlati M2-es autópálya kiépítettségéből jelenleg fél pálya készült el Budapest és Vác között, és gyorsforgalmi útként, autópályaként üzemel. Csupán az M0-ás északi szakaszától (amely korábban 2/A és 2/B elnevezésekkel bírt) Dunakesziig tartó rövid szakasz 2x2 sávós. A Váctól északra folytatódó nyomvonal még egyeztetés tárgyát képezi, amely a tervek szerint a Vác – Rétság – Nagyoroszi – Hont – országhatár útvonalon haladna. Az autópályája része az E77-es európai útvonalnak.

Jelenlegi kiépítésében a jellemzően 1+1 forgalmi sávós autópályát, a leendő M2-es autópálya jobb pályáján fut. Az M0-ás autópályához kapcsolódóan nagyjából 4 km-es szakaszon osztott-pályásan, 2x2 sávval épült ki, emellett nagyjából 3 km-es szakaszon (megszakításokkal) kapaszkodó sávot alakítottak ki (a töredéket 2+1-es kialakítás jellemzi). A teljes útvonal 32 km, 10 db külön szintű csomóponttal.

A forgalmi adatok, alapadatként a nemzetközi példák szerint is kiemelten fontos részét képezik a vizsgálatnak. Jelen esetben ettől eltekintünk, mivel a forgalomnagyságra vetített kockázati értékek figyelembevétel nem módosulna döntő mértékben a legveszélyesebb szakaszok köre.

4. ÖSSZEGZETT BALESETI ADATOK

Az M2-es autópályán baleseti helyzetét, a 2010-2012-ig terjedő időszakban bekövetkezett baleseteket vizsgálva mutatjuk be. A baleseti adatok csoportosításához szükséges szűréseket a WINBAL szoftver segítségével végeztük el. A baleseti adatok **irányonkénti** értékelése nem növelte számottevő mértékben a vizsgálat hozzáadott értékét, így a baleseti adatokat összevonva is ismertethetnénk. Tekintettel azonban arra, hogy az infrastruktúra irányonkénti megkülönböztetése számos esetben jelentős szerepet játszhat a valós közlekedésbiztonsági problémák azonosításában, ezen módszertani alapokhoz igazodva, irányonként ismertetjük a baleseti adatokat.

Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy a balesetet okozó haladási iránya szerinti csoportosítást alkalmazva a balesetben résztvevő személyek közel 60%-a olyan balesetben sérül meg, ahol az okozó Budapest felől Vác felé halad.

1. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek száma; okozó haladási iránya szerinti csoportosítás (1-es irány: Budapest-Vác, 2-es irány: Vác-Budapest)

| Sérültek | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|------------|------|------|------|----------|
| 1-es irány | 27 | 13 | 17 | 57 |
| 2-es irány | 14 | 12 | 14 | 40 |
| Összesen | 41 | 25 | 31 | 97 |

A 2. táblázat az M2-es autópályán történt balesetek sérültjeinek számát tartalmazza évente, kimenetel szerint csoportosítva. A 32 km hosszú útszakaszon a balesetekben a vizsgált 3 év alatt összesen 97 személy sérült meg, közülük 13 halálos, 30 súlyos és 54 könnyű sérülést szenvedett.

2. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek sérültjeinek száma; a sérültek számát a kimenetel szerint csoportosítva

| Sérültek | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1-es irány | | | | |
| Halálos | 5 | 2 | 4 | 11 |
| Súlyos | 6 | 3 | 11 | 20 |
| Könnyű | 16 | 8 | 2 | 31 |
| Összesen sérült 1-es irány | 27 | 13 | 17 | |
| 2-es irány | | | | |
| Halálos | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Súlyos | 5 | 2 | 3 | 10 |
| Könnyű | 8 | 9 | 11 | 12 |
| Összesen sérült 2-es irány | 14 | 12 | 14 | |
| Összesen | 41 | 25 | 31 | 97 |

A 3. táblázatban a baleseteket típuscsoportok szerint elemeztük. Fontos kiemelni, hogy **az azonos irányba haladó járművek (100-as típuscsoport), a szembe haladó járművek részvételével (200-as típuscsoport) történt balesetek, továbbá a magános járműbalesetek (990-es) több mint 90%-át teszik ki az M2-es autópályán történt baleseteknek.** A fentiekben bemutatott baleseti típuscsoportok az összes hazai baleset 39,5%-t tették ki, ami arra utal, hogy e típuscsoportok az M2-es autópályán a hazai átlaghoz viszonyítva közlekedésbiztonsági szempontból nagyobb problémát jelentenek.

A 4. táblázatban az M2-es autópályán történt baleseteket az okozó járműve szerint csoportosítottuk. A szűrést ebben az esetben is a WINBAL szoftver segítségével végeztük el.

Az 5. táblázat a balesetek látási viszonyok szerinti csoportosítását tartalmazza. **A balesetek harmada szürkületben vagy éjszaka történt.** A forgalomlefolyásra vonatkozóan nem áll rendelkezésre részletes adat, azonban a forgalomhoz viszonyítva feltételezhetően nagy a szürkületben vagy éjszaka történt balesetek aránya.

A 6. táblázat a balesetek számát időjárási viszonyok szerinti csoportosításban tartalmazza.

5. BALESETSŰRŰSÖDÉSI HELYEK

A baleset-sűrűsödési helyek azonosítását egy német vizsgálati anyag módszertana szerint végeztük el, ami azt jelenti, hogy ha három év alatt egy 1000 méteres útszakaszon **legalább két** súlyos vagy halálos baleset történt, akkor az balesetveszélyes. A hazai gócszakaszok definíciójával szemben, ahol egy **1000 méter hosszú szakaszt** gócgyanús helynek tekintünk, amennyiben 3 év alatt **legalább négy** személysérüléssel baleset történt. A német módszer szigorúbb. Az elmúlt években hazánkban elsősorban a góchelyek keresése folyt (góchely hazai definíciója lakott területen kívül: 1 év alatt 300 méteren belül legalább 3 baleset, vagy 2 év alatt 6 baleset). Az útszakaszok esetén véleményünk szerint elsősorban gócszakaszokat célszerű keresni, csak másodsorban góchelyeket. Vannak útszakaszok, ahol nem is jellemző a gócpontok kialakulása, miközben az egész út balesetveszélyes. Ilyen volt például a 2000-es években a 81. sz. vagy a 36. sz. főút. Ez azonban alapvetően a közlekedésbiztonsági rangsorok készítésénél kellene, hogy kiderüljön, amelyek nem készülnek.

3. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek száma típuscsoportok szerinti bontásban

| Baleset típusok | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1-es irány | | | | |
| Azonos irányba haladó járművek összeütközése [100] | 1 | 2 | 3 | 6 |
| Szembe egyenesen haladó járművek összeütközése [200] | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Azonos irányba haladó, kanyarodó járművek összeütközése [300] | 1 | | | 1 |
| Szembe haladó, kanyarodó járművek összeütközése [400] | | | 1 | 1 |
| Álló járművek ütközései [700] | | | 1 | 1 |
| Magános járműbalesetek [990] | 5 | 1 | 1 | 7 |
| Egyéb balesetek [999] | 1 | | | 1 |
| Gyalogos elütése [1000] | 1 | | | 1 |
| Össz balesetek az 1-es irányban | 13 | 7 | 10 | 30 |
| 2-es irány | | | | |
| Azonos irányba haladó járművek összeütközése [100] | 3 | 2 | 3 | 8 |
| Szembe egyenesen haladó járművek összeütközése [200] | 2 | 1 | 2 | 5 |
| Magános járműbalesetek [990] | 4 | 1 | 5 | 10 |
| Gyalogos elütése [1000] | | 1 | | 1 |
| Össz balesetek az 2-es irányban | 9 | 5 | 10 | 24 |
| Összes | 22 | 12 | 20 | 54 |

4. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek száma; érintett járművek típusa okozók szerint csoportosítva

| Érintett járművek típusa okozók szerint | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|--------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1-es irány | | | | |
| motorkerékpár [111] | 1 | | 1 | 2 |
| személygépkocsi [112] | 13 | 6 | 7 | 26 |
| tehergépkocsi [121] | | 1 | 1 | 2 |
| Össz balesetek az 1-es irányban | 14 | 7 | 9 | 30 |
| 2-es irány | | | | |
| motorkerékpár [111] | | | 4 | 4 |
| személygépkocsi [112] | 9 | 5 | 6 | 20 |
| Össz balesetek az 2-es irányban | 9 | 5 | 10 | 24 |

5. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek száma; a balesetre jellemző látási viszonyok szerint csoportosítva

| Látási viszonyok | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|-------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1-es irány | | | | |
| nappali, természetes fény [1] | 10 | 4 | 7 | 21 |
| szürkület [31] | | 1 | | 1 |
| éjszaka# [32] | 3 | 1 | 2 | 6 |
| éjszaka, nem működő közvilágítással [5] | | 1 | 1 | 2 |
| Össz balesetek az 1-es irányban | 13 | 7 | 10 | 30 |
| 2-es irány | | | | |
| nappali, természetes fény [1] | 5 | 3 | 7 | 15 |
| nappali, természetes fény, korlátozott látási viszonyok [2] | 1 | | 1 | 2 |
| éjszaka# [32] | 3 | 2 | 2 | 7 |
| Össz balesetek az 2-es irányban | 9 | 5 | 10 | 24 |

6. táblázat: Az M2-es autópályán bekövetkezett balesetek száma; a balesetek időjárási viszonyok szerint csoportosítva

| Időjárási viszonyok | 2010 | 2011 | 2012 | Összesen |
|----------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1-es irány | | | | |
| derült [1] | 10 | 2 | 6 | 18 |
| borult [2] | 2 | 4 | 2 | 8 |
| ködös [3] | | 1 | 2 | 3 |
| esős [4] | 1 | | | 1 |
| Össz balesetek az 1-es irányban | 13 | 7 | 10 | 30 |
| 2-es irány | | | | |
| derült [1] | 4 | 2 | 7 | 13 |
| borult [2] | 2 | 3 | 2 | 7 |
| esős [4] | 2 | | 1 | 3 |
| havazás [6] | 1 | | | 1 |
| Össz balesetek az 2-es irányban | 9 | 5 | 10 | 24 |

Az M2-es autópályán esetén az indokolja a német eljárás alkalmazását a hazai helyett, hogy jelen út esetében hosszabb homogén szakaszokat feltételezünk (ezt az autópályakategória is alátámasztja) és **fontosnak ítéljük a súlyosság** kérdését. Annak érdekében, hogy elkerüljük az esetlegesen fennálló problémák térbeli elaprózását, célszerű hosszabb szakaszokat vizsgálni. A Magyar Közút Zrt. szakemberei által alkalmazott, a lakott területen kívüli 300 méteres hazai szakasz helyett az út jellegének jobban megfelelt a 1000 méteres vizsgálati szakasz hossz. A fenti megfontolások alapján végzett göckeresés eredményeként a WINBAL szoftver alkalmazásával nyolc baleset-sűrűsödési helyszínt – útszakaszt – azonosítottunk.

A 7. táblázatban szürkével kiemeltük azon három útszakaszt, amelyek esetében a legnagyobb a súlyozott baleseti szám értéke. A súlyozott baleseti szám figyelembe veszi a balesetek súlyosságát a következő módon:

$$\text{Súlyossági index} = P1 \cdot n1 + P2 \cdot n2 + P3 \cdot n3$$

ahol n1, n2, n3 azon balesetek száma, amelyek halált, súlyos, illetve könnyű sérülést okoztak, és P1, P2, P3 a megfelelő súlyossági együtthatók.

Ezt a súlyossági indexet nevezzük a hazai gyakorlatban „**súlyozott baleseti szám**”-nak. A hazai szakbizottság javaslatától eltérően (P1= 5, P2=3, P3=1) a 7. táblázatban látható számított értékek-nél a hazai útmutató ajánlásától eltérően P1=100, P2=10, P3=1.

7. táblázat: Az M2-es autópályán azonosított baleset-sűrűsödési szakaszok

| Sorszám | Kezdőszelvény [km+m] | Végpszelvény [km+m] | Szakasz hossz [m] | Baleset [db] | Halálos [db] | Súlyos [db] | Könnyű [db] | Súlyozott |
|---------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|
| 1 | 021+987 | 022+821 | 834 | 4 | 2 | 0 | 2 | 202 |
| 2 | 024+373 | 025+300 | 927 | 4 | 0 | 2 | 2 | 22 |
| 3 | 026+850 | 027+813 | 963 | 7 | 2 | 2 | 3 | 223 |
| 4 | 029+500 | 030+450 | 950 | 4 | 0 | 2 | 2 | 22 |
| 5 | 030+808 | 031+764 | 956 | 3 | 0 | 2 | 1 | 21 |
| 6 | 033+106 | 033+882 | 776 | 4 | 3 | 0 | 1 | 301 |
| 7 | 045+780 | 046+027 | 247 | 2 | 1 | 1 | 0 | 110 |
| 8 | 046+797 | 047+347 | 550 | 5 | 1 | 1 | 3 | 113 |

A góckereső eljárást az összesített adatok elemzése során azonosított magasabb kockázatot jelentő tényezők (szembe haladó járművek, szürkület/éjszakai látási viszonyok) esetében is lefuttattuk, amelynek eredményeit a 8.-9. táblázatok mutatják.

A táblázatokból megállapítható, hogy a szembehaladó járművek részvételével történt balesetek, illetve az éjszakai balesetek is a fentiekben azonosított nyolc gócszakaszon mutatnak sűrűsödést, kivéve a 7. -8. szakasz közötti 46+027-46+797 km-szelvények „új szakaszát”. Az különösen érdekes, hogy a 27+010-27+813 km-szelvények közötti szakasz két halálos balesete frontális ütközéses volt, és mindkettő éjszaka történt.

A baleset-sűrűsödési helyek és szakaszok értékelése céljából megalkottuk a vizsgált szakasz kiterjesztett baleseti ponttérképét, amelynek struktúráját az 1. ábra szemlélteti. Ez az ábra hagyományos baleseti ponttérkép által megjelenített információkon túl szelvényenként tartalmaz az előzés szabályozására, a jellemző útkialakításra, valamint a sebesség szabályozásra vonatkozó információkat.

A kiterjesztett baleseti ponttérkép soronként tartalmazza a vizsgált M2-es autópályát 100 méteres szakaszait és annak jellemző adatait. A kiterjesztett baleseti ponttérkép tartalmazza tehát a szakasz megjelölését (től-ig), az adott szakaszon bekövetkezett baleset kimenetelét (irányonként megkülönböztetve), adott szakasz előzési (szürke/fehér: terelővonal, sötétszürke: záróvonal, rózsaszín: kettős záróvonal) jellemzőit. Feltüntettük az útkialakítási (zöld: 2x2 sáv; citromsárga: 2x1 sáv, világos zöld: 2+1 sáv) és sebességszabályozási (narancssárga: 110 km/h, kék: 90 km/h) jellemzőket, illetve a baleset-sűrűsödési helyeket (piros) is.

A kiterjesztett baleseti ponttérkép elkészítésével szándékunk, hogy minden, a balesetek kialakulására hatással lévő tényezőt együttesen lássunk, láttassunk.

8. táblázat: Az M2-es autópályán azonosított baleset-sűrűsödési helyszínek, szembe haladó járművek részvételével történt balesetek

| Sorszám | Kezdőszelvény [km+m] | Végpszelvény [km+m] | Szakaszhossz [m] | Baleset [db] | Halálos [db] | Súlyos [db] | Könnyű [db] | Súlyozott |
|---------|----------------------|---------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | 021+987 | 022+821 | 834 | 3 | 2 | 0 | 1 | 201 |
| 2 | 027+010 | 027+700 | 690 | 2 | 2 | 0 | 0 | 200 |
| 3 | 046+027 | 046+918 | 891 | 3 | 2 | 1 | 0 | 210 |

9. táblázat: Az M2-es autópályán azonosított baleset-sűrűsödési helyszínek, éjszaka történt balesetek

| Sorszám | Kezdőszelvény [km+m] | Végpszelvény [km+m] | Szakaszhossz [m] | Baleset [db] | Halálos [db] | Súlyos [db] | Könnyű [db] | Súlyozott |
|---------|----------------------|---------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | 027+010 | 027+813 | 803 | 3 | 2 | 0 | 1 | 201 |
| 2 | 046+027 | 046+797 | 770 | 2 | 1 | 1 | 0 | 110 |

A baleset-sűrűsödések esetleges okát a kiterjesztett baleseti ponttérkép segítségével vizsgáljuk, amiből területi korlát miatt csak egy gócszakaszt tartalmazó lehatárolt szakaszrész (21+000-23+000) mutatunk be (1. ábra). Látható, hogy a három legnagyobb értékű súlyozott baleseti mutatóval (lásd 7. táblázat) jellemezhető szakasz közül az első (21+987-22+821) tilos az előzés. A vizsgálataink alapján a másik két esetben (lásd 7. táblázat 3. és 6. sora) is ez a helyzet, tehát tilos az előzés, vagy tartalmaz olyan szakaszt, amelyen az előzés tilos. Ez a megállapítás mindenképpen arra enged következtetni, hogy az előzési viszonyok problémát jelentenek az útszakaszon.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a 176/2011 (VIII.31) Kormányrendelet 6. paragrafusával előírt közúti biztonsági szerepét és jelentőségét mutatja be. Az egyes közép-európai országok által alkalmazott eljárások módszertani kereteinek ismertetésével igyekeztünk pozícionálni a hazai felülvizsgálatot, illetve kijelölni az elvárt fejlődési irányokat. A vizsgált eljárásokból világosan látszik, hogy az alapadatok mélységében történő tárgyalása mindkét módszer szerves része.

A két módszertan azonban lényegi eltérést mutat. Az egyes közép-európai országok módszertani megközelítései abban térnek el egymástól, hogy a cseh módszertan figyelmen kívül hagyja a megtörtént balesetek tényét, az osztrák nem. A jelenlegi hazai gyakorlat az osztrákhöz áll közelebb és úgy tűnik, hogy a jövőben is ez a megközelítés lesz a hazai vizsgálatok része.

Az osztrák módszertan mélységében is strukturált, alapos elemzési módszertant alkalmaz a felülvizsgált útszakasz biztonsági értékelésére. A baleseti adatokat kimenetel, típus, okozó, látási és időjárási viszonyok, valamint irány szerinti bontásban vizsgálják, illetve fenti összegzést követően kerül sor a baleset-sűrűsödési helyek részletes értékelésére, amely vonatkozásában a kutatás során kidolgoztuk a hazai keretkehez igazodó kiterjesztett ponttérkép módszertanát.

A vizsgálat lezárása a Szemle 2016. áprilisi számában jelenik meg, ami tartalmazza a baleset-sűrűsödési helyek részletes térképi vizsgálatát, lehetőséget teremtve ezzel a baleseti adatok a kimenetel, a típus, az okozó, a látási és az időjárási viszonyok, valamint az irány szerinti bontásban történő leírására. Ezt követően lesz lehetőségünk az útpálya kialakítás, a használat és a forgalomszabályozás egységének vizsgálatára, illetve a felmerülő problémák megoldására irányuló javaslatok megfogalmazására.

1. ábra: Az M2-es autópálya baleseti kiterjesztett pontterkép – részlet (21+000-23+000) .
(forrás: saját szerkesztés).

| Irány: Budapest | tól | ig | Irány: Vác | Előzés | Kialakítás | Sebesség | Góc típusa | Σ |
|-----------------|--------|--------|-------------|----------------------------------------|------------------------------------------|----------|-------------------------------|---|
| | 21+000 | 21+100 | | | | | | 0 |
| | 21+100 | 21+200 | | | | | | 0 |
| | 21+200 | 21+300 | ○ 902 | | | | | 1 |
| | 21+300 | 21+400 | | | | | | 0 |
| | 21+400 | 21+500 | | | | | | 0 |
| | 21+500 | 21+600 | | | | 90 jt. | | 0 |
| | 21+600 | 21+700 | ○ 901 | Bőzni tilos jt., Sáveifogyás előjelzés | 2*1 sáv, elválasztás elzárt függ. Elemek | 90 jt. | | 1 |
| | 21+700 | 21+800 | | Záróvonal, elzárt, elemek | | 90 jt. | | 0 |
| | 21+800 | 21+900 | | Záróvonal, elzárt, elemek | | | | 0 |
| | 21+900 | 22+100 | ○ 206 | Bőzni tilos jt. | dupla záróvonal, piros sáv | | Szembe haladó járművek | 1 |
| | 22+000 | 22+100 | | | | | | 0 |
| | 22+100 | 22+200 | | | | | | 0 |
| | 22+200 | 22+300 | | | | | | 0 |
| | 22+300 | 22+400 | | | | | | 0 |
| | 22+400 | 22+500 | | Bőzni tilos jt. | | 90 jt. | | 0 |
| | 22+500 | 22+600 | | | | | | 0 |
| | 22+600 | 22+700 | ○ 306 ● 205 | | Főt. csak felújító műlégy | | | 2 |
| | 22+700 | 22+800 | | | | | | 0 |
| ● 206 | 22+800 | 22+900 | | | | | | 1 |
| | 22+900 | 23+000 | | | | | | 0 |

| Kimenetel | Előzési viszonyok | | Kialakítás | Sebesség | Gócjel |
|-----------|-------------------|-----------------|------------|-------------------------|--------|
| | halálos | súlyos | | | |
| ● | | terelővonal | Kialakítás | 2+2 sáv , osztott pálya | |
| ○ | | dupla záróvonal | Sebesség | 2x1 sáv | |
| | | záróvonal | Gócjel | 110 | |
| | | | | 90 | |

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A 2+1-1+2 sávós problémakör a hazai gyorsforgalmi utakon és autópályákon KözOP-3.5.0-09-11-2012-0018 sz. projekt, MAUT
- [2] Csomópontok és útvonalak balesetveszélyességi értékelési módszertanának kidolgozása (Közúti baleseti góchelyek azonosítása), MAÚT útmutató, 2005. Munkabizottság vezetője: Hóz Erzsébet
- [3] Ericsson, E., Mocsári, T., Rapone, M., & Brundell-Freij, K. (2005, June). Variability in driving patterns over street environments in three European cities. In 14th international conference "transport and air pollution.
- [4] Hóz, E., Sipos, T., et al. (2014): A 2+1-1+2 sávós problémakör a hazai gyorsforgalmi utakon és autópályákon KözOP-3.5.0-09-11-2012-0018 sz. projekt tanulmány.
- [5] Mocsári, T. (2012): A Közúti Infrastruktúra Biztonsága 3.2. fejezet Győr, 2012, Széchenyi University Press, ISBN: 978-963-9819-86-3. szerk. Koren, Cs.
- [6] Koren, Cs. et al. (2012): A Közúti Infrastruktúra Biztonsága 3.4. fejezet Győr, 2012, Széchenyi University Press, ISBN: 978-963-9819-86-3. szerk. Koren, Cs.
- [7] Mocsári, T. (2012): A gépjárművek sebességének hatása a közúti közlekedés biztonságára. Doktori Disszertáció, Széchenyi István Egyetem.
- [8] Mocsári Tibor, Orosz Gyula: Autóutak biztonsági szintje, M15 szakértői bizottsági ülés, Lébény, 2011.
- [9] Pokorný, P., Lipl, M., Strnad, B., Hamza, Zs., Scwanner, N. Török, Á. (2014): Study on Comprehensive Road Safety Inspection in reference to Road nr. 82. ROSEE (ROad safety in South East European regions) project.
- [10] Roland Weber and Thomas Jährg: "AOSI" Improving road safety on rural roads in Germany, 2010
- [11] ROSEE (ROad safety in South East European regions) nemzetközi projekt keretében zajló munka.
- [12] Vesper, A., Brannolte, U., Taneerananon, P., & Koren, C. (2007). Black spot analysis-a comparison between two European countries and Thailand. In Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies (Vol. 2007, No. 0, pp. 377-377). Eastern Asia Society for Transportation Studies.



M2 HIGHWAY ROAD SAFETY REVIEW (RSR) PART 1.

The article reviews the importance and significance of the Road Safety Act prescribed by Section 6 of Government Decree 176/2011 (VIII.31) By introducing the methodological framework applied by certain Central and Eastern European countries, the authors attempted to position the national review and to indicate the expected development directions. The assessed procedures indicate clearly that in-depth discussion of the basic data is an integral part of both methods.

The two methods assessed show tangible differences. The methodological approaches of individual Central European countries differ from each other: the Czech methodology ignores the fact of the accidents that have taken place, while the Austrian methodology doesn't. The current Hungarian practice is closer to that of Austria, and it seems that in the future, this approach will be part of the domestic research.

The Austrian methodology is structured in its depth, and it applies a thorough analysis methodology for the assessment of the safety of the revised road. The accident data are examined broken down according to each of the following factors: outcome, type, cause, visibility and weather conditions, and direction. Following the above synthesis, a detailed evaluation of an accident density map takes place. In connection with the above, the methodology of an extended point map, aligned with the Hungarian framework, has been developed.

The completion of the study will be published in the 2016 April issue of the Review, and it will include a detailed examination of the accident density maps. This way, it will create an opportunity for displaying the results of accident data, broken down according to type, cause, visibility and weather conditions, and direction. After that we will have the opportunity to examine roadway design, usage, and the integration of traffic control, and to make suggestions to resolve the problems that might arise.



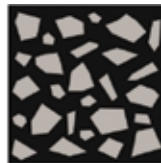
VERKEHRSSI CHERHEITSÜBERPRÜFUNG DER AUTOBAHN M2, TEIL 1.

Der Artikel beschreibt die Rolle und die Bedeutung des in der Regierungsverordnung 176/2011 (VIII.32.) vorgeschriebenen Sicherheitsüberprüfung der Straßen. Es wurde versucht, mit der Vorstellung von den methodologischen Rahmenbedingungen der in den einzelnen mitteleuropäischen Ländern verwendeten Verfahren die ungarischen Überprüfungsverfahren zu positionieren und die zu erwartenden Entwicklungstendenzen aufzuzeichnen. Die bewerteten Verfahren zeigen deutlich, dass die eingehende Diskussion der Grunddaten einen integralen Bestandteil beider Methoden darstellt. Die beiden Methoden zeigen wesentliche Unterschiede. Die methodologischen Ansätze der einzelnen Länder Mitteleuropas unterscheiden sich voneinander hinsichtlich der Berücksichtigung des Unfallgeschehens: die tatsächlich stattgefundenen Unfälle werden durch die österreichische Methode in Acht genommen, während aber durch die tschechische Methode ignoriert werden. Die aktuelle ungarische Praxis liegt näher zum österreichischen und es scheint, dass in der Zukunft diese Vorgehensweise auch auf weiterhin der Bestandteil der ungarischen Überprüfungen wird.

Die österreichische Methodik verwendet eine strukturierte, tiefgehende Analyse für die Bewertung der Sicherheit der überprüften Straße. Die Unfalldaten werden hinsichtlich von Unfallausgang, Ursache, Sicht- und Wetterbedingungen sowie Richtungen bewertet, nach dem Fazit von diesen es folgt die detaillierte Auswertung der Häufungspunkte auf einer Punktkarte; zur letzteren es wurde die zu den hiesigen Verhältnissen angepasste Methodologie der ausgebreiteten punktierten Schilderung auf einer Punktkarte ausgearbeitet.

Der Abschluss der Studie wird in der April-Ausgabe 2016 veröffentlicht und es wird eine eingehende Untersuchung der Häufungspunkte auf der Karte erhalten und dadurch die Schilderung der Unfalldaten aufgeschlüsselt nach Art, Ursache, Sicht- und Wetterbedingungen ermöglichen sowie Fahrtrichtung ermöglichen. Danach wird es möglich sein, die Integration der Fahrbahnauslegung, des Gebrauchs und der Verkehrsregelung zu untersuchen, sowie die Empfehlungen für die Lösung der bestehenden Probleme zu formulieren.

Új támogatónk



EUROASZFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

2015. évi Czére Béla-díj

A Bíráló Bizottság áttekintette a Czére Béla-díj elnyerésére kiírt pályázati anyagokat, és a következő eredményt hirdette ki.

(A pályázatra határidőig (2015. október 30. 14 óra) kilenc pályamű érkezett.)

Czére Béla-díj: Levárdy László „k.u.k. Staatliche Eisenbahn Gesellschaft cs. és kir. (osztrák-magyar) Államvasút Társaság ÉPÍTÉSZETE – FELVÉTELI ÉPÜLETEK” című pályaműve (sorszám: 7). A pályázó a díjon kívül az „Egy élet a vasút szolgálatában” c. dedikált könyvet is megkapja.

Elismerésben részesül és a szerző által dedikált könyvet kap Péterffy Gergely „A vasúti közlekedés újraindításának nehézségei a II. világháború után” c. pályaművéért (sorszám: 8).

Könyvjutalomban részesül „A MÁV 324 sorozatú gőzmozdonyai” c. könyv (sorszám: 9) elkészítésében való részvételéért Villányi György

2015. évi irodalmi díjasaink

Dr. habil. Gáspár László – Karoliny Márton

Felújított útpályaszerkezetek ciklusidejének növelése korszerű tervezéssel (2014. 4. szám)

Dr. Tóth Géza – Dr. Kincses Áron

Gravitációs analógián alapuló elérhetőségi modellek: elmélet és gyakorlat (1. és 2. rész)
(2014. 5. és 6. szám)

Prof. Dr. Zobory István

A vasúti pályá-jármű rendszer dinamikája – mérése – minősítése (2015. 1. szám)

Megrendelőszelvény

Alulírott

megrendelem a Közlekedéstudományi Szemlét a következő hónaptól az alábbiak szerint:

A megrendelő neve:

.....

címe (ahová a lapot kéri):.....

.....

telefonszám:.....

fax:.....

e-mail:

A megrendelés időtartama:**

2015. évre előfizetési díj: 8280 Ft példányban

egyéni KTE tagnak tagdíjjal és kártyadíjjal:

4140 Ft példányban

** A kért példányszámot kérjük kitölteni!

Az előfizetési díjról számlát kérek*:

Igen

Nem

Az előfizetési díjat az alábbiak szerint fizetheti be*:

Rózsaszín postai átutalási csekken az alábbi

címre: Közlekedéstudományi Egyesület,

1066 Budapest, Teréz krt. 38.

Banki átutalással (név és cím feltüntetésével)

az alábbi bankszámlaszámra.

Számlaszám: 10200823-22212474

* A megfelelőt kérjük beikszelni!

Számlázási név:

.....

Számlázási cím:

.....

.....

Tudomásul veszem, hogy az első lapszám kézbesítésére

az előfizetési díj befizetését követően kerül sor.

.....

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 Budapest Teréz krt. 38. II. em. 235. postacímre szíveskedjen elküldeni!

Digitális változat

• Digitális változat NEM KTE tagoknak a http://www.dimag.hu/magazin/Kozlekedestudomanyi_Szemle oldalon rendelhető 6.000 Ft-ért. Ez esetben ezt a megrendelőt nem kell elküldeni.

• Digitális változat KTE tagoknak 4.140,- Ft/pld. (tagdíj nélkül) pld.

KTE tagoknak digitális változat igény esetén csak ezt a részt kell kitölteni. A megrendelő beérkezése után egy kuponkódot küldünk, amivel a

http://www.dimag.hu/magazin/Kozlekedestudomanyi_Szemle oldalon 4.140 Ft-ért rendelheti meg a lapot.

Megrendelő neve:, E-mail címe:

Dátum:

.....

aláírás

Digitális változat rendelése esetén a hozzáférés, a fizetés és a számlázás is a Dimag.hu oldalán megadottak szerint történik.

